

Realizar medidas cuantitativas de la adsorción del ácido acético por medio del carbón activado.

Expresar los datos obtenidos en el laboratorio a través de una ecuación.

Conocer los postulados teóricos de Langmuir sobre la adsorción de un adsorbato en la superficie de un adsorbente.

Reconocer los diferentes usos de la adsorción de un soluto líquido o gaseoso sobre un adsorbente, tanto en la industria como en los laboratorios de investigación.

Establecer las diferencias que existen entre la adsorción física y la adsorción química.

Determinar que tipo de adsorción fue la que se realizó durante la práctica de laboratorio.

A partir de las concentraciones iniciales y de las concentraciones en el equilibrio observadas en el laboratorio, calcular la cantidad de ácido adsorbido por el carbón activado.

Deducir la ecuación de Freudlich a partir de un gráfico de $\text{Log } (x/m)$ vs. $C_{eq.}$, obteniendo de éste la pendiente y el intercepto.

Escribir la ecuación de Langmuir a partir de lo observado en una gráfica de $C_{eq.} / (x/m)$ vs. $C_{eq.}$

Concluir a partir de las dos gráficas, bajo que ecuación (la de Freudlich o la de Langmuir), quedan mejor representados los datos obtenidos en el laboratorio.

2. DATOS Y OBSERVACIONES

Rotulamos 6 erlenmeyeres de 250 mls. del número 1 al 6. Pesamos cada uno de los erlenmeyeres vacíos y adicionamos a cada 0.3 grs de carbón activado pesado en la balanza analítica.

En un balón volumétrico de 200 mls. preparamos una solución 0.5 N de CH_3COOH por adición de 50 mls de solución de CH_3COOH de concentración 1 N y diluimos con agua destilada hasta 100 mls.

Con una pipeta volumétrica de 50 mls. tomamos 50 mls. de la solución de CH_3COOH 0.5 N y los adicionamos al erlenmeyer #1.

Con los 50 mls. de CH_3COOH 0.5 N que quedaron en el balón preparamos por diluciones sucesivas soluciones de ácido acético de concentraciones nominales: 0.25, 0.125, 0.0625, 0.03125, 0.0156 N. Tomamos 50 mls. de cada solución que se prepara y los adicionamos a los erlenmeyeres 2, 3, 4, 5 y 6 respectivamente.

Verificamos por titulación con NaOH la concentración real del CH_3COOH .

Agitamos los erlenmeyeres por media hora aproximadamente para alcanzar el equilibrio de adsorción entre la solución de ácido acético y carbón activado.

Luego filtramos las soluciones, previa preparación de los embudos con el papel de filtro.

Titulamos con NaOH 0.088 N (ver cálculos) cada una de las soluciones filtradas. Los volúmenes de NaOH

gastados fueron los siguientes:

Concentración (N)	Volumen NaOH gastado (mls.)
0.5	28.5
0.25	28.2
0.125	20.1
0.0625	12.8
0.03125	7.8
0.0156	8.3

3. CALCULOS

Estandarización del NaOH.

$$V_1N_1 = V_2N_2$$

$$(0.5 \text{ N})(10 \text{ mls.}) = N_{\text{NaOH}} (56.6 \text{ mls.})$$

$$N_{\text{NaOH}} = 0.088 \text{ N}$$

Para realizar los cálculos debimos trabajar con una concentración de NaOH de 0.08 N, con el fin de que la concentración de ácido en el equilibrio fuera menor que la concentración de ácido al final. Por lo tanto, esta aproximación debe ser tomada en cuenta en las posibles causas de error de los resultados.

- Con la concentración inicial real, C_0 , y la concentración final de equilibrio, C_{eq} , calcular la cantidad, en gramos de ácido acético adsorbido referidos a los 50 ml de solución.

$$\text{Concentración real inicial del ácido} = 0.5000 \text{ N}$$

$$\text{Concentración en el equilibrio del ácido} = 0.4560 \text{ N}$$

$$\text{Concentración} = 0.0440 \text{ eq-gr. / L}$$

Como todo es referido a un litro de ácido, sabemos entonces que el masa es de 0.0440 eq-gr

$$0.0440 \text{ eq-gr} * ((60 \text{ grs. CH}_3\text{COOH}) / (1 \text{ eq-gr}))$$

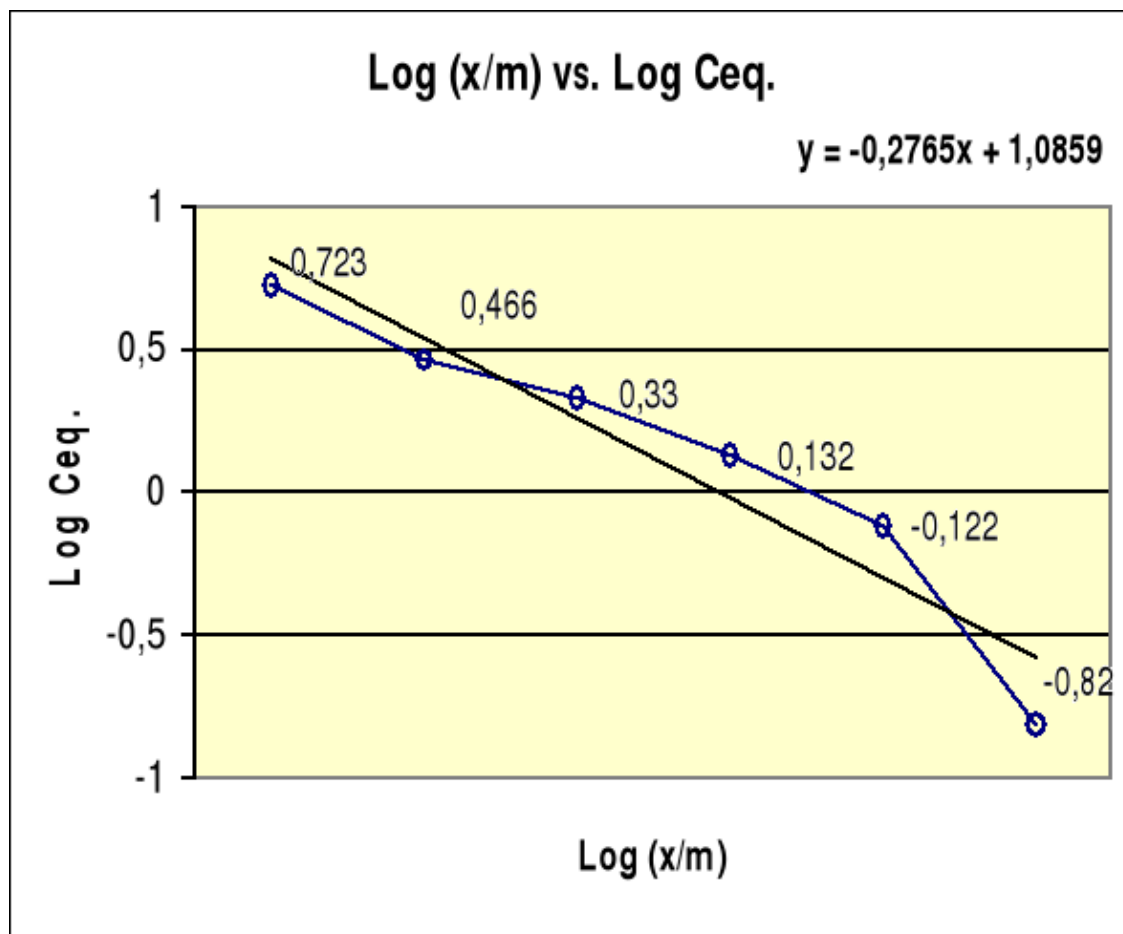
$$\text{Masa adsorbida de CH}_3\text{COOH} = 2.64 \text{ grs.}$$

- Conocidos x , m , C_{eq} , elaborar el siguiente cuadro.

[CH ₃ COOH] inicial nominal (N)	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.0156
[CH ₃ COOH] inicial real. C_0 (N)	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.0156
Volumen de alícuota titulado (mls.)	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	46.3
Volumen de NaOH agregado (mls.)	28.5	28.2	20.1	12.8	7.8	8.3
[CH ₃ COOH] final, C_{eq} . (N)	0.4560	0.2256	0.1072	0.0512	0.0249	0.0143
X= masa de ácido adsorbido (grs.)	2.64	1.464	1.068	0.678	0.3774	0.0756
X/m= mácido / mcarbón	5.28	2.928	2.136	1.356	0.7548	0.1512
Log (x/m)	0.723	0.466	0.330	0.132	-0.122	-0.820

Log Ceq.	-0.341	-0.647	-0.970	-1,291	-1.603	-1.843
Ceq. / (x/m)	0.086	0.077	0.050.	0.038	0.033	0.095

- Realizar un gráfico de Log (x/m) vs. Log Ceq.



- Realizar un gráfico de Ceq. / (x/m) vs. Ceq.
- De las dos gráficas anteriores en la que más se aproxime a un comportamiento lineal, calcular la pendiente y el intercepto.

Como puede observarse en las gráficas, la que tiene un comportamiento que se asemeja más a una línea recta es la primera.

El programa Excel proporciona una ecuación para la línea de tendencia de los puntos de la gráfica. La ecuación es la siguiente:

$$Y = -0.2765X + 1.0859$$

Donde -0.2765 es la pendiente y 1.0859 es el intercepto.

•

• ANALISIS DE CALCULOS Y RESULTADOS

Al estandarizar el NaOH para conocer su concentración real obtuvimos un valor para éste de 0.088 N; cuando comenzamos a realizar los cálculos con éste, observamos que las concentraciones en el equilibrio daban

mayores en algunos casos que la concentración inicial, lo cual no era lógico debido a que como se estaba presentando una adsorción de ácido por medio del carbón activado, era de esperarse que la concentración final o en el equilibrio de ácido fuera menor a la inicial. Por lo tanto, para realizar los cálculos trabajamos con un valor de 0.08 N para la concentración de NaOH.

Al observar las gráficas realizadas en los numerales 3.3. y 3.4., observamos que la gráfica de $\text{Log } (x/m)$ vs. $\text{Log } C_{eq.}$ presentaba una mayor tendencia a la línea recta que la gráfica de $C_{eq.} / (x/m)$ vs. $C_{eq.}$; en esta segunda gráfica observamos que el último dato tenía un comportamiento anormal respecto a los demás, por lo que esto debe ser considerado como una causa de error. Según esto, podemos afirmar que los datos obtenidos durante la práctica quedan mejor expresados mediante la ecuación de Freundlich, de la siguiente manera:

$$\text{Log } (x/m) = \text{Log } (1.0859) - 0.2765 \text{Log } C_{eq.}$$

CAUSAS DE ERROR

- Es posible que haya habido errores en las mediciones de los pesos de los erlenmeyeres vacíos y con el carbón activado.
- Al realizar las diluciones es posible que se haya agregado un poco más de las cantidades debidas por defectos humanos.
- El tiempo de agitación fue un poco menos de 30 minutos, y además pudo no haber sido la adecuada por cansancio.
- Cuando filtramos, en el frasco número 6, parte del precipitado alcanzó a pasar, por lo que la solución obtenida al final contenía cierta cantidad de carbón activado. Es posible que a esto se deba el hecho de que en la segunda gráfica el dato correspondiente al erlenmeyer número 6 tenía un comportamiento anormal.
- El volumen de la alícuota número 6 debía ser de 50 mls, pero por fallas solamente tomamos 46.3 mls.
- Al titular es posible que se haya agregado más cantidad de NaOH de la necesaria, por errores de observación.

5. PREGUNTAS

- **Cuáles son los postulados teóricos de Langmuir sobre la adsorción de un adsorbato en la superficie de un adsorbente?**

La deducción de la isoterma de adsorción de Langmuir, implica cinco suposiciones:

- 1) El gas adsorbido se comporta idealmente en la fase vapor.
- 2) El gas adsorbido queda restringido a una capa monomolecular.
- 3) La superficie es homogénea, es decir, en las moléculas gaseosas la afinidad es la misma en cada punto de adhesión.
- 4) No hay interacción lateral entre las moléculas del adsorbente.
- 5) Las moléculas del gas adsorbido están localizadas, es decir, no se mueven alrededor de la superficie.

La mayoría de las suposiciones que Langmuir usó en su deducción son falsas. Las superficies de la mayoría de los sólidos no son uniformes y la velocidad de adsorción depende de la posición de la molécula adsorbida. La fuerza entre moléculas adsorbidas adyacentes es con frecuencia apreciable.

Hay bastantes pruebas teóricas y experimentales de que las moléculas adsorbidas pueden moverse sobre la superficie; esta movilidad es mucho mayor para las moléculas adsorbidas físicamente que para las moléculas adsorbidas químicamente y aumenta a medida que lo hace la temperatura.

• **Qué tipo de adsorción se presenta en esta experiencia? Explicar.**

Durante la práctica realizada en el laboratorio, se presentó una adsorción de tipo físico debido a que no hubo reacción química entre el ácido acético y el carbón activado.

• **Explicar tres usos prácticos de la adsorción de un soluto líquido o gaseoso sobre un adsorbente.**

La adsorción encuentra numerosas aplicaciones tanto en los laboratorios de investigación como en la industria:

- La adsorción de gases sobre los sólidos se emplea en el laboratorio para preservar el vacío entre las paredes de las vasijas de Dewar diseñadas para almacenar aire o hidrógeno líquidos. El carbón activado, al colocarse entre las paredes, tiende a adsorber todos los gases que aparecen como consecuencia de las imperfecciones del vidrio o por difusión a través del vidrio.
- También desempeña un importante papel en la catálisis de las reacciones de gas por las superficies sólidas.
- Las máscaras antigás son simplemente artefactos que contienen un adsorbente o conjunto de ellos que eliminan, por preferencia, los gases venenosos purificando así el aire de respiración.
- Como aplicación de la adsorción desde las soluciones, podemos mencionar la clasificación de los licores del azúcar por el negro de humo, la remoción de la materia colorante de diversas soluciones, y la recuperación de los tintes desde las soluciones diluidas en numerosos solventes.
- También la adsorción se ha utilizado para la recuperación y concentración de las vitaminas y otras sustancias biológicas; y ahora encuentra su utilidad en el método denominado *análisis cromatográfico*, que consiste en la evaluación de pequeñas cantidades de sustancia por la adsorción progresiva de numerosos constituyentes presentes de forma simultánea en una solución o gas.

• **Establecer las diferencias entre adsorción física y adsorción química, con base a los siguientes parámetros:**

Parámetro	Adsorción física	Adsorción química
Adsorbente	Sólido o Líquido	Sólido o Líquido
Adsorbato	Gas o Líquido	Gas o Líquido
Tipo de enlace	Fuerzas intermoleculares de van der Waals relativamente débiles.	Enlaces químicos relativamente fuertes.
Cambio de entalpía	$H_{A.F} > H_{A.Q}$	$H_{A.Q} < H_{A.F}$
Cubrimiento	Varias capas	Monocapa
Reversibilidad	Reversible	No reversible

Tipo de enlace:

En la adsorción física, las moléculas del gas se mantienen unidas a la superficie del sólido, por medio de fuerzas intermoleculares de van der Waals relativamente débiles. En la adsorción química, se produce una reacción química en la superficie del sólido y el gas se mantiene unido a la misma a través de enlaces químicos relativamente fuertes.

Cambio de entalpía:

Los incrementos de entalpía que aparecen en la adsorción química suelen tener una magnitud considerablemente mayor que los de la adsorción física. Normalmente, H en la adsorción química se encuentra en el intervalo de -40 KJ/mol a -800 KJ/mol; mientras que H para la adsorción física está entre -4 KJ/mol a -40 KJ/mol, semejantes a las entalpías de condensación de un gas.

• CONCLUSIONES

- Para determinar a que ecuación se ajustan más los datos obtenidos durante la práctica se realizaron dos gráficos: una de Log (x/m) vs. Log C_{eq} y otra de $C_{eq}/(x/m)$ vs. C_{eq} . La gráfica que presente una mayor tendencia a la línea recta es la que se ajusta más a una ecuación determinada. La primera corresponde a la de Freundlich y la segunda a la de Langmuir. En este caso en particular, los datos quedaron mejor representados con la ecuación de Freundlich.
- La adsorción física se caracteriza por: adsorbente sólido o líquido, adsorbato gas o líquido, fuerzas de van der Waals débiles como tipo de enlace, un cambio de entalpía mayor que en la adsorción química, se forman varias capas y es reversible.
- Las características de la adsorción química son: adsorbente sólido o líquido, adsorbato gas o líquido, enlaces químicos fuertes, cambios en la entalpía menores que en la adsorción química, forma una monocapa y no es reversible.
-
- Langmuir se basó en los siguientes postulados para deducir su ecuación, aunque muchos de ellos eran falsos:
 - El gas adsorbido se comporta idealmente en la fase vapor.
 - El gas adsorbido queda restringido a una capa monomolecular.
 - La superficie es homogénea, es decir, en las moléculas gaseosas la afinidad es la misma en cada punto de adhesión.
 - No hay interacción lateral entre las moléculas del adsorbente.
 - Las moléculas del gas adsorbido están localizadas, es decir, no se mueven alrededor de la superficie.
- El tipo de adsorción realizada durante la práctica fue de tipo físico, debido a que no hubo reacción química entre los reactivos utilizados.
- Algunos usos prácticos de la adsorción son: preservar el vacío entre las paredes de las vasijas de Dewar diseñadas para almacenar aire o hidrógeno líquidos, catálisis de las reacciones de gas por las superficies sólidas, las máscaras antigás, clasificación de los licores del azúcar por el negro de humo, la remoción de la materia colorante de diversas soluciones, la recuperación de los tintes desde las soluciones diluidas en numerosos solventes, recuperación y concentración de las vitaminas y otras sustancias biológicas.

7. BIBLIOGRAFIA

CASTELLAN, Gilbert W. Fisicoquímica. EEUU: Addison-Wesley

Iberoamericana S. A., 1987. Págs. 422 – 431.

FARRINGTON, Daniels. Fisicoquímica. México: Compañía editorial

Continental S.A. 1980. Págs. 292– 294.

