

1. OBJETIVOS

- Realizar medidas cuantitativas de la adsorción del azul de metileno 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.
- Aplicar los datos obtenidos experimentalmente en el laboratorio con el fin de obtener resultados que nos permitan verificar el fenómeno de adsorción.
- Determinar qué 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 obtenidas en el laboratorio, calcular la cantidad de ácido adsorbido por el carbón activado.
- Deducir la ecuación de Freundlich 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 Freundlich o la de Langmuir), quedan mejor representados los datos obtenidos en el laboratorio.

12. Observar la tendencia o el comportamiento lineal de las gráficas.

2. DATOS Y OBSERVACIONES

Rotulamos 6 erlenmeyeres de 250 mls. del número 1 al 6. Pesamos cada uno de los erlenmeyeres vacíos y adicionamos, aproximadamente, 0.05 g de carbón activado a cada uno de ellos. Tomamos como base una solución 0.1M de azul de metileno para posteriormente preparar las otras concentraciones de los diferentes erlenmeyeres (0.01M, 0.02M, 0.03M, 0.04M y 0.05M) excepto el del primero que utilizamos una solución previamente preparada con una concentración de 0.037M, para las demás concentraciones nos basamos en la fórmula $V_1C_1 = V_2C_2$ donde V_1 era el volumen del balón volumétrico (500 ml), C_1 la concentración deseada, C_2 la concentración original (0.1M) y V_2 el volumen que debíamos tomar de la solución 0.1M, luego de encontrar el valor de V_2 preparábamos los balones agregándole a V_2 lo suficiente para que el volumen final fuese de 500 ml.

Posteriormente llenamos cada erlenmeyer de 250 ml con las soluciones, el primero con una concentración de 0.037M, el segundo con una 0.015M y así sucesivamente, estos previamente tenían el carbono activado en el primero habían 0.055 g de este, en el segundo 0.0534g, en el tercero 0.0499 g, en el cuarto 0.0501 g, en el quinto 0.0518 g y el sexto con 0.0520 g.

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

Luego filtramos las soluciones, previa preparación de los embudos con el papel de filtro para leer la concentración final.

3. CALCULOS

$$V_1C_1 = V_2C_2$$

$$(0.015M)(500 \text{ ml}) = (0.1)V_1$$

Para realizar los cálculos debimos trabajar con una concentración de azul de metileno 0.1M para hallar todas las otras concentraciones.

- Con la concentración inicial real, C_0 , y la concentración final de equilibrio, C_{eq} , calcular la cantidad, en gramos de azul de metileno adsorbidos referidos a los 250 ml de solución.

Concentración real inicial del azul de metileno = 0.037 M

Concentración en el equilibrio del azul de metileno = 0.0025M

Concentración = 0.0345M

Como todo es referido a un litro de azul, sabemos entonces que la masa adsorbida es igual a 0.138g pues el cambio de concentración debe ser multiplicado por 0.25lt para poder cancelar los litros que presentan en las unidades de la concentración.

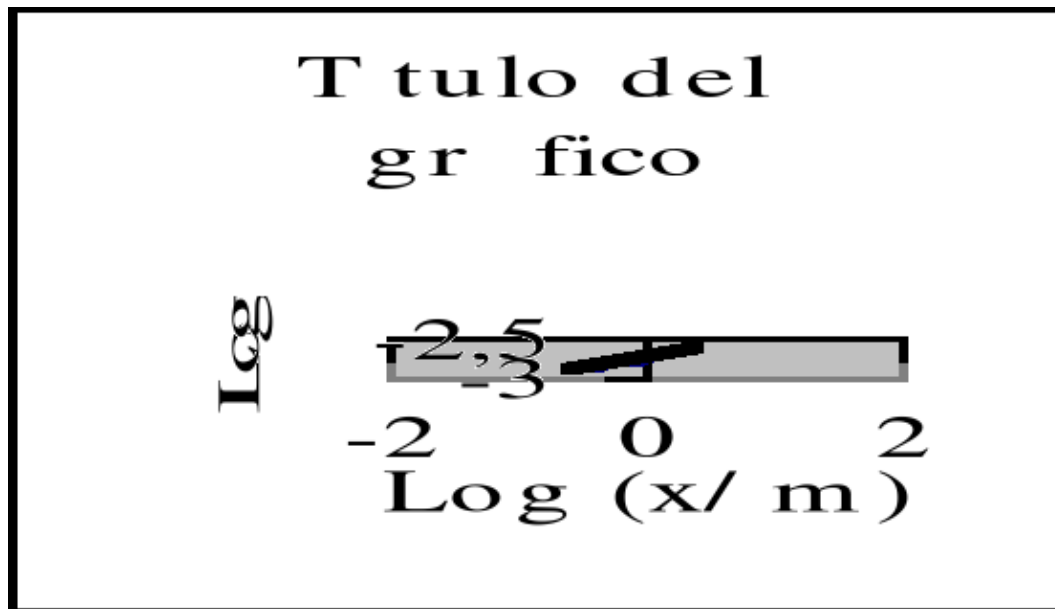
$$0.0025 \text{ gr/lt} \cdot 0.25 \text{ lt} = 0.138 \text{ gr}$$

Masa adsorbida de azul de metileno = 0.138 grs.

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

[azul]inicial (M)	0.37	0.015	0.01	0.008	0.006	0.005
[azul]inicial real. C_0 (M)	0.37	0.015	0.01	0.008	0.006	0.005
[azul] final, C_{eq} . (M)	0.0025	0.0018	0.0016	0.0016	0.0014	0.0015
X = masa de ácido adsorbido (grs.)	0.138	0.0528	0.0336	0.0256	0.0184	0.014
X/m = mácido / mcarbón	2.47	0.989	0.673	0.511	0.355	0.269
$\text{Log} (x/m)$	0.393	-0.0049	-0.172	-0.292	-0.449	-0.576
$\text{Log } C_{eq}$.	-2.60	-2.74	-2.80	-2.80	-2.85	-2.82
$C_{eq} / (x/m)$	0.0181	0.0018	0.0024	0.0031	0.0034	0.0056

3.2 Realizar un gráfico de $\text{Log} (x/m)$ vs. $\text{Log } C_{eq}$.



- Realizar un gráfico de $C_{eq} / (x/m)$ vs. C_{eq} .

3.4 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:

- $\text{Log}(C_{eq}) = .1270 \cdot \text{Log}(x/m) - 2.6846$

Donde .1270 es la pendiente y -2.6846 es el intercepto.

Y la segunda ecuación es:

- $C_{eq} = -0.463 \cdot [C_{eq}/(x/m)] + 0.00228$

Donde -0.463 es la pendiente y 0.00228 es el intercepto.

• ANALISIS DE CÁLCULOS Y RESULTADOS

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} .. Según esto, podemos afirmar que los datos obtenidos durante la práctica quedan mejor expresados mediante la ecuación de Freundlich, de la siguiente manera:

$$\text{Log}(x/m) = \text{Log}(0.1270) - 2.6846 \text{Log } C_{eq}.$$

Como era lógico, a medida que disminuían las concentraciones del azul de metileno, también disminuían las masas adsorbidas, por la adsorbancia del carbón activado.

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 es posible que parte del precipitado alcance a pasar, por lo que la solución obtenida al final podría contener cierta cantidad de carbón activado.

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.
 6. Cada partícula al adsorberse en la superficie está unida a un sitio activo y cada sitio acepta sólo una partícula.
 7. La adsorción es un proceso dinámico constituido por dos acciones opuestas: condensación de partículas de superficie y la evaporación de ellas hacia la fase gaseosa; cuando las velocidades de estos dos efectos se igualan se alcanza el equilibrio de adsorción y la presión se vuelve constante.
- La adsorción y desorción son activadas; las partículas necesitan vencer una energía de activación para adsorberse y otra para desorberse.
 - El número de partículas gaseosas en la superficie es proporcional a la presión.

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.**

El grado de adsorción depende del peso molecular del adsorbato.

Por las condiciones del laboratorio, se tuvo una adsorción física, ya que en ningún momento se llevo el control de la temperatura, la cual es fundamental para que se presente la formación de un compuesto entre adsorbato y adsorbente.

Además durante el ensayo no se percibió algún indicador que pudiera mostrar indicios de que se estuviera llevando a cabo una reacción química. (precipitado, liberación de calor, burbujas, etc.)

• **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.
- En los coloides también se puede observar el fenómeno de adsorbancia debido a que las partículas de este están cargadas eléctricamente y se oponen a combinarse para formar partículas mayores que se precipitarían en la solución. Su carga eléctrica se debe al fenómeno de adsorción de iones en la superficie de la partícula. Las partículas pequeñas poseen una relación grande de superficie-masa y los iones de la superficie atraen a iones de carga opuesta que están en la solución.
- 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.
- El carbón activado se utiliza también en el tratamiento de aguas contaminadas o lechos filtrantes, es el proceso lógico de extracción por adsorción. El agua, a medida que disminuye su concentración en productos adsorbibles (en este caso contaminantes) se pone en contacto con capas de carbón cada vez más puro.

Además, el carbón activado puede retirarse fácilmente y regenerarse.

- 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.

Física Van der Waals calores bajos del orden de 10000 calorías o menor por mol de adsorbato, y por el hecho de que el equilibrio es reversible y se establece rápidamente.

Adsorción activada: calores acentuados desde 20000 a 100000 calorías, ocasiona ligaduras mucho más firmes del gas a la superficie. En general la adsorción química es más específica que la física y se presenta solo cuando hay tendencia a la formación de un compuesto entre el adsorbato y el adsorbente.

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.

MARON, Samuel H. Fundamentos de Fisicoquímica. México: Editorial

Limusa Wiley, S.A. 1972. Págs. 822– 834

