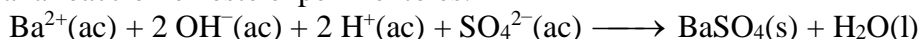


# Usen la Conductividad para Hallar el Punto de Equivalencia

En este experimento, van a monitorear la conductividad durante la reacción entre el ácido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , y el hidróxido de bario,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , con el fin de determinar el punto de equivalencia. A partir de esta información, se puede encontrar la concentración de  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ . Verán también el efecto de los iones, los precipitados, y del agua sobre la conductividad. La ecuación para la reacción en este experimento es:



Antes de reaccionar,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  y  $\text{H}_2\text{SO}_4$  están casi completamente disociados en sus respectivos iones. Ninguno de los productos de reacción, sin embargo, está disociado de manera significativa. El sulfato de bario es un precipitado y el agua es predominantemente molecular.

Al tiempo que se añaden lentamente 0.02 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a una concentración desconocida de  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , los cambios en la conductividad de la solución serán monitoreados utilizando una Sonda de Conductividad. Cuando la sonda se coloca en una solución que contiene iones, y que por lo tanto tiene la capacidad para conducir la electricidad, el circuito eléctrico se completa a través de los electrodos que se encuentran a ambos lados del orificio cerca de la parte inferior de la Sonda (ver Figura 1). Esto se traduce en un valor de conductividad que puede ser leído por la interfaz. La unidad de conductividad usada en este experimento es microsiemens por centímetro, ó  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

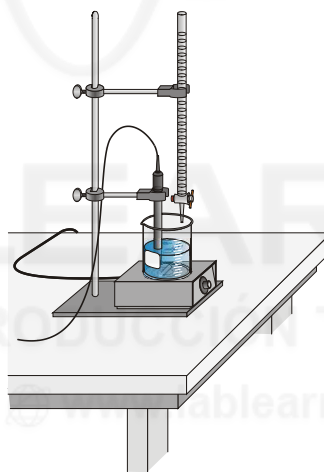


Figura 1

Antes de hacer el experimento, es muy importante que planteen una hipótesis sobre la conductividad de la solución en varias etapas durante la reacción. ¿Es de esperar que la lectura de conductividad sea alta o baja, y que vaya aumentando o disminuyendo, en cada una de estas situaciones?:

- Cuando la Sonda de Conductividad se coloca en  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , antes de la adición de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- A medida que se añade lentamente  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , produciendo  $\text{BaSO}_4$  y  $\text{H}_2\text{O}$ .
- Cuando los moles de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  añadidos igualen los moles de  $\text{BaSO}_4$  originalmente presentes.
- A medida que es añadido el exceso de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  más allá del punto de equivalencia.

## OBJETIVOS

En este experimento ustedes van a poder:

- Plantear una hipótesis sobre la conductividad de una solución de ácido sulfúrico e hidróxido de bario en diversas fases durante la reacción.
- Usar una Sonda de Conductividad para controlar la conductividad durante la reacción.
- Consultar el efecto de los iones, los precipitados, y del agua sobre la conductividad.

## SELECCIONANDO UN METODO

**Método 1** el estudiante debe entregar volúmenes de titulante de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  desde una bureta. Después que añadan el reactivo de titulación, y los valores de conductividad se hayan estabilizado, al estudiante se le pide que introduzca la lectura de la bureta de forma manual y almacenar un par de datos de conductividad-volumen.

**Método 2** utiliza un Contador de Gotas Vernier para tomar lecturas de volumen. El titulante  $\text{H}_2\text{SO}_4$  se entrega gota a gota desde el dispensador de reactivos a través de la ranura del Contador de Gotas. Después que las gotas reaccionan con el reactivo en el vaso de precipitados, se calcula el volumen de la gota, y se almacena un par de datos de conductividad-volumen.

## MATERIALES

### Materiales tanto para *ambos* el Método 1(bureta) como para el Método 2 (Contador de Gotas)

LabQuest	agitador magnético
LabQuest App	barras de agitación magnética
Sensor de Conductividad Vernier	cilindro graduado de 100 mL
60 mL de $\sim 0.02\text{M}$ $\text{H}_2\text{SO}_4$	fenolftaleína (opcional)
50 mL de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , concentra desconocida	soporte universal
vaso de precipitados de 250 mL	1 pinzas de laboratorio

### Materiales necesarios *sólo* para el Método 1 (bureta)

bureta de 50 mL	segunda pinza de laboratorio
segundo vaso de precipitados de 250 mL	






### Materiales necesarios *sólo* para Método 2 (Contador de Gotas)

Contador de Gotas Vernier	vaso de precipitados de 100 mL
dispensador de reactivos de 60 mL	probeta de 10 mL

## METODO 1: Midiendo el Volumen utilizando una Bureta

1. Tengan a mano gafas de seguridad y colóquenselas.
2. Midan aproximadamente 60 mL de solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4 \sim 0.02\text{M}$  en un vaso de precipitados de 250 mL. Registren la concentración exacta de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en su tabla de datos.  
**ADVERTENCIA:** *La solución de Acido Sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ : Causa serias irritaciones a la piel y los ojos.* Tomen una bureta 50 mL y enjuáguela con unos pocos mL de la solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Utilicen una pinza de laboratorio para fijar la bureta a la base de soporte de anillo como se muestra. Llenen la bureta un poco por encima del nivel de 0.00 mL de la bureta. Vacíen una pequeña cantidad de solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  para llenar la punta de la bureta y dejar el nivel del  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en la marca de 0.00 mL de la bureta. Desechen los residuos de la solución de este paso según las indicaciones de su instructor.

## Usen la Conductividad para Hallar el Punto de Equivalencia

3. Midan 50.0 mL de solución  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  de concentración desconocida utilizando una probeta de 100 mL. Transfieran la solución a un vaso de precipitados de 250 mL limpio y seco. A continuación, viertan 120 mL de agua destilada al vaso de precipitados.  
**ADVERTENCIA:** *Hidróxido de Bario,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ : Causa irritaciones leves a la piel*
4. Ajusten el interruptor selector al lado de la Sonda de Conductividad al rango 0-2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Conecten la Sonda de Conductividad al LabQuest y seleccionen Nuevo en el menú Archivo. Si ustedes tiene un sensor que no soporta auto-ID, configuren manualmente el sensor.
5. Configuren el modo de recolección de datos.
  - a. Toquen en el icono del Medidor , toquen sobre Modo. Cambien el modo de captura de datos para Eventos con entrada.
  - b. Introduzca el Nombre (Volumen) y Unidades (mL). Seleccionar OK.
6. Organicen la bureta, la Sonda de conductividad, el vaso que contiene  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , y las barras de agitación como se muestra en la Figura 1. La Sonda de Conductividad se debe extender hacia abajo dentro de la solución de  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  justo por encima de la barra de agitación, para que el agujero en la extremo de la sonda esté completamente sumergido.
7. Ahora están listos para realizar la titulación. Este proceso se hace más rápido si una persona manipula y lee la bureta mientras que otra persona registra los volúmenes:
  - a. Empiecen la captura de los datos.
  - b. Antes de añadir titulante  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , toquen  Conservar. Introduzca **0**, el volumen (en gotas). Seleccionen OK para guardar este par de datos.
  - c. Añadan 1.0 mL de 0.0200 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al vaso de precipitados. Cuando las lecturas de conductividad se estabilicen, pulsen  Conservar. Introduzcan **1** como el volumen en gotas y luego seleccionen OK. Los valores de conductividad y de volumen ahora se han guardado para la segunda prueba.
  - d. Continúen agregando incrementos de a 1.0 mL de solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , cada vez que entren la lectura de la bureta, hasta que la conductividad haya caído por debajo de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
  - e. Después que la conductividad haya caído por debajo de 100 microsiemens/cm, agreguen un incremento de 0.5 mL y entren la lectura de la bureta.
  - f. A partir de esto, utilicen incrementos de 2-gotas ( $\sim 0.1$  mL) hasta que se haya alcanzado la conductividad mínima en el punto de equivalencia. Introduzcan el volumen después de cada adición de a 2 -gotas. Cuando hayan pasado el punto de equivalencia, sigan utilizando incrementos de a 2 -gotas hasta que la conductividad sea mayor que 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nuevamente.
  - g. Ahora usen incrementos de 1.0 mL hasta que la conductividad alcance unos 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , o se hayan añadido 25 mL de solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , lo que suceda primero de los dos.
8. Paren de capturar de datos.
9. Para examinar los pares de datos de conductividad vs. volumen que se muestran en la gráfica toque en cualquier punto de los datos. Al tocar cada punto de datos (o usando las teclas del LabQuest  o ) , se muestran los valores de conductividad y de volumen. Encuentren el punto de equivalencia, es decir, el volumen cuando el valor de conductividad alcance un mínimo. Registren el volumen de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  del punto con el valor mínimo de la conductividad en la Tabla de Datos.
10. Desechen todas las soluciones según las indicaciones de su instructor. Enjuaguen y sequen la sonda de conductividad.

11. (Opcional) Impriman una copia de la gráfica de conductividad vs. volumen.

## MÉTODO 2: Medición de Volumen con un Contador de Gotas


1. Tengan a mano gafas de seguridad y colóquenselas.
2. Mida 25.0 mL de solución de  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  de concentración desconocida utilizando una probeta de 100 mL. Transfieran la solución a un vaso de precipitados de 100 mL limpio y seco. A continuación, añadan 60 mL de agua destilada al vaso de precipitados. **ADVERTENCIA:** *La solución de hidróxido de bario,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ : Causa irritación leve de la piel.*
3. Midan aproximadamente 40 mL de solución de  $\sim 0.02 \text{ M H}_2\text{SO}_4$  en un vaso de 250 mL. Registrarán la concentración exacta de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en la tabla de datos. **ADVERTENCIA:** *solución de ácido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ : Provoca irritación cutánea y ocular grave.*
4. Tomen el dispensador de reactivos plástico de 60 mL. **Nota:** La válvula inferior se utiliza para abrir o cerrar el depósito, mientras que la válvula superior se utiliza para ajustar con precisión la velocidad de flujo. Por ahora, cierren ambas válvulas girando las llaves de paso a la posición horizontal.

Enjuaguen con unos pocos mL de solución  $0.02 \text{ M H}_2\text{SO}_4$ . Utilicen una pinza universal para sujetar el dispensador de reactivos a la base de soporte de anillo. Añadan 30 mL de solución  $0.02 \text{ M H}_2\text{SO}_4$  al dispensador de reactivos.

Escurren una pequeña cantidad de solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en el vaso de modo que llene la punta del depósito. Para hacer esto, muevan ambas llaves de paso a la posición vertical por un momento, luego giren las dos de nuevo a la posición horizontal.

5. Configuren el LabQuest:
  - a. Ajusten el interruptor de selección en la Sonda de Conductividad al rango  $0\text{-}2000 \mu\text{S/cm}$ . Conecten la Sonda de Conductividad al CH 1 del LabQuest.
  - b. Bajen el Contador de Gotas sobre una base de soporte y conéctenlo al DIG 1.
  - c. Elijan Nuevo en el menú Archivo. Si se identifican ambos sensores, sigan al Paso 6.Si ustedes tiene sensores que no soportan auto-ID, configúrenlos manualmente:
  - a. Elijan Configuración del sensor en el menú Sensores.
  - b. Seleccionen Contador de Gotas de la lista de sensores DIG 1, o sensor de pH de la lista de sensores CH 1.
  - c. Seleccionen OK.
6. Calibren el Contador de Gotas de modo que un volumen preciso de titulante se registre en unidades de mililitros:
  - a. Elijan Calibrar ► Contador de Gotas en el menú Sensores:
    - Si han calibrado previamente el tamaño de la gota de su dispensador de reactivos y desean continuar con el mismo tamaño de gota, toquen la Ecuación. Introduzcan los valores para las gotas/mL. Seleccionen  para que los cambios surtan efecto. Seleccionen OK. Continúen con el Paso 7.
    - Si desean realizar una nueva calibración, seleccionen Calibrar ahora, y continúen con este paso.
  - b. Coloquen un cilindro graduado de 10 mL directamente debajo de la ranura del Contador de Gotas, alineándolo con la punta del dispensador de reactivos.

## Usen la Conductividad para Hallar el Punto de Equivalencia

- c. Abran la válvula inferior del dispensador de reactivos (a la posición vertical). Mantengan la válvula superior cerrada (en la posición horizontal).
  - d. Abran lentamente la válvula de la parte superior del dispensador de reactivos para que las gotas se liberan a un ritmo lento (~ 1 gota cada dos segundos). Ustedes deben ver las gotas contándose en la pantalla.
  - e. Cuando el volumen de solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en la probeta esté entre 9 y 10 mL, cierren la válvula inferior del dispensador de reactivos.
  - f. Introduzcan el volumen preciso de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al decimal 0.1 mL más próximo. Seleccionen . Graben el número de gotas/mL que aparece en la pantalla para su posible uso en el futuro. Seleccionen OK.
  - g. Desechen la solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en el cilindro graduado según lo indicado por su instructor y establecer el cilindro graduado de lado.
7. Preparen el montaje:
- a. Coloquen el agitador magnético en la base de soporte.
  - b. Inserten la Sonda de Conductividad a través del gran agujero en el Contador de Gotas.
  - c. Instalen el Microagitador a la parte inferior de la Sonda de Conductividad, como se muestra en la imagen pequeña. Giren la rueda de aspas del Microagitador y asegúrense de que no toque la parte inferior de la sonda de conductividad.
  - d. Ajusten las posiciones del Contador de Gotas y del dispensador de reactivos de modo que ambos están alineados con el centro del agitador magnético.
  - e. Levanten la Sonda de Conductividad, y deslicen el vaso que contiene solución de  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  sobre la plancha de agitación magnética. Bajen la Sonda de Conductividad en el vaso de precipitados.
  - f. Ajusten la posición del Contador de Gotas para que el Microagitador en la Sonda de Conductividad apenas toque el fondo del vaso.
  - g. Ajusten el dispensador de reactivos justo por encima de la ranura del Contador de Gotas.
8. Enciendan la plancha de agitación magnética para que el Microagitador se mueva a un ritmo acelerado.
9. Inicien la captura de datos. Ningún dato será visto hasta que la primera gota pase por la ranura del Contador de Gotas. Abran completamente la válvula inferior --- la válvula superior todavía debe ajustarse de manera que gotas sean liberadas a un ritmo de aproximadamente de a 1-gota cada 2 segundos. Cuando la primera gota pase a través de la ranura Contador de Gotas, comprueben la tabla de datos para ver que el primer par de datos sea registrado.
10. Continúen monitoreando la gráfica para ver cuando la conductividad haya alcanzado un valor mínimo --- este será el punto de equivalencia de la reacción. Después de producirse esta conductividad mínima, dejen que la titulación continúe hasta que la lectura de conductividad tenga aproximadamente el mismo que el valor inicial de la conductividad, y luego detengan la captura de datos para ver la gráfica de conductividad vs. volumen. Giren la llave de paso de la válvula inferior del dispensador de reactivos a la posición cerrada (horizontal).
11. Para examinar los pares de datos en la gráfica de conductividad vs. volumen que se muestra, pulsen en cualquier punto de datos. Al tocar cada punto de datos (o al usar ► o ◀ de las teclas del LabQuest), se muestran los valores de conductividad y de volumen. Encuentren el punto de equivalencia, es decir, el volumen cuando el valor de conductividad alcance un mínimo. Registren el volumen de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  del punto con el valor mínimo de la conductividad en la Tabla de Datos.



12. Desechen el contenido del vaso de precipitados como lo indique su maestro.

13. (Opcional) Impriman copias de la tabla y la gráfica.

### PROCESANDO LOS DATOS

1. A partir de la Tabla de Datos y la gráfica que imprimieron, calculen el volumen de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  añadido en el punto de equivalencia. La gráfica debe darles el volumen *aproximado* en este punto. El volumen *exacto* de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  añadido puede ser calculado por un nuevo examen de la Tabla de Datos para la conductividad mínima. Registren el volumen de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
2. Calculen los moles de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  añadidos en el punto de equivalencia. Utilicen la molaridad, M, del  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y su volumen, en Litros.
3. Calculen los moles de  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  en el punto de equivalencia. Utilicen su respuesta del paso anterior y la relación de moles de  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  y  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en la ecuación balanceada (o utilicen la proporción de 1:1 de moles de  $\text{H}^+$  a moles de  $\text{OH}^-$  de la ecuación).
4. A partir de los moles y el volumen de  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , calculen la concentración de  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , en mol/L.

### TABLA DE DATOS

Molaridad de $\text{H}_2\text{SO}_4$		M
Volumen de $\text{H}_2\text{SO}_4$	mL =	L
Volumen de $\text{Ba}(\text{OH})_2$	mL =	L
Moles de $\text{H}_2\text{SO}_4$		mol
Moles de $\text{Ba}(\text{OH})_2$		mol
Molaridad de $\text{Ba}(\text{OH})_2$		M