

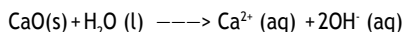
y aluminio $\{KAl(SO_4)_2\}$ o sulfato de amonio y aluminio $\{NH_4Al(SO_4)_2\}$ en un frasco gotero; papel tornasol rojo. (Usar lentes de protección.)

Procedimiento

- Llenar uno de los recipientes hasta 3/4 de su volumen con agua. Agregar 2-3 cucharaditas de tierra. Agitar hasta obtener una disolución opaca y lodosa.
- Agregar la mitad de esta agua al segundo recipiente. Uno de los recipientes es el control. Colocar aparte para comparar al final.
- Agitar y agregar un gotero lleno de disolución de cal al recipiente del agua que se va a tratar. Agitar vigorosamente.
- Introducir un pedacito de papel indicador tornasol en la disolución. Si el papel tornasol no se pone azul, agregar más cal, poco a poco hasta que cambie.
- Agregar un gotero completo de disolución de sulfato doble de aluminio y potasio o aluminio y amonio a la mezcla. Agitar y observar lo que sucede.
- Seguir agregando sal de aluminio hasta que ya no se forme más precipitado (blanco-gelatinoso). Agitar vigorosamente todo el tiempo y al final dejar asentar el precipitado por unos 10 minutos.
- Comparar los dos frascos (el control y el tratado). ¿Qué diferencias se observan?

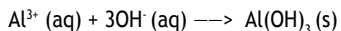
¿Qué sucede?

Dos reacciones químicas son responsables del precipitado blanco gelatinoso. La primera es la reacción de la cal con el agua para formar una disolución alcalina:



En este punto el papel tornasol cambia a azul indicando la aparición de la base.

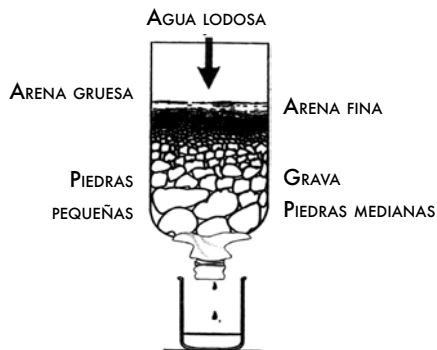
La segunda reacción produce un precipitado cuando los iones de Al^{3+} reaccionan con el hidróxido:



A medida que el precipitado gelatinoso cae hacia el fondo del recipiente, arrastra todas las partículas suspendidas y deja el agua mucho más clara y transparente.

Preguntas

- ¿Qué partes del tratamiento de agua efectuado son procesos físicos? ¿Qué partes son debidas a



cambios químicos? ¿Cómo se puede saber si se ha alcanzado el pH deseado si no se cuenta con un papel indicador? ¿Qué otras formas existen para conocer el pH de una disolución?

- ¿Por qué a nivel industrial no se agregan las sales de aluminio antes de que el agua pase por los tanques de sedimentación? Pista: ahorro de reactivos, si se agregara cuando el agua está muy lodosa, harían falta toneladas de cal y de aluminio (III) para precipitar todas las partículas.
- ¿Qué es un coloide? ¿Qué producto de los representados en las reacciones es un coloide? ¿A través de qué propiedades lo podríamos confirmar?
- ¿Qué es el carbón activado? ¿Cómo funciona el carbón activado como agente clarificador? ¿Qué diferencias habría en la calidad del agua si se usara carbón activado en lugar de cal y sales de aluminio?

III Bibliografía

Varios autores, *Curso de química I*, Manual del Maestro. Unidad I: El agua. Colegio de Ciencias y Humanidades, México, UNAM.

Borgford, C. y L. Summertin, *Chemical Activities*, American Chemical Society, Washington, DC, 1988.

Esperamos sus comentarios y sugerencias, que pueden hacer con atención a: Rosa María Catalá, al teléfono 56227297, fax 54 24 01 38, correo electrónico comoves@universum.unam.mx

Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista.



Maestros:

Esta guía se ha diseñado para que un artículo de cada número de *¿Cómo ves?* pueda trabajarse en clase con los alumnos, de modo que se adapte a los programas de ciencias naturales y a los objetivos generales de estas disciplinas a nivel bachillerato. Esperamos que la información y las actividades propuestas sean un atractivo punto de partida o un novedoso "broche de oro" para dar un ingrediente de motivación adicional a sus cursos.

I. Relación con los temarios del bachillerato UNAM

Esta guía pueden utilizarla maestros de química, física, biología y educación ambiental de forma integrada, ya que aborda temas que son de interés común y enriquecen la percepción del agua como esencial para la vida y la actividad humanas. En esta ocasión, dado que se trata de varios artículos que en conjunto ofrecen un amplio panorama sobre la problemática del agua, dedicaré la guía a la propuesta de actividades experimentales.

II. Actividades experimentales

1. Monedas en un vaso y propiedades del agua
En esta actividad se examina una de las propiedades físicas fundamentales del agua: su tensión superficial. La tensión superficial es la fuerza que hace que la superficie de un líquido actúe como si fuera una membrana estirada. Debido a este efecto, un vaso lleno de agua no va a derramarse cuando se le agreguen varias monedas

(o clavos inoxidable) siempre y cuando se haga paulatinamente. El chiste está en contar cuántas monedas aceptará el vaso con agua antes de derramarse.

Materiales

Monedas de 5 y 10 centavos (todas las que se encuentren a la mano). Por lo menos se necesitan 50 por equipo. En caso de que no se consigan monedas pueden utilizarse clavos de acero inoxidable; un vaso de vidrio transparente, sin dibujos ni motivos; agua suficiente para llenar el vaso hasta su borde.

Procedimiento

- Llenar el vaso con agua de la llave hasta el borde, sin que se derrame.
- Agregar cuidadosamente monedas o clavos al vaso. No hacerlo desde muy alto, porque el agua salpicará y se perderá el efecto deseado. Colocar las monedas muy cerca del agua y dejarlas caer por gravedad en el centro del vaso.
- Continuar agregando monedas y observar cómo se ve la superficie del agua en el vaso a medida que el volumen aumenta.
- Anotar el número total de monedas agregadas al momento del derrame del agua.
- Repetir la actividad con alcohol etílico y con agua jabonosa o con detergente. También puede hacerse con algún disolvente orgánico como aguarrás o *thinner*. (Se sugiere que lo haga el maestro como demostración.)

¿Qué sucede?

Debido a la tensión superficial, las moléculas de agua de la superficie son atraídas unas a otras en

un intento de jalar las moléculas de agua hacia el interior del seno del líquido. Esta atracción es tan fuerte que el agua materialmente se curva en la superficie del vaso (superficie convexa) a medida que se van agregando clavos o monedas para desplazar un pequeño volumen de agua.

Preguntas

1. ¿Qué ocurre a nivel molecular para que la tensión superficial del agua sea tan alta? Pista: puentes de hidrógeno a nivel intermolecular.
2. ¿Por qué esta tensión no es tan fuerte en otros líquidos? ¿Habría algún cambio en el número de monedas si en lugar de agua de la llave se usa agua destilada?, ¿por qué?
3. ¿Qué efectos curiosos o útiles de la vida cotidiana se observan debido a la tensión superficial del agua?

2. Hervir agua en un vaso de papel

Generalmente se hierve agua en recipientes de cerámica o de metal debido a que no se queman. Sin embargo, es posible utilizar un vaso de papel y ver qué sucede a medida que el agua aumenta su temperatura hasta alcanzar el punto de ebullición. ¿Se quemará el vaso antes del cambio de estado del agua?

Materiales

Vasos de papel desechables o de origami; agua; mechero de Bunsen o lámpara de alcohol; termómetro (opcional); anillo metálico y soporte universal (pinzas largas).

Procedimiento

- Colocar el vaso de papel en una malla sobre el anillo metálico o usar unas pinzas largas para no quemarse a la hora de calentar a la flama.
- Llenar el vaso con agua de la llave hasta el borde, pero sin que se derrame.
- Calentar el vaso (flama no muy alta) por medio de un mechero o una lámpara de alcohol. Tener cuidado con las flamas y con el agua caliente.
- Continuar calentando el vaso; anotar la temperatura cada minuto desde el inicio. ¿Se logrará llegar al punto de ebullición? ¿Por qué?

- Al término de la actividad retirar el vaso del calor y permitir que el agua se enfríe hasta la temperatura ambiente.

¿Qué sucede?

El agua es buena conductora del calor, por lo que absorbe toda la energía de la flama a medida que se logra el calentamiento y por eso el material combustible (papel del vaso) no se quema, ya que no alcanza su temperatura de ignición.

Preguntas

- ¿Qué es la capacidad calorífica? ¿Cómo es esta propiedad en el agua comparada con la de otras sustancias? ¿Qué sucede a nivel molecular para que se observe este efecto tan particular del agua?
- ¿Qué es un sumidero de calor? ¿Es el agua un sumidero de calor (*heat sink*, en inglés)? ¿Qué aplicaciones tiene esta propiedad en la vida cotidiana? ¿Cómo se relaciona la capacidad calorífica del agua con el clima del planeta? Si calientas agua en un recipiente de vidrio o de metal, éstos se calentarán más que el agua, aunque no se quemen. ¿Cómo explicas esto?

3. De agua a oxígeno e hidrógeno

Durante años se pensó que el agua era un elemento químico. Tuvo que descubrirse la electricidad y sus efectos sobre la materia para poder separar el agua en los dos gases que la componen en la proporción de un átomo de oxígeno por dos de hidrógeno. Para lograr el rompimiento de los enlaces entre los átomos se requiere de energía eléctrica en un proceso químico conocido como electrólisis.

Materiales

Vasos de precipitados pequeños, frascos de comida para bebé o cajas de Petri de vidrio; 2 minas de lápiz gruesas; pilas de 6 o 9 Volts; 2 cables aislados con clips en los extremos (caimanes rojo y negro); 1 gramo de sulfato de sodio; disolución indicadora ácido-base como azul de bromotimol, fenolftaleína o jugo de col morada y agua destilada. (No tocar los electrodos ni la disolución durante el proceso electrolítico. Usar lentes de seguridad.)

Procedimiento

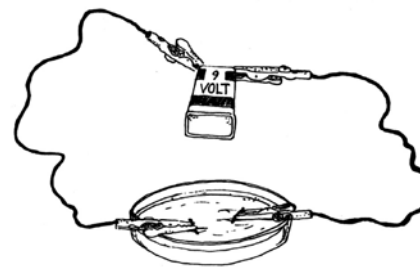
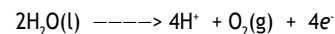
- Unir los caimanes a las minas en uno de los extremos de los cables, como se ve en la figura, y el otro extremo a la pila.
- Colocar un poco de agua destilada en la caja de Petri y espolvorear una puntita de espátula de sulfato de sodio para que esta sal ayude a la conducción eléctrica del circuito.
- Colocar los electrodos de grafito en lados opuestos del recipiente como se ve en la figura.
- Observar lo que sucede en cada electrodo cuando se cierra el circuito completo.
- Retirar los electrodos momentáneamente, agitar la disolución y agregar algunas gotas de indicador de pH al recipiente. Observar el color del indicador.
- Volver a conectar el circuito como antes y observar cualquier cambio del indicador alrededor de los electrodos.
- Comparar el color del indicador agregando algunas gotas a disoluciones conocidas de ácidos o bases (que debe proporcionar el maestro).

¿Qué sucede?

El gas oxígeno y un ácido se están formando en uno de los electrodos. En el otro electrodo se está separando el hidrógeno y una base. Cuando el ácido y la base se encuentran en el centro del recipiente ¡forman agua! Al mismo tiempo el oxígeno gaseoso y el hidrógeno gaseoso están escapando a través de las burbujas hacia la atmósfera.

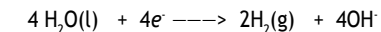
De manera que el proceso no es tan simple como podríamos pensar.

En un electrodo tenemos:



El H^+ es el ácido. El signo e^- corresponde a los electrones que están fluyendo a través del circuito y regresan a la pila.

En el otro electrodo:



Los electrones (e^-) están entrando a la disolución procedentes de la batería a través del electrodo. El OH^- es la base.

Preguntas

- ¿Cómo se podrían coleccionar los gases que escapan de la electrólisis? ¿De cuál de ellos se obtendría el doble de volumen con respecto al otro?
- ¿Qué tipo de reacción química se está llevando a cabo? Pista: redox.
- ¿Se podría decir que uno de los productos de la reacción es también agua?, ¿por qué?
- ¿Se podría hacer la reacción sin presencia del indicador ácido-base?, ¿por qué? ¿Se podría hacer la reacción sin presencia de sulfato de sodio (electrolito)?, ¿por qué?
- ¿Cuál de los electrodos es el cátodo?, ¿cuál de los electrodos es el ánodo?, ¿por qué?

4. Purificación de agua

Una parte del agua que recibimos en nuestras casas proviene de ríos y lagos. Esta agua contiene residuos de tierra, materia orgánica, sustancias tóxicas, bacterias y otras impurezas que deben eliminarse antes de que se pueda considerar potable. Cuando se trata el agua para potabilizarla, primero se deja reposar un tiempo en enormes tanques de sedimentación para permitir que las partículas más pesadas y suspendidas se asienten por gravedad. Luego se pasa por filtros de grava y arena, proceso que también se puede modelar en la clase (véase figura). En esta actividad se observa uno de los pasos posteriores: el de clarificación. El agua que resulta de este paso todavía no es adecuada para beberse.

Materiales

2 recipientes grandes de vidrio o vasos de precipitados grandes; tierra (con arena y hojas pequeñas), disolución de cal (CaO) saturada en un frasco gotero; disolución saturada de sulfato de potasio