

Corazón oscilante de mercurio

María Teresa Martín Sánchez, Manuela Martín Sánchez

Resumen: Este artículo trata de un estudio histórico de trabajos relacionados con la variación de la tensión superficial del mercurio en función de su carga eléctrica comenzando en el siglo XIX, cuando se descubren las oscilaciones que tienen lugar en los electrodos de mercurio, hasta llegar al descubrimiento de la polarografía. En una segunda parte se propone cómo realizar el famoso experimento del “corazón de mercurio” en el aula y se explican las reacciones químicas que tienen lugar.

Palabras clave: Trabajo de tipo experimental, Electroquímica, Historia de la Química, Didáctica de la Química, polarografía.

Abstract: This article presents a historic study of variation of surface tension of mercury with electric charge. The history is from XIX century, when the movements of *mercury* electrode has been observed, till the discovery of “polarography” by Heyrovský. In addition we explain how to do “mercury beating heart” in the classroom and what chemical reactions occur.

Keywords: Experimental work, electrochemistry, history of Chemistry, teaching chemistry, polarography.

Introducción

Entre los experimentos que a lo largo de muchos años hemos comprobado que, de forma especial, llaman la atención a los alumnos está el “corazón pulsante de mercurio”, que es un ejemplo clásico de oscilador de tipo mecánico con un fundamento electroquímico. Por otra parte, tiene la ventaja de que puede hacerse en el aula sobre retroproyector sin ningún riesgo para los alumnos.

El hecho de que se haya especulado mucho sobre quién fue el descubridor de este fenómeno nos llevó a hacer una investigación sobre cómo se había descubierto. Éste es el motivo por el cual en nuestro trabajo describiremos, en una primera parte, una breve historia de cómo se descubre este fenómeno y, en una segunda parte, cómo se puede realizar fácilmente en el aula.

Historia del descubrimiento de las oscilaciones de una gota de mercurio

Hemos tenido especial interés por este tema, entre otros motivos, por la controversia en torno a su descubrimiento. Varios autores modernos indican que Lippman^[1] atribuye el descubrimiento a Paalzow en 1858 y Berzelius^[2], que lo describe de forma detallada, se lo atribuye a comien-

zos de siglo XIX a Erman, Herschel, Runge y Pfaff. En la Enciclopedia Metropolitana Roget^[3], en su tratado sobre el galvanismo, dice que estos descubrimientos se deben a Davy y a Herschel. Partington^[4] se lo atribuye a Henry, Cherboin, Ermann y Runge. Una revisión de los trabajos de estos autores nos permite afirmar que el orden cronológico de los trabajos que tratan este tema es el que indicamos a continuación.

Para seguir esta historia consideramos muy interesante el artículo de König^[5] que hace una síntesis de todos los trabajos teóricos y experimentales relacionados con el comportamiento del mercurio y la teoría de la capilaridad recogiendo las ideas de Young, Laplace, Gauss y Helmholtz así como los experimentos de W. Henry, A. C. Gerboin, Ermann, G.S. Serullas, J.F.W. Herschel, C. H. Pfaff, F.F. Runge, A. Paalzow, G. Gore, T.S Wright y G. Lippmann.

Tomando como base todos los datos anteriores hemos localizado los trabajos de la mayoría de estos autores, de los que hacemos una pequeña descripción a continuación.

El primero que cita este tipo de oscilaciones es William Henry^[6] cuando utiliza, en 1800, un cátodo de mercurio para hacer la electrolisis de determinadas disoluciones de diferentes tipos de sales y, en su trabajo, habla de los curiosos movimientos del mercurio.

En 1802 Gerboin^[7] dice que cuando un tubo en U con mercurio cubierto de agua se somete a la acción de una pila, la superficie del mercurio unida al polo positivo se oxida y la del polo negativo presenta unos movimientos violentos que posteriormente cita Lippman como los torbellinos de Gerboin.

Ermann^[8] buscando la analogía entre adhesión y afinidad química suspende una placa de metal de una balanza muy sensible. Dicha placa la sitúa de forma que toque la superficie del agua contenida en un platillo metálico. Coloca pesas en el otro platillo de la balanza de manera que se eleve un cilindro de agua, por adhesión a la placa, pero que no se rompa. Conecta la balanza a uno de los polos de una pila voltaica bastante potente y el otro al recipiente metálico. Pretende comprobar si la adhesión del agua al platillo tiene que ver con la fuerza eléctrica. Se encuentra con que el agua se descompone, produce gases, y no puede observar nada.



M. Martín

M.ª.T. Martín

Facultad de Educación. Universidad Complutense de Madrid.
28040 Madrid
C-e: mmartins@edu.ucm.es

Recibido: 25/05/2010. Aceptado: 11/07/2010.

Decide cambiar el montaje y sustituir la placa metálica por mercurio recubierto de una película muy fina de agua. Cuando conecta la pila le llaman la atención los movimientos del mercurio y esto hace que siga haciendo todo tipo de experimentos: cambiando los polos de la pila de posición, colocando los conductores unidos a la pila de forma que solo toquen el líquido que recubre el mercurio o que estén en contacto con el mercurio, sustituyendo el agua por ácido sulfúrico, por una disolución de carbonato de sodio, añadiendo talco para que sean más visibles los movimientos, etc.

Todos estos experimentos los describe en una conferencia que pronuncia en 1808 en la Academia de Ciencias de Berlín. Indica que los movimientos del mercurio varían sensiblemente según que la superficie del mercurio se comuniquen con el polo positivo (oxidante) o con el negativo (hidrogenante). Las corrientes que se producen en el mercurio son más rápidas y duran más si se recubre con ácido sulfúrico que si se añade una disolución de carbonato de potasio. Si se recubre con talco las partículas de talco son lanzadas del centro a la periferia y retornan al centro, continuando los movimientos oscilatorios.

Unos años más tarde, en 1812, Humphry Davy^[9] describe detalladamente que cuando unos pocos glóbulos de mercurio se colocan en una vasija y se cubren con agua que lleva alguna disolución salina, si se conecta a una batería, que no hace falta que sea muy potente, el mercurio es agitado violentamente y cada glóbulo se alarga hacia el polo positivo, mientras que mantiene su forma circular en el polo opuesto. Y termina diciendo que hay muchos fenómenos relacionados con la acción de la electricidad sobre el mercurio en contacto con agua lo que *“permite pensar que la atracción química y la eléctrica dependen de la misma causa y que es posible llegar a nuevas ideas respecto los constituyentes de la materia”*.

El trabajo sobre este tema es el de J.F.W. Herschel^[10], quien en 1824, en la conferencia Bakerian, uno de los actos más importantes de la Real Sociedad de Londres trata de ciertos movimientos producidos en fluidos conductores cuando transmiten la corriente eléctrica. Describe de forma detallada los movimientos del mercurio cuando, en el seno de diferentes líquidos, es sometido a la acción de diversas pilas eléctricas de distinta potencia y dice *“el movimiento del mercurio consiste en una continua radiación de sus moléculas superficiales desde el punto más próximo al polo negativo, por el cual cada partícula está siendo impulsada lo largo de la superficie desde el polo negativo al polo positivo y retornando a lo largo del eje”*.

Hace el estudio usando diferentes tipos de vasijas de vidrio, madera, etc. para comprobar si influye el tipo de vasija en el movimiento, llegando a la conclusión que los movimientos se producen con más facilidad sobre vidrio. En todo caso para que estos movimientos se produzcan es imprescindible la presencia de un ácido y la corriente eléctrica.

Describe lo que sucede utilizando cantidades diferentes de mercurio y también mercurio de diferente pureza, llegando a la conclusión que los movimientos son más violentos si el mercurio es muy puro, obtenido por destilación. Advierte al lector que si intenta repetir el experimento, sin saber por qué, hay veces que falla.

En muchos líquidos, especialmente en las disoluciones de nitratos coexisten dos corrientes, una que irradia desde

el polo negativo y otra del polo positivo. La mejor forma de comprobarlo es con cantidades grandes de mercurio en disoluciones muy diluidas y manteniendo el polo negativo alejado y el positivo próximo. Además, si el polo positivo se mantiene en contacto, el mercurio se oxida rápidamente con lo que las corrientes no se pueden ver, pero inmediatamente el glóbulo de mercurio se aplasta y salen protuberancias hacia el otro polo indicando la existencia de corrientes. Si se aumenta la oxidación de alguna forma, por ejemplo, con gotas de nítrico diluido, se observan las corrientes perfectamente. Si es el polo negativo el que toca al mercurio, se amalgama con el mercurio que permanece brillante, y las corrientes hacia el polo positivo se detectan perfectamente.

Los movimientos tienen lugar incluso cuando el contacto de la corriente no se hace sobre el mercurio sino en la disolución y en ese caso se comprueba que el glóbulo de mercurio toma la forma de la Figura 1. La película de óxido, representada por la zona sombreada, que se forma en el polo negativo, se desplaza hacia el polo positivo manteniéndose estacionaria en esa posición.

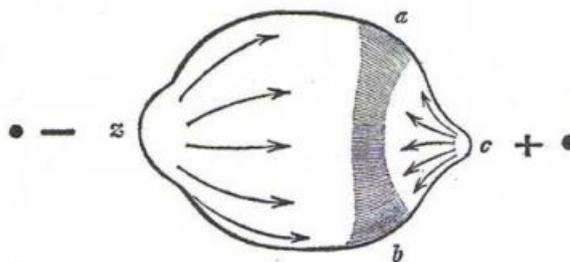


Figura 1. Forma que adopta el glóbulo de mercurio.

Continúa su trabajo describiendo qué sucede cuando el mercurio se amalgama con diferentes metales, incluso con cantidades distintas de estos metales.

Con sodio y potasio siguen produciéndose los movimientos. La amalgama con bario produce bellas arborescencias en presencia de ácido muriático (ácido clorhídrico). La amalgama con magnesio es más sensible que con estroncio y calcio. La aleación con cinc rota de forma violenta. Con plomo y con hierro en cantidades muy pequeñas sí se produce rotación del mercurio. Sin embargo no se produce con cobre, bismuto, plata y oro.

Después de todos estos experimentos llega a la conclusión que *“toda la química depende de la atracción y repulsión eléctricas.”*

Trata de comprobar si estos movimientos se producen en otros metales en estado líquido pero le resulta muy complicado mantenerlos fundidos y curiosamente solo lo consigue con una aleación de plomo, estaño y bismuto que la mantiene fundida sobre una disolución de azúcar hirviendo acidulada con ácido fosfórico y comprueba que existen las mismas corrientes que en el mercurio.

Pfaaf^[11] hace una relación de los trabajos de Herschel y Ermann, describe sus estudios experimentales recubriendo el mercurio con todo tipo de disoluciones de sales, hidróxidos y ácidos, recoge las interpretaciones teóricas de Herschel y

Ermann, y termina su escrito haciendo, en doce apartados, una revisión de todos los descubrimientos, de estos autores y suyos, sobre el comportamiento e interacción del mercurio puro o aleado con otros metales cuando, recubierto por diferentes fluidos, se somete a la corriente eléctrica. La última frase del punto 12 dice que los movimientos que se producen en el mercurio simulan “las pulsaciones del corazón” (“*pulsationen des Herzens*”). Es la primera vez que nos encontramos esta comparación, nombre con el que se sigue conociendo en la actualidad a dicho fenómeno.

Runge^[12] describe que si en un vaso que contiene mercurio se vierte una disolución de sal común y sobre el mercurio se coloca un cristal de una sal fácil de reducir, como el “vitriolo azul” (sulfato de cobre (II) pentahidratado) o el “sublimado corrosivo” (cloruro de mercurio (II)), cuando se toca el mercurio con un metal electropositivo, como el hierro o el cinc, el cristal comienza un movimiento rápido que se parece al de un insecto pequeño que vuela en todas las direcciones y el movimiento dura todo el tiempo que el mercurio esté en contacto con el metal y hasta que se disuelve el cristal. Sus trabajos se completan con investigaciones con aleaciones de mercurio o añadiendo trocitos de potasio sobre el mercurio.

Años más tarde, en 1858, Paalzow^[13] se refiere a todos los trabajos anteriores y añade como idea nueva que los movimientos del mercurio no se deben solo a la acción de la corriente eléctrica y que interviene la acción química de las sustancias que cubren la gota de mercurio.

Lippman^[1] (Premio Nobel de Física de 1908) en este primer artículo describe un experimento que dice que se lo ha contado el profesor W. Kühne de la Universidad de Heidelberg y que es exactamente lo que aparece en los libros de texto y de experimentos de los siglos XX y XXI. Consiste en tocar el mercurio con un alfiler o bien una barra de hierro. Dice Lippman que cuando tenemos una gota de mercurio recubierta de ácido sulfúrico diluido con una pizca de cromato de potasio, si “*Un alambre de hierro desnudo se acerca de manera que se sumerja en el ácido y toque el borde de la gota de mercurio, una vez que el contacto se ha producido, cae la gota en la regularidad de las oscilaciones, que pueden durar horas*”. A continuación indica que estos movimientos son similares a los que se producen en los electrodos de mercurio y que, sin duda, tienen la misma causa. Al oxidarse la superficie de la gota se produce un aplanamiento de la misma, la corriente resultante reduce la superficie de la gota que se contrae perdiéndose el contacto entre el hierro y el mercurio, con lo cual cesa la corriente. Comienza el mismo juego indefinidamente.

Con una serie de experimentos que describe a continuación está en condiciones de afirmar que “*la constante capilar (tensión superficial, coeficiente de la fórmula de Laplace) en las superficies de contacto del ácido sulfúrico diluido es función de la fuerza electromotriz de polarización en la misma superficie*”.

Todos estos trabajos los lleva a cabo en el laboratorio de Kirchoff, con quien comenta los resultados.

Cuando un tubo capilar contiene mercurio cubierto con un ácido diluido, el cambio de la carga eléctrica entre los dos líquidos produce una convulsión en el punto de contacto que hace que el mercurio suba en el tubo.

Diseña un dispositivo que le permite hacer medidas de la capilaridad en función de la fuerza electromotriz representada en la Figura 2 A y que consiste en un tubo de vidrio vertical, que comunica con un reservorio de mercurio A. El mercurio, al entrar en el tubo capilar sufre una depresión. La parte superior del tubo contiene agua con ácido sulfúrico al 10%. El agua acidulada baña el menisco M en que termina la columna de mercurio y moja la pared del vaso a lo largo de esta columna. Esta agua rellena igualmente un sifón de vidrio y al vaso B. El fondo del vaso B tiene una capa de mercurio. Dos hilos de platino permiten la conexión con el exterior. Al tubo GG' se adapta un catetómetro. Los hilos de platino están en comunicación a la altura de la lente del catetómetro, de forma que el hilo de la retícula esté a la altura del menisco en equilibrio M_0 . Cuando se suprime la comunicación entre los hilos de platino se observan las perturbaciones que permiten medir la constante capilar.

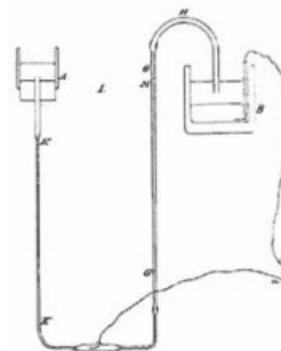


Figura 2A. Dispositivo de Lippman 1873.

El mismo dispositivo le permite hacer medidas eléctricas conectando los hilos de platino a una pila de Daniell.

Con este descubrimiento consiguió el título de doctor por la Sorbona.

Lippman^[14] dos años más tarde, en una publicación de siete capítulos, recoge todo lo del trabajo anterior, mejorando el dispositivo inicial, como se puede ver en la Figura 2B, da una explicación teórica y aporta los cálculos matemáticos necesarios para buscar la relación entre las distintas magnitudes que intervienen en el fenómeno.

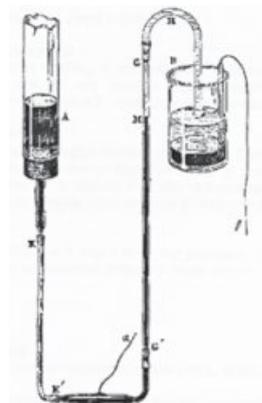


Figura 2B. Dispositivo de Lippman 1875.

Idea un dispositivo mucho más sencillo, que aparece en la Figura 3, al que adapta un microscopio (*M*) para poder hacer las medidas con más precisión y que es la base del electrómetro capilar que describe en el capítulo VI.

El electrómetro, en definitiva, mide pequeñas diferencias de potencial entre el mercurio y una disolución electrolítica en un tubo capilar, midiendo el efecto de esa diferencia de potencial sobre la tensión superficial entre los líquidos.

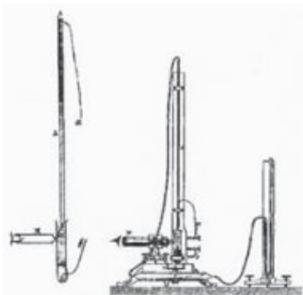


Figura 3. Electrómetro de Lippman.

En este trabajo, además, demuestra que el fenómeno es reversible. Alterando la forma del mercurio por medios mecánicos, al “estrujar” el mercurio se produce un cambio en el campo eléctrico entre el mercurio y el ácido. Con objeto de demostrar esta idea diseña una máquina que funciona con el mismo principio del electrómetro, que denomina motor electrocapilar (Figura 4). Compara la reversibilidad de este fenómeno con la de los fenómenos de termodinámica.

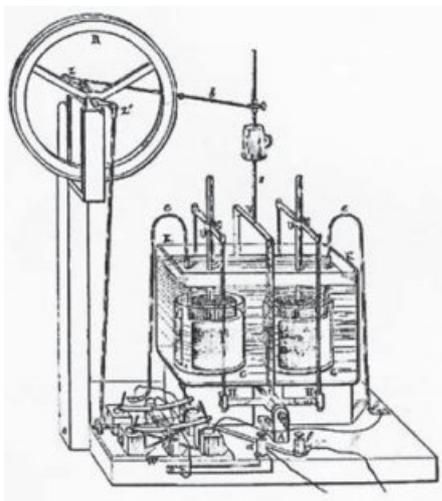


Figura 4. Motor electrocapilar.

En este segundo trabajo dice que sus estudios han comenzado con unos trabajos similares a los de Paalzow pero también indica que la historia de estos descubrimientos está recogida en el capítulo VII de su trabajo y, en ese capítulo, cita todos los descubrimientos de Henry, Gerboin, Ermann, Herschel, Runge, etc. De hecho este capítulo lo titula “Teoría de los torbellinos descubiertos por Gerboin”.

Todo lo anterior nos permite afirmar, después de haber revisado todos los trabajos citados, que como ya indicamos en

otro momento^[15], no es correcta la afirmación de D. Avnir^[16] ni de muchos otros autores actuales que no citamos porque harían una relación excesivamente larga, y que, evidentemente, no han accedido a las fuentes originales de Lippman.

Lippman fue Premio Nobel de Física pero más bien por otros descubrimientos, y el testigo de estos trabajos lo toma Heyrovsky, que fue premio Nobel de Física de 1959 por el descubrimiento de la polarografía.

En 1903 Kucera, en lugar de medir el movimiento del mercurio en un tubo capilar, mide el goteo del mercurio, que también es función de la tensión superficial, lo que se conoce como estudio dinámico, mientras que el de Lippman es estático, y encuentra que en las curvas de la tensión superficial en función del voltaje aparecen dos máximos, no acertando a explicar este hecho. Kucera forma parte del tribunal de la tesis doctoral de Heyrovsky, que versaba sobre “Electroafinidad del aluminio”, y, en el debate posterior, comprueba los conocimientos que éste tenía de electroquímica por lo que le anima a que busque una explicación a esas curvas.^[17]

Heyrovsky^[18] comprueba que la adición de cationes fácilmente reducibles a la disolución produce fenómenos de inflexión en los voltajes próximos al voltaje de descomposición. Por otra parte, en lugar de medir el peso de las gotas de mercurio, decide medir la intensidad de la corriente entre el mercurio que gotea y el fondo de la vasija. Como fuente eléctrica utiliza un doble acumulador de plomo *A*, conectado a dos cajas de resistencias *R* que le permiten variar la tensión. La intensidad de corriente la mide con un galvanómetro de espejo tipo Kelvin *G* (Figura 5).

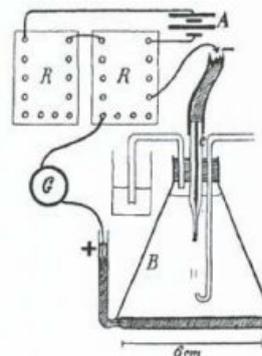


Figura 5. Dispositivo de Heyrovsky.

Las curvas obtenidas son características de las disoluciones sobre las que se hace la electrolisis cualitativa y cuantitativamente. La posición de la curva en la gráfica, que viene dada por el voltaje, indica la composición cualitativa. La altura de la curva, que es la intensidad de corriente, determina la composición cuantitativa, como se puede ver en la Figura 6.

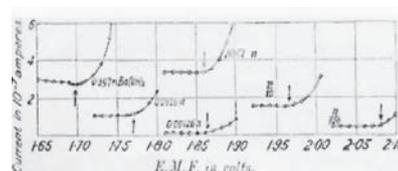


Figura 6. Curvas obtenidas por Heyrovsky.

De esta forma nace la polarografía. Le da este nombre porque las curvas las registra sobre un cilindro rotatorio recubierto con papel fotográfico al que llama polarógrafo. En 1935 este método mejora con la utilización del osciloscopio. A Heyrovsky le impresiona sobremedida el uso del oscilógrafo como herramienta para representar las curvas.

A partir de entonces, se convierte la polarografía en un importante método de análisis químico cualitativo y cuantitativo.

Heyrovsky define así la polarografía:

“la polarografía es la ciencia que estudia los procesos de electrodo que ocurren en torno al electrodo de gotas de mercurio” “No incluye únicamente el estudio de las corrientes de sobrevoltaje, sino otras relaciones como las curvas intensidad de corriente-tiempo, por cada gota, curvas potencial-tiempo, fenómenos de electrocapilaridad y los flujos de corrientes en electrolitos y, como herramientas además del polarógrafo, se usan el microscopio, el galvanómetro y el oscilógrafo de rayos catódicos”.

El electrodo de gotas de mercurio supone un avance porque con él se evitan los problemas de contaminación y de oxidación que tenía el electrómetro capilar de Lippmann y ha sido fundamental para todas las investigaciones relacionadas con la estructura de la “doble capa” y de todos los fenómenos que se producen junto a un electrodo.

“El Corazón oscilante de mercurio” en el aula

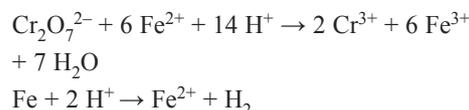
El experimento del corazón oscilante de mercurio aparece descrito en libros de texto de Física General de mediados del siglo XX como los de Palacios^[19] y Cálala Alemany^[20] con el título de “experimento para demostrar la variación de la tensión superficial del mercurio cuando aparece una capa eléctrica doble”. Indican que si en un vidrio de reloj se deposita una gota de mercurio y encima se vierte agua acidulada, la gota que inicialmente era esférica se aplana sensiblemente, como si la tensión superficial hubiera disminuido en presencia del electrolito. Lo que sucede es que el mercurio en contacto con el agua acidulada forma un electrodo en el que el mercurio se carga positivamente y la acción repulsiva de las cargas del mismo signo, oponiéndose a la tensión superficial, tienden a aumentar la superficie de la gota. Si introducimos un clavo de hierro hasta tocar el mercurio, se carga negativamente quedando una pila Hg/H₂SO₄/Fe. Cuando el hierro hace contacto con el mercurio se produce una corriente eléctrica y el hidrógeno desprendido polariza la superficie del mercurio con lo cual disminuye el campo eléctrico y aparentemente aumenta la tensión superficial. Si se añade un despolarizante, como el dicromato de potasio, reacciona con el hidrógeno y de nuevo aparece el campo eléctrico en la interfase, produciéndose una nueva dilatación de la gota y el fenómeno se repite indefinidamente. La gota experimenta una serie de movimientos “pulsatorios” que recuerdan los del corazón.

En la última mitad del siglo XX y comienzos del XXI este hecho aparece en varios libros de trabajo experimental y en distintas revistas como uno de los posibles experimentos para realizar en el aula. Uno de los primeros que describe este experimento es Campbell^[21] que se limita a describir el experimento y, en un posterior artículo,^[22] explica que cuando la carga eléctrica aumenta la tensión superficial aumenta y

el mercurio tiende a tomar la forma más esférica. Ambos, el mercurio y el hierro, tienden a ser oxidados y ceder electrones. El ión dicromato, como agente oxidante capta la carga eléctrica de la superficie del mercurio que se hace más plano con lo cual toca de nuevo al hierro, se vuelve a cargar y el proceso se repite.

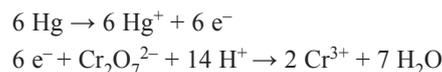
Keizer y col.^[23] hacen una investigación, subvencionada por la OTAN, sobre qué sucede realmente y cómo varían las diferentes magnitudes y qué reacciones químicas tienen lugar.

En este estudio se basa el artículo de Avnir.^[16] Según ellos, las reacciones que se producen en primer lugar, cuando el mercurio y el hierro están ligeramente separados, son:

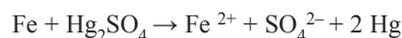


Estas reacciones no intervienen en el mecanismo de oscilación.

Por otra parte, se forma una pila cuyas semireacciones son:

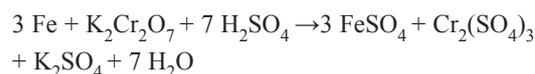


Pero el mercurio (I) se oxida a HgO que, por ser inestable en medio ácido, se convierte en una sal de mercurio (II). Al mismo tiempo, y de forma predominante, el sulfato de mercurio (I), por ser insoluble, precipita sobre la gota de mercurio produciendo una capa muy fina de sulfato de mercurio (I) con lo cual disminuye la tensión superficial, se aplana y entra en contacto con la aguja de hierro, pero el sulfato de mercurio (I) reacciona con el hierro, ya que el hierro es más activo que el mercurio:



La película desaparece, aumentando de nuevo la tensión superficial y se desconecta del hierro.

Lo que producen las oscilaciones es la reacción global:



En definitiva, la “fuerza” que mueve el mercurio son los 6 electrones que pasan del hierro al dicromato a través del mercurio, que se ilustra con el siguiente esquema (Figura 7) tomada de la referencia:[16]

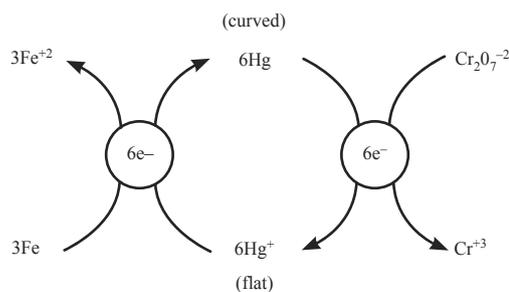


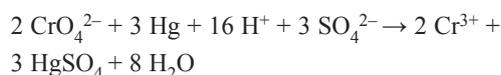
Figura 7. Esquema del paso de los electrones.

La receta que da Avnir, para hacerlo experimentalmente, es colocar, en un vidrio de reloj, una gota de mercurio de unos 2 cm de diámetro, cubrirla con ácido sulfúrico 6 M y añadir 1 mL de dicromato de potasio 0,1 M. Seguidamente, propone colocar una aguja de hierro o un alambre, de forma que toque la gota superficialmente en la zona de mayor diámetro, sujetarla firmemente en esa posición unida a un soporte, añadir gota a gota ácido sulfúrico 18 M sobre la gota hasta que comience a oscilar. Las oscilaciones pueden durar más de una hora.

Indica que en lugar de dicromato se pueden utilizar otros oxidantes como ácido nítrico o permanganato de potasio. De hecho, la primera vez que vimos este experimento lo hizo Talesnick^[24], en 1989, en un congreso de Enseñanza de la Química organizado por la IUPAC, en la Universidad de Waterloo (Canadá). Sobre el retroproyector, en una cápsula petri, cubrió la gota de mercurio con agua y añadió unas gotas de ácido nítrico y lo presentó como una forma de desarrollar la capacidad de observación y discusión con los alumnos. Preguntaba si aquello era un ser vivo o un ser inerte y aproximaba la aguja para que comprobaran que se movía como si notara el pinchazo. En su libro lo titula “ameba de mercurio”.

Posteriormente aparece en el libro Shakhshiri^[25] que hace el experimento con mercurio recubierto de ácido sulfúrico 6 M y añadiendo 1 mL de dicromato de potasio 0,2 M. La explicación es la variación de la tensión superficial del mercurio con la carga eléctrica; si la tensión disminuye la gota se aplana.

Supone que hay una reacción entre los iones cromato y el mercurio en medio ácido. El cromato oxida al mercurio formando una película de sulfato de mercurio (II) sobre la superficie del mercurio:

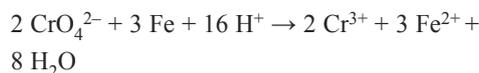


Como consecuencia se desplazan electrones desde el Hg a la disolución.

Cuando el hierro toca la superficie positiva del mercurio, pasan los electrones del hierro al mercurio, se reduce el sulfato de mercurio (II) a mercurio metal y, como el mercurio recupera los electrones, se contrae.



La suma de las dos reacciones da:



Es como si el Hg catalizara la reacción del hierro con el dicromato.

Summerlin^[26] describe el experimento y propone sustituir el mercurio por galio. Como oxidante utiliza agua oxigenada.

Najdoski^[27] hace una variante del experimento fundándose en los hechos históricos y estudiando las distintas formas que adopta de la gota de mercurio cuando se somete a una corriente eléctrica.

Nosotras realizamos este experimento sobre el retroproyector colocando el vidrio de reloj dentro de una cápsula petri, que sea de mayor diámetro, para tener la seguridad de

que si se inclina el vidrio no caiga nada sobre el retroproyector, tal como se puede ver en las Figuras 8 y 9. La gota de mercurio debe tener entre 1 y 2 cm de diámetro, se recubre de ácido sulfúrico, no excesivamente diluido, y se le añaden unas gotas de una disolución diluida de dicromato de potasio. Como objeto de hierro utilizamos un alfiler o un clavo (suele funcionar mejor si está inicialmente oxidado) y lo sujetamos directamente con la mano. Aproximamos la aguja al mercurio y si no comienza a oscilar es cuestión de cambiar de posición hasta que comience. A veces es necesario hacer más de un intento pero, en general, no suele haber problemas.

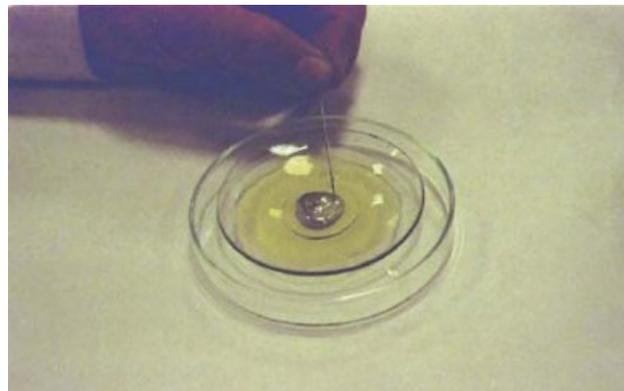


Figura 8. Pulsaciones del corazón.

Al oscilar, toma formas de lo más variadas como puede ser la de la Figura 8 que sí se parece a las pulsaciones del corazón, otras veces adopta figuras triangulares como la Figura 9 o bien otro tipo de figuras.

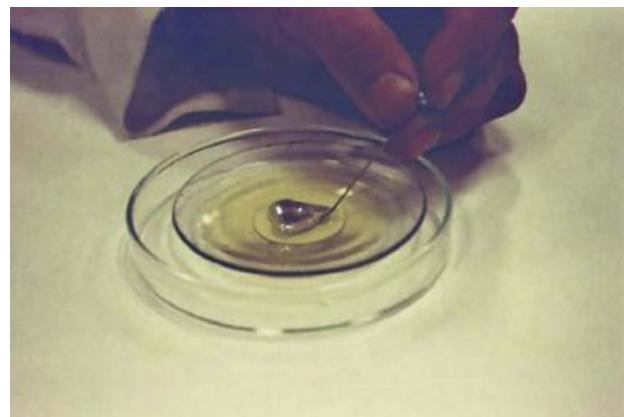


Figura 9. Formas triangulares

Dependiendo de los conocimientos de los estudiantes intentamos buscar las causas de estos movimientos. En niveles inferiores nos limitamos a explicarlas por la variación de la tensión superficial del mercurio debido a la acción de los electrones que se transmiten en las reacciones químicas. A niveles superiores discutimos todas las reacciones que han tenido lugar.

La sorpresa de los estudiantes al comprobar cómo oscila es enorme y se puede hacer referencia a la similitud con procesos biológicos.

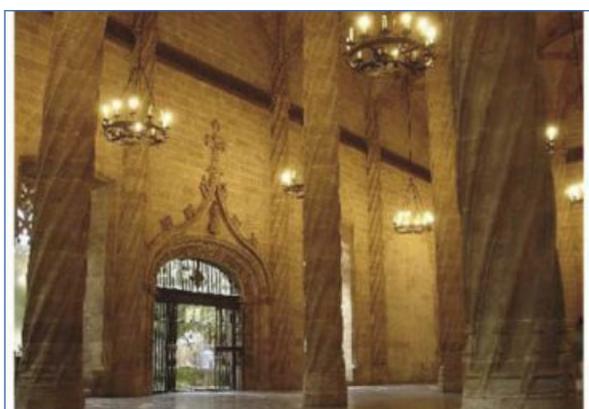
El mercurio se debe manipular con precaución debido a su toxicidad y con sumo cuidado de que no queden gotitas en ningún sitio. Si se cae alguna gotita difícil de recuperar se debe echar sobre ella polvo de cinc, que forma una amalgama no volátil.

Agradecimientos

Agradecemos a la Empresa Google por haber puesto en red la mayoría de las revistas científicas, lo que nos ha facilitado sobremanera el trabajo. Nos ha ayudado de forma especial la página <http://gallica.bnf.fr/> De esta forma nuestros desplazamientos a las bibliotecas han sido mínimos y solo para casos puntuales.

Bibliografía

- G. Lippman. *Annalen der Physik und Chemie*, **1873**, 149, 547–561.
- J. J. Berzelius, *Tratado de Química*, **1845**, Madrid, Imprenta y Librería Ignacio Boix y Morer, 94–95.
- Encyclopediae Metropolitana, **1845**, Vol. IV, London, 218.
- J. R. Partington, *A history of Chemistry*, **1964**, MacMillan, London.
- A. König, *Annalen der Physik und Chemie*, **1882**, 252, 1–38.
- W. Henry, *Journal of natural philosophy, chemistry and the arts*, **1800**, IV, 223–224 y 336.
- A. C. Gerboin, *Annales de Chimie*, **1802**, XLI, 196.
- M. Ermann, *Annalen der Physik*, **1809**, XXXII, 261–292.
- H. Davy *Elements of Chemical Philosophy*, London: Johnson and Co., **1812**, 96–97.
- J. F. W. Herschel. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. January 1*, **1824**, 114, 162–196.
- C. H. Pfaff, *Journal fur Chemie und Physik* **1826**, 48, 190–246.
- F. F. Runge *Annalen der Physik*, **1826**, 8, 106–113, **1829**, 16, 304–305, **1829**, 17, 473–479.
- C. A. Paalzow, *Annalen der Physik und Chemie* **1858**, 104, 413–421.
- G. Lippman, *Annales de Chimie et de Physique* **1875**, Serie 5, T.5, 494–549.
- M. y M. T. Martín, *J. Chem. Educ.* **1993**, 12, 1042.
- D. Avnir, *J. Chem Educ.*, **1989**, 66, 211–212.
- M^a. T. Martín, *Evolución Histórica de los Procesos de Electrodo y su repercusión en la Metodología de la Enseñanza*, **1990**, Tesis Doctoral, UNED, Madrid, sin publicar.
- J. Heyrovský, *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, **1923** Ser. 6, 45, 303–315.
- J. Palacios, *Física General*, Espasa Calpe, **1965**.
- J. Catalá de Alemany, *Física General*, Editorial Saber, Valencia, 4^a edic., **1966**, p. 599.
- A. Campbell, *J. Chem Educ.*, **1957**, 34, 105.
- A. Campbell, *J. Chem Educ.*, **1957**, 34, 362.
- J. Keizer, P. A. Rock, Lin, Shu-Wai, *J. Am. Chem. Soc.*, **1979**, 101, 5637–5649.
- I. Talesnick *Idea Bank Collation. A handbook for teachers*, **1984**, Queen's University, Kinston, Ontario, Cánada.
- B. Z. Shakhshiri, *Chemical Demonstrations*, The University of Wisconsin Press, Madison Wisconsin Vol.4 **1992**, 260–262.
- L. R. Summerlin and J. L. Ealy *Chemical Demonstrations: A Sourcebook for Teachers*, American Chemical Society, Washington, **1988**.
- M. Najdoski, V. Mirceski, V. M. Petrusvski, *J. Chem. Educ.*, **2007**, 84, 1292–1295.



XXXIII REUNIÓN BIENAL DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE QUÍMICA

24-28 de Julio de 2011
Valencia



Conferenciarios Plenarios: Prof. Dr. Eugenio Coronado (Universidad de Valencia), Prof. Dr. Antonio M. Echavarren (Instituto Catalán de Investigación Química), Prof. Dr. Gregory C. Fu (Instituto de Tecnología de Massachusetts), Prof. Dr. John F. Hartwig (Universidad de Illinois en Urbana-Champaign), Prof. Dr. Gary M. Hefje (Universidad de Indiana), Prof. Dr. Prashant V. Kamat (Universidad de Notre Dame), Prof. Dr. Ada Yonath (Instituto de Ciencia Weizman).

Microsimposios: Alimentos y Agroquímica, Catalisis, Didáctica e Historia, Estructura y Reactividad, Ingeniería Química, Materiales Moleculares y Nanociencia, Química Analítica, Química Biológica, Química Física, Química Inorgánica/Estado Sólido, Química Organometálica, Síntesis.

<http://www.bienalseq-2011.com>

e-mail: info@bienalseq-2011.com
Tel.: 672125955

