

A3 Los limones y otras pilas – La electricidad a partir de la energía química

Nota: En lo que sigue no se comentan las evaluaciones de los diferentes experimentos parciales, salvo en aquellos casos en que conste por experiencia que presentan dificultades especiales.

1 ¿Funciona bien la “pila de frutas y verduras”?

1.6 Preguntas

En su opinión: ¿la corriente realmente sale del limón o cuál es la verdadera causa?

Respuesta: Una respuesta razonable podría ser: eso solo lo puedo saber si hago la prueba con diferentes frutas y verduras. Si el efecto es el mismo en diferentes frutas y verduras, la causa se debe a los metales, ocultos en la fruta o la verdura en forma de electrodos y, además, quizás a una característica común de las frutas o las verduras.

2 La “pila de limones”: ¿Qué sirve para qué fin?

2.5 Evaluación

¡Verifiquen sus resultados!

Coloquen por orden los tres metales utilizados en el experimento en función de las tensiones medidas. Empiecen para ello con el clavo de cobre.

¿De qué depende básicamente que la tensión de una pila sea alta o baja según lo que han observado?

Nota: Depende de la combinación de los diferentes (!) metales empleados.

2.6 Preguntas

- a) Expliquen qué tiene que ver este experimento con la serie de tensión de los metales.

Respuesta: Cuanto mayor es la diferencia en la serie de tensión entre los dos metales de los electrodos, menos noble es el metal de un electrodo en comparación al otro electrodo, por tanto, la pila correspondiente funciona mejor.

- b) Reflexionen sobre qué podrían usar en vez de fruta o verdura para formar un circuito eléctrico.

Respuesta: En lugar de frutas o verduras se puede utilizar cualquier solución salina acuosa conductora de electricidad (“electrolito”). Como sal se puede utilizar sal de mesa normal, aunque también funciona cualquier otra sal soluble en agua. (A menudo se piensa que depende de la acidez. Pero el ácido también actúa aquí únicamente como electrolito. Esto lo explicaremos en los siguientes experimentos parciales).

- c) Digan qué tienen en común las frutas o las verduras. ¿Cómo se podría sustituir ese elemento común?

Respuesta: En la fruta y la verdura se encuentran sales de sodio, potasio, calcio y magnesio de los ácidos de la fruta. Esta solución salina (solución de iones) en la fruta o la verdura establece en forma de electrolito la conexión necesaria entre los clavos de metal (electrodos): de esa forma se cierra el circuito eléctrico interno. (Nota: sal no es igual a sal de mesa (NaCl)).

De modo que se podría prescindir de la fruta o la verdura y en su lugar introducir ambos clavos en cualquier tipo de solución salina acuosa.

3 La “pila de limones” sin limones

3.5 Evaluación

- a) ¿Pueden medir una tensión entre los clavos metálicos con agua de la llave?

Nota: Agua destilada con un valor pH de 7,00 no debería dar tensión entre los clavos. Pero el agua de grifo contiene por lo general iones de Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ y no tiene un pH neutro (en Alemania, p. ej., el valor pH se sitúa entre pH 6,5 y 7,5, dependiendo de la región). Por eso debería ser posible medir una ligera tensión.

- b) Describan lo que sucedió al sustituir el agua por salmuera o una solución de ácido cítrico. ¿Qué valores obtuvieron para la tensión?

Nota: Electrolitos como los ácidos y las soluciones salinas suministran una tensión claramente mensurable.

- c) Expliquen las consecuencias que tendría para la tensión si hubiera un consumidor en el circuito eléctrico.

Nota: Al conectar un consumidor, la tensión debería experimentar una fuerte caída. (Tal y como veremos en los siguientes experimentos parciales, esto se debe principalmente a la falta de iones de cobre disueltos).

3.6 Preguntas

- a) Muchas personas creen que se requiere ácido para poder generar electricidad con una célula electroquímica. ¡Expliquen por qué también funciona con una sal como la sal de mesa!

Respuesta: Con el correcto empleo de la sal de mesa, queda claro que se tiene que tratar de un medio acuoso, en el que tiene que haber iones disueltos. Con ello se pone de manifiesto la función imprescindible del electrolito, a saber, cerrar el circuito eléctrico interno a través de la conducción (de iones). Si bien es cierto que todo ácido contiene iones (H^+) disueltos en el agua, también existen otras soluciones acuosas que contienen iones como Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , etc.

- b) La solución mayormente acuosa en el interior de cada pila o acumulador se denomina electrolito. Expliquen lo que debe contener todo electrolito para que pueda funcionar.

Respuesta: Debe contener iones, para poder transportar carga eléctrica y, en definitiva, fluir electricidad.

4 Una pila que soporta mucha carga

4.6 Preguntas

- a) ¿Tienen una idea de cómo evitar la separación en el metal menos noble?

Respuesta: Se puede incorporar una placa separadora parcialmente permeable (“membrana de separación”) que no deje pasar los iones metálicos, pero que sea permeable a los aniones de la sal o del ácido (Cl^- , SO_4^{2-}). De esa forma se puede transportar la carga necesaria para establecer el circuito eléctrico interno, sin que se depositen iones metálicos en el contraelectrodo (p. ej., Cu en el electrodo de Zn). Esta deposición directa en el contraelectrodo equivale a un cortocircuito interno de la batería y hace que se descargue muy deprisa.

- b) En realidad, en una pila debería disolverse el metal menos noble, por lo que en el electrodo menos noble no tendría que producirse una separación. ¿Pueden imaginarse cómo se puede utilizar en la práctica la separación en el metal menos noble?

Respuesta: Con este efecto se puede recubrir un metal menos noble con una fina capa de un metal más noble. Para ello solo hay que sumergir el metal menos noble en una solución salina con iones del metal más noble (¡v. el siguiente experimento parcial!). Si se aplica una tensión externa a soluciones de sales metálicas, es posible recubrir también metales más nobles con metales menos nobles, p. ej., hierro con zinc. Esto último se conoce como recubrimiento galvanizado; sirve de protección contra la corrosión.

5 ¿Un revestimiento de cobre como por arte de magia?

5.5 Evaluación

- a) ¡Expliquen por qué se ha separado evidentemente cobre de la moneda!

Nota: v. el siguiente punto.

- b) ¡Expliquen el papel que juega el aluminio en este proceso!

Nota: Lo mejor es explicarlo dentro de su contexto: la moneda de un metal relativamente más noble (un euro, p. ej., consta de latón y níquel) descansa sobre un metal muy poco noble como es el aluminio. El aluminio se disuelve en forma de Al^{3+} cediendo electrones a la moneda. Iones de Cu^{2+} colisionan con la superficie de la moneda, capturando ahí los electrones y depositándose en forma de Cu^0 en la moneda.

5.6 Preguntas

- a) Expliquen el efecto que tiene el ácido cítrico en nuestro experimento.
(Una pista: ¿por qué la solución de sulfato de cobre sólo queda transparente después de añadir el ácido cítrico?)

Respuesta: El ácido cítrico forma con los iones de cobre un complejo de una solubilidad particularmente buena en agua (solución azul claro). El ácido cítrico contribuye así a que el cobre se deposite de manera particularmente rápida y uniforme en este experimento parcial.

- b) Si tienen conexión a internet investiguen qué importancia técnica tiene el recubrimiento con metales.

Respuesta: Los recubrimientos galvanizados se llevan a cabo con cobre, oro, níquel, cromo, zinc y estaño, entre otros. Su función puede ser decorativa o como mejora anti-corrosiva. Palabras clave para la búsqueda en Internet: “galvanizado”, “galvanotecnia”.

6 Una pila profesional de zinc y cobre

6.5 Evaluación

- a) ¡Expliquen qué función tiene el pañuelo de papel en este experimento!

Nota: El pañuelo de papel desempeña (de un modo imperfecto) la función del separador.

- b) ¡Expliquen por qué eso hace que la potencia de la pila sea por lo general mayor que en los experimentos parciales 1, 3 y 4!

Nota: Por medio de este separador se reduce la distancia entre los dos electrodos y se puede aprovechar toda su superficie. Esto hace que descienda la resistencia interna y que la pila pueda por tanto suministrar una mayor intensidad de corriente. A esto se añade, que debido a la carga se forman relativamente muchos iones de cobre, lo que también contribuye a que aumente la potencia de la pila.

6.6 Preguntas

- a) Si tienen conexión a internet, ¡busquen de qué se compone la membrana de separación en las pilas y los acumuladores modernos! Apliquen los resultados a los de la pila de limones en el experimento parcial 1.

Respuesta: Para diferentes tipos de pilas/acumuladores se utilizan diversas membranas. Palabra clave para la búsqueda en Internet: “membrana (batería)”. En la técnica se emplea, hoy en día, para ello generalmente una lámina sintética con un tamaño de poro definido, permeable a los iones adecuados para establecer el circuito eléctrico interno (p. ej., cloruro o sulfato), pero impermeable a los iones metálicos.

- b) Escriban las ecuaciones de las reacciones para los dos electrodos y para todo el proceso. Primero escriban una ecuación con palabras y luego intenten ponerla más concretamente en una fórmula.

Respuesta: En el ánodo, los átomos de zinc ceden dos electrones y migran a la solución en forma de iones de zinc. En el cátodo, los iones de cobre disueltos captan dos electrones y se depositan en forma de cobre, siendo así sustraídos de la solución. Para compensar la diferencia de carga eléctrica, iones de sulfato atraviesan la membrana. Las ecuaciones de las reacciones que intervienen son $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ en el cátodo y $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ en el ánodo.