

François Joseph Jérôme Nicklès:

1. Cristalografía, isomorfismo, amalgamación y permeabilidad

Jaime Wisniak

Resumen: François Joseph Jérôme Nicklès (1820-1869), químico y farmacéutico francés que realizó una extensa investigación en las áreas de cristalografía, isomorfismo, polimorfismo, electromagnetismo, fisiología, fermentación, teoría del olor y del sabor, flúor y sus derivados, etc. Sus resultados confirmaron que el bismuto pertenece al grupo del nitrógeno, que el ácido propiónico se forma durante la fermentación del ácido tartárico y que el flúor está presente en la mayor parte del organismo. Su trabajo con el flúor y sus derivados causaron su muerte a una temprana edad.

Palabras clave: amalgamación, cristalografía, fermentación, isomorfismo, permeabilidad.

Abstract: François Joseph Jérôme Nicklès (1820-1869), a French chemist and pharmacist, carried on extensive research in the areas of crystallography, isomorphism, polymorphism, electromagnetism, physiology, fermentation, the theory of odor and smell, fluorine and its derivatives, etc. His results confirmed bismuth belongs to the nitrogen group, the formation of propionic acid during the fermentation of tartaric acid, and fluorine is present in most parts of the organism. His work on fluorine and derivatives led to his death at an early age.

Keywords: amalgamation, crystallography, fermentation, isomorphism, permeability.

VIDA Y OBRA [1-4]

François Joseph Jérôme Nicklès (Figura 1) nació en Erstein (Alsacia-Lorena), Francia, el 30 de octubre de 1820, siendo el décimo hijo de una familia de granjeros y como tal recibió una educación incompleta.^[1-4] En 1840, bajo la tutela de su hermano mayor, Napoleón Nicklès, comenzó de aprendiz en la farmacia de Trautmann en Woerth sur Sauer (Alsacia), al mismo tiempo que estudiaba en la École de Pharmacie de Estrasburgo. En 1844 obtuvo el bachillerato en letras y unos meses después su bachillerato en ciencias físicas y el diploma de farmacéutico de primera clase, después de defender su tesis sobre la fermentación del ácido tartárico.^[5]

Con el fin de mejorar sus conocimientos de química permaneció durante un año (1844-1845) en el laboratorio de Justus von Liebig (1803-1883) en Giessen y luego en el laboratorio de Jean-Baptiste André Dumas (1800-1884) en la Sorbona en París. En 1846 fue nombrado preparador jefe de la Escuela de Farmacia de Estrasburgo. En 1852 obtuvo la licenciatura en ciencias físicas y en 1853 el doctorado en la misma disciplina. Ambos títulos le fueron otorgados por la Facultad de Ciencias de París después de defender con éxito dos tesis, una acerca de electroimanes circulares^[6] (Figura 2) y la otra sobre el

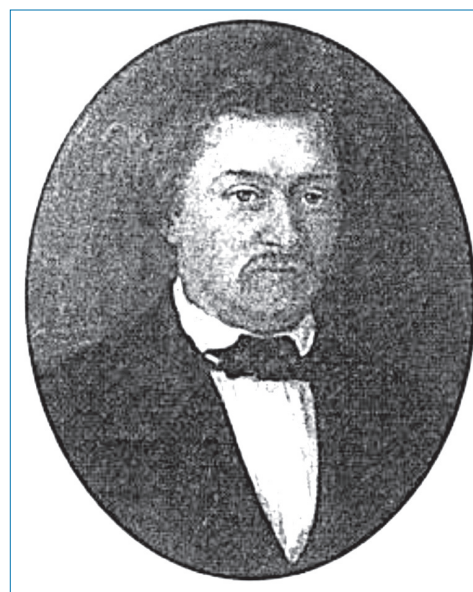


Figura 1. François Joseph Jérôme Nicklès (1821-1869)^[4]

polimorfismo.^[7] En 1854, a la temprana edad de 34 años, fue elegido profesor de química en la Facultad de Ciencias de Nancy, una posición que ocupó hasta su muerte. En 1869 fue ascendido a profesor de primera clase y al mismo tiempo se hizo cargo de la dirección del laboratorio de investigación perteneciente a la Escuela de Estudios Superiores de París.^[1-4]

En 1856, Nicklès se casó con Emma Brandon y tuvieron un único hijo, Toussaint Joseph René (1859-1917), que fue el fundador de la Escuela de Geología en Nancy. Nicklès falleció en Nancy el 3 de abril de 1869; su temprana muerte ha sido atribuida a una exposición excesiva a los vapores de fósforo y de ácido fluorhídrico (HF) durante sus trabajos sobre el flúor.^[1-4]



Department of Chemical Engineering,
Ben-Gurion University of the Negev,
Beer-Sheva, Israel 84105.
C-e: wisniak@exchange.bgu.ac.il

J. Wisniak

Recibido: 02/03/2015. Aceptado: 01/06/2015.

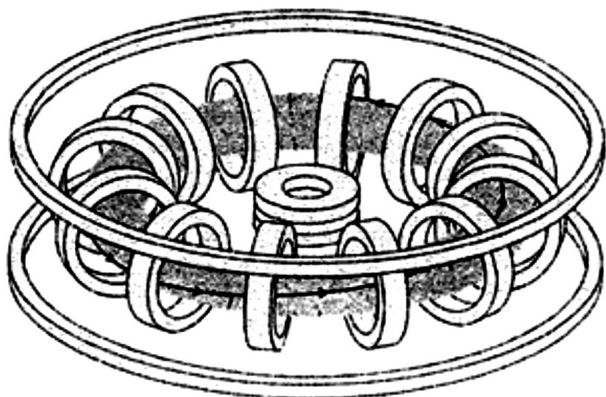


Figura 2. Electroimán circular. Fuente: <http://bit.ly1GOGEA9>

Nicklès fue elegido miembro de la Academia de Stanislas (1855) y de la Academia de Ciencias de Estrasburgo. También fue corresponsal del Ministerio de Educación Pública y caballero de la Legión de Honor (1867).

CONTRIBUCIÓN CIENTÍFICA

Nicklès publicó alrededor de 120 artículos y libros^[5-18] en las áreas de química, química física, metalurgia, física y fisiología. En 1854 publicó una lista con la descripción de sus actividades en investigación.^[18] Aparte de las contribuciones descritas a continuación, Nicklès realizó investigaciones en las áreas de cristalografía,^[19-23] metalurgia,^[24] análisis del agua,^[25,26] llamas,^[9] vino,^[27,28] talio,^[15] materias grasas,^[29] etc.

Fermentación del ácido tartárico

Nicklès escribió que durante la preparación de ácido tartárico ($C_4H_6O_6$) a partir del tártaro crudo, especialmente durante los meses cálidos del verano, se observaba un proceso de fermentación causado por las impurezas presentes que daba como resultado la formación de un ácido que se suponía era ácido acético.^[5] Este proceso había sido notificado por primera vez por Carl Nöllner (1808-1877), quien neutralizó el producto con dióxido de plomo y observó la liberación de dióxido de carbono (CO_2), junto con la formación de bellos cristales con forma de octaedros, que resultaron ser la sal de un ácido nuevo, diferente del ácido acético, al que denominó *ácido pseudo-acético*. Una repetición del experimento usando solo tártaro crudo y sin añadir hidróxido de calcio, produjo solo ácido acético ($C_2H_4O_2$).^[30] Jöns Jacob Berzelius (1779-1848) supuso que el ácido pseudo-acético de Nöllner's era en realidad una mezcla de ácido acético con ácido butírico ($C_4H_8O_2$).^[31] No obstante, Nicklès comentó que las sales de plomo y de sodio que cristalizaban como octaedros, junto con una sal de magnesio mamelonada que Nöllner había obtenido a partir del ácido, ninguna de ellas estaba presente en las sales correspondientes de los ácidos acético y butírico.

Esta inconsistencia llevó a Nicklès a elegir este problema como tema de su tesis para obtener el título de farmacéutico.^[5] Tuvo la suerte de obtener de Nöllner una muestra del ácido que este había preparado, que usó para confirmar algunos de los resultados de Nöllner. En sus experimentos Nicklès saturó 4 kg de tártaro crudo con hidróxido de calcio, filtró el licor, lo hirvió con yeso y repitió el proceso una vez más. A continuación, mezcló el producto de las dos operaciones y lo expuso "al agradable calor del verano a una temperatura entre 35 y 40°C, y en varias ocasiones a 44°C". La liberación de CO_2 fue muy lenta y tardó seis semanas en obtener una substancia que Nicklès estudió con detalle. Un resultado importante fue que la transformación del ácido tartárico por fermentación parecía producirse de una de estas tres maneras: (1) cuando el ácido estaba libre o se encontraba combinado con potasio (crema de tártaro o ditartato de potasio) se convertía en ácido acético y CO_2 ; (2) cuando el potasio era reemplazado por el calcio, se producía CO_2 , ácido acético y ácido butírico (ácido pseudo-acético); y (3) en otras situaciones, todavía no claras, el ácido tartárico se convertía en CO_2 , ácido acético y un nuevo ácido que Nicklès llamó ácido *butiro-acético* porque contenía los elementos de ambos ácidos que se sabía se formaban durante la descomposición.^[5,32]

Nicklès dio a conocer una gran cantidad de nuevos hechos respecto al comportamiento de las mezclas de los ácidos acético y butírico. Por ejemplo, el ácido butírico no precipitaba al acetato de plomo mezclado con una pequeña cantidad de ácido acético. Si primero se neutralizaba una mezcla de los ácidos butírico y acético con dióxido de plomo y luego se agregaba un exceso de amoníaco, se notaba la formación de pequeños cristales rosados de butirato, intercalados con una pequeña cantidad de cristales de acetato, que eran solubles en agua y absorbían rápidamente CO_2 del aire. Una mezcla de acetato y butirato de bario era capaz de disolver una gran cantidad de dicloruro de plomo sin formar ningún compuesto definido.^[5,32]

Según Nicklès, la naturaleza de las propiedades del ácido butiro-acético no justificaban considerarlo como una mezcla de los ácidos butírico y acético: (a) se obtenía por descomposición de una sal de plomo que había estado expuesta al aire durante más de dos años, (b) su olor era parecido al de una mezcla de los dos ácidos, pero menos acre, (c) era soluble en agua, alcohol y éter, (d) se le podía obtener puro por descomposición de su sal sódica con ácido fosfórico, (e) hervía alrededor de 140°C, y (f) calentado con ácido sulfúrico se modificaba ligeramente con desprendimiento de SO_2 .^[5,32]

La extracción del ácido crudo con éter producía un líquido que con barita ($PbSO_4$) generaba un compuesto prismático muy soluble en agua, particularmente caliente, y ligeramente soluble en alcohol absoluto. No se alteraba en contacto con aire pero olía como mantequilla rancia. Expuesto a una corriente de aire seco a 100°C perdía un 3,25% de agua; se fundía a 200°C y perdía otro 2,80% de agua. La sal resultante tenía una composición elemental correspondiente a la fórmula $[C_3(H_5Ba)O_2]$. Nicklès dio a conocer la preparación de varias sales del ácido, entre ellas las de potasio y sodio, cinc, calcio, plata, y cobre, y asimismo el producto de la reacción con

alcohol y ácido sulfúrico (este último olía a fruta). Nicklès recalcó que su ácido era isómero con el ácido *metacetónico* obtenido por Johann Gottlieb (1815-1875) a partir de KOH y azúcar.^[5,32-36] Hoy en día sabemos que los ácidos pseudo-acético, butiro-acético y metacetónico son en realidad ácido propiónico ($C_3H_6O_2$). En dos trabajos posteriores Nicklès describió de forma más detallada la preparación, propiedades y características cristalográficas del ácido, su hidrato y sus sales.^[34-36]

Isomorfismo

Nicklès estudió ampliamente los derivados halogenados del bismuto, arsénico y antimonio y eventualmente demostró que los derivados de los tres elementos eran isomorfos y los tres elementos debían ser clasificados juntos con el nitrógeno (Figura 3).^[14,37-44]

En su primera publicación,^[38] Nicklès comentó que las propiedades de los bromuros y yoduros de bismuto eran muy poco conocidas debido a la dificultad de su preparación.

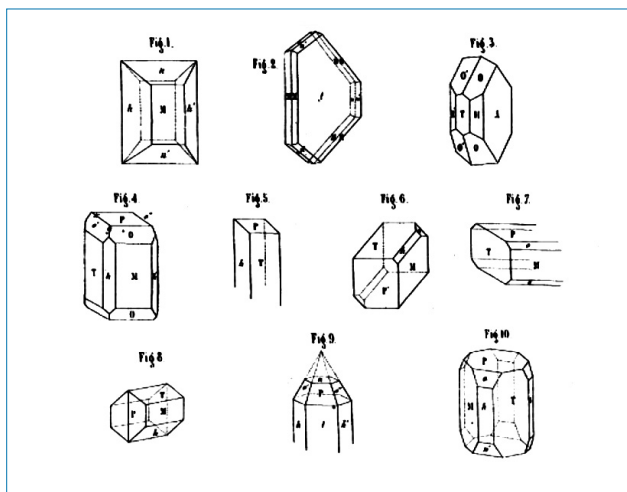


Figura 3. Página del libro de Nicklès sobre isomorfismo.¹⁴ Fuente: gallica.bnf.fr

Los tres elementos se combinaban de forma muy enérgica con el bromo inflamándose y detonando. Nicklès desarrolló un método muy sencillo para sintetizar estos compuestos basado en la reacción del elemento con el bromo o el yodo en presencia de un disolvente que actuaba simultáneamente como disolvente del elemento y del derivado halogenado. De esta forma preparó el bromuro de bismuto(III) añadiendo el elemento pulverizado a una mezcla de volúmenes iguales de éter y bromo, y los bromuros de arsénico(III) o antimonio(III) agregando el elemento pulverizado a una disolución de bromo en disulfuro de carbono (CS_2). Los yoduros de arsénico(III) y antimonio(III) eran muy solubles en CS_2 y cristalizaban a partir de sus disoluciones. Los bromuros de los tres elementos eran muy inestables en presencia de agua y por esta razón si el disolvente contenía un poco de agua el producto era un oxibromuro que precipitaba como un polvo blanco. Esta reacción era muy sensible y como tal

podía ser usada para detectar pequeñas cantidades de agua en ambos disolventes. Los bromuros de bismuto ($BiBr_3$), arsénico ($AsBr_3$), y antimonio ($SbBr_3$) se fundían a una temperatura ligeramente alta y eran muy delicuescentes. El bromuro de bismuto(III) ($BiBr_3$) bajo vacío cristalizaba en forma de prismas delgados parecidos a los del bromuro de arsénico(III) ($AsBr_3$). El bromuro de antimonio(III) ($SbBr_3$) cristalizaba en forma de octaedros romboédricos, modificados a veces por caras terminales. Los yoduros de arsénico(III) y antimonio(III) eran muy solubles en CS_2 y cristalizables a partir de la solución, muy estables en contacto con el aire, e isomorfos, cristalizando como finas láminas rojas, pertenecientes al sistema romboédrico. Nicklès describió de forma detallada la geometría de estos cristales y comentó que no se conocía ninguna sal doble formada por estos yoduros y bromuros, probablemente porque se descomponían en contacto con una disolución saturada con un bromuro o yoduro alcalino. Sin embargo, había sido capaz de preparar tales sales dobles calentando durante un corto período de tiempo una disolución almidarada de los bromuros de bismuto(III) y amonio, seguido de un posterior enfriamiento. La sal doble se depositaba en forma de finas láminas amarillas.^[38]

En un siguiente informe,^[39] Nicklès destacó que había encontrado que el ioduro de bismuto(III) (BiI_3) obtenido directamente en estado cristalino tenía la misma forma cristalina que los yoduros de antimonio(III) y arsénico(III). Por ejemplo, con los yoduros alcalinos formaba sales dobles rojas que cristalizaban de la misma forma que el yoduro de antimonio(III); los correspondientes cristales derivaban de un prisma rómbico, igual que el bromuro doble de amonio ($BiBr_3 \cdot NH_4Br \cdot 12H_2O$). Los yoduros de bismuto(III), antimonio(III) y arsénico(III) tenían una composición, propiedades y funciones parecidas y la misma forma cristalina, en otras palabras, todos los caracteres de cuerpos isomorfos verdaderos. Para Nicklès todos estos hechos eran razones adicionales para ubicar al bismuto en el grupo del nitrógeno, con lo que se encontraba conectado con antimonio, arsénico y fósforo que formaban los pasos intermedios. El bismuto era un semimetal como el telurio; y junto con el antimonio, arsénico y wolframio establecía la transición entre los metaloides y los metales. Además, al igual que los otros elementos, el bismuto no era ni dúctil ni maleable.^[39]

Nicklès logró preparar BiI_3 pasando una corriente de vapor de yodo sobre una mezcla caliente de arena y bismuto en polvo. Los cristales resultantes tenían un hermoso color negro muy brillante, eran solubles descomponiéndose en HCl y álcalis cáusticos. No eran afectados por el agua, CS_2 , éter, alcohol, y alcohol amílico, pero el BiI_3 sí se disolvía en estos disolventes si contenían bromuro de arsénico(III). El yoduro de bismuto(III), a diferencia de los yoduros de arsénico(III) y antimonio(III) se descomponía sin fundir al ser calentado en un tubo abierto, produciendo yodo y un oxyoduro de color rojo anaranjado.^[39]

En una tercera memoria, Nicklès confirmó sus resultados de que los yoduros de bismuto(III) y antimonio(III) eran capaces de formar yoduros dobles con la misma forma y composición, y de cristalizar manteniendo su forma cristalina y el estado de hidratación correspondiente al

yoduro.^[40] Hay que tener en cuenta que en la época de Nicklès, los nombres, fórmulas y composición elemental de los compuestos químicos no sólo eran diferentes de los empleados hoy en día, sino que tampoco existía un acuerdo general sobre la masa atómica de los elementos. Por ejemplo, no se sabía que el hidrógeno era diatómico (la fórmula del agua se escribía OH), y se pensaba que la masa atómica del carbono era alrededor de 7,5.

También comentó que había preparado un gran número de derivados que podían ser clasificados en dos grupos. Al primer grupo pertenecían los compuestos con estructura general $(MI_3 + mI + 4H_2O)$, y $(MI_3 + mI + 2H_2O)$, donde $M = Sb$ o Bi y $m = K, Na, o NH_4$. Estos compuestos se podían preparar tratando el elemento con yodo o bromo en presencia de un exceso de disolución saturada con un yoduro alcalino. Así por ejemplo, el antimonio mezclado con cloruro de amonio, yodo y agua formaba después de unos cuantos días cristales rojos, aparentemente rómbicos, pero derivados de un prima recto de 97° , y que tenían la composición $(SbI_3 + NH_4I + 4H_2O)$. Nicklès también consiguió preparar un yoduro isométrico de composición $[(BiSbI_3) + NH_4I + 4H_2O]$. Igualmente, informó de la preparación y propiedades de los derivados pertenecientes al segundo grupo, por ejemplo, $[BiI_3 + NH_4I + 2H_2O]$, $[(BiI)_3Bi + NH_4I + 2H_2O]$, y $[(BiSb)I_3 + NaI + 2H_2O]$. Todas estas sales dobles se descomponían en presencia de agua o de una solución acuosa no saturada de haluros; las disoluciones de estas sales se enturbiaban en presencia de alcohol. Las sales dobles perdían su agua de hidratación en presencia de ácido sulfúrico o al ser calentadas a $100^\circ C$. Eran muy fáciles de analizar hirviéndolas primero con bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$) puro, destruyendo el exceso de bicarbonato con nitrato de calcio, y luego tratando el filtrado con nitrato de plata.^[40]

En otras dos publicaciones, Nicklès informó que los bromuros de bismuto(III), antimonio(III) y arsénico(III) formaban compuestos definidos con éter.^[42,43] De acuerdo con sus resultados los bromuros de antimonio(III) y arsénico(III) se disolvían en éter formando dos fase líquidas; la más pesada y viscosa contenía un complejo del bromuro con el éter. Este sencillo procedimiento no funcionaba con $BiBr_3$. Para obtener el complejo era necesario calentar a $100^\circ C$ en un tubo cerrado la mezcla de éter y bromuro pulverizado. Todos estos compuestos eran insolubles o parcialmente solubles en éter y CS_2 , y solubles en alcohol. Se descomponían en contacto con agua formando alcohol y el oxibromuro. También descomponían a los carbonatos produciendo efervescencia; eran precipitados por sulfuro de hidrógeno (H_2S) seco o disuelto en alcohol, y absorbían amoníaco gaseoso. Calentando el complejo de bromo-antimonio éter se producía una descomposición parcial porque el $SbBr_3$ era más volátil que el bromuro de bismuto.^[42,43]

Nicklès también dio a conocer la preparación de los complejos en éter con los bromuros de una serie de metales adicionales, como aluminio, estaño, cinc, cadmio, hierro, mercurio, plomo, etc.^[42,43]

Nicklès publicó una extensa memoria (75 páginas) describiendo con gran detalle los resultados de todos los

experimentos que había llevado a cabo para demostrar que las relaciones isomorfas entre el bismuto, antimonio y arsénico que justificaban la clasificación del bismuto dentro del grupo del nitrógeno.^[41] Enfatizó en particular el análisis elemental y las características cristalinas de las sales sencillas y dobles (incluyendo una representación gráfica). Esta vez clasificó las sales dobles en tres grupos, de acuerdo con su composición: (1) $MX_3 + 2mX + 5H_2O$, (2) $MX_3 + 2mX + 4H_2O$, y (3) $MX_3 + 2mX + 2H_2O$.^[41] Nicklès comentó que en 1793 Antoine-François Fourcroy (1750-1809) había expresado una opinión parecida^[44] y había usado el hecho de que el antimonio era capaz de producir compuestos gaseosos con el hidrógeno para clasificarlo dentro del grupo del nitrógeno. El que en esos momentos no se conociera ninguna combinación del bismuto con hidrógeno no negaba la posibilidad de su existencia. Este hidruro no sería gaseoso a temperatura ambiente debido al alto valor del equivalente del bismuto. Nicklès volvió a repetir que él ya había demostrado que el bismuto y el antimonio formaban compuestos que tenían la misma composición, funciones y forma cristalina, y que los dos elementos se autoreemplazaban sin cambios sensibles en la forma, constitución y composición general del producto resultante.^[41]

Mercurio

Permeabilidad de los metales al mercurio

Nicklès comentó que varios químicos habían descrito algunos resultados interesantes acerca de la acción del mercurio sobre los metales. Uno particularmente interesante tenía lugar cuando se sumergía en mercurio el extremo corto de un tubo de plomo o estaño doblado en forma de sifón. En esta situación el mercurio fluía dentro del tubo, se movía dentro de él como si fuera un tubo capilar y después goteaba del extremo largo de la misma forma que lo hacía a través de un capilar.^[45] Nicklès comentó que Eben Norton Horsford (1818-1893) (Figura 4) había medido el tiempo requerido por el mercurio para fluir a través de un tubo de determinada longitud, construido con diferentes materiales como estaño, cinc, cadmio, plomo, plata, oro, platino, paladio, hierro, cobre y latón o bronce.^[46] Los resultados indicaron que el cinc y el cadmio se disolvían demasiado rápido para poder observar el fenómeno de permeabilidad, que el estaño, plomo, plata y oro eran permeables; mientras que el hierro, platino, paladio, cobre y bronce o latón eran impermeables a temperatura y presión atmosféricas.^[45]

Nicklès creía que el resultado negativo para el cobre y el bronce o latón eran consecuencia del método empleado por Horsford ya que él había obtenido exactamente el resultado opuesto. Los experimentos de Nicklès sobre la amalgamación del cinc, hierro, níquel, cadmio, estaño, cobre, plomo, antimonio, plata, oro y platino lo llevaron a concluir que *los metales que eran mojados por el mercurio eran penetrables por él*, y comunicaban esta propiedad a las aleaciones que contenían un cierto porcentaje del metal



Figura 4. Eben Norton Horsford (1818-1893). Fuente: <http://bit.ly/1dN3mdy>

permeable. En sus experimentos, Nicklès trazó con un estilete una ranura en la placa ensayada y puso un poco de mercurio en la ranura. Para acelerar la amalgamación puso primero una gota de cloruro de mercurio(II) acidulado con HCl. De esta manera la superficie del metal se amalgamaba instantáneamente y podía retener la cantidad necesaria de mercurio para producir el efecto deseado.^[45]

Los resultados de Nicklès indicaron que el cinc, cadmio, estaño, plomo, plata, oro y platino se amalgamaban y se volvían frágiles. Los resultados para el hierro, níquel, antimonio y platino fueron negativos, lo cual no era sorprendente ya que ninguno de ellos se amalgamaba. Se sabía que el antimonio se amalgamaba, pero si se trituraba la amalgama en contacto con aire o agua, perdía el antimonio en forma de un polvo negro. Nicklès especuló que las propiedades de la amalgama dependían del porcentaje de material permeable que contenía. Así encontró que una lámina de latón o bronce de 5 mm de espesor se quebraba después de estar 10 minutos en contacto con mercurio, mientras que otra de 0,5 mm de espesor lo hacía inmediatamente. Se obtuvieron los mismos resultados con tiras de latón o bronce de distintos espesores.^[45]

Amalgamación

Según Nicklès el mercurio actuaba sobre los metales de forma menos enérgica que lo hacía sobre el sodio, un resultado que era fácil de demostrar a cualquier audiencia: para esto era suficiente pegar dos hojas de oro, una al

lado de otra, sobre un cuadrado de vidrio suficientemente grande. Si ahora se depositaba una gota de mercurio sobre una de las hojas, la gota se adhería a ella y se aplanaba sin un cambio perceptible en su cobertura. Si se repetía el experimento con una gota de amalgama de sodio, la gota se extendía rápidamente cubriendo y blanqueando todo a su alrededor. En unos pocos segundos el mercurio alcanzaba una superficie que excedía varios cientos de veces la sección de la gota original. A veces, se observaba que el mercurio originaba una brecha absorbiendo y amalgamando el oro que se ponía en contacto con él; otras veces ocurría lo contrario, el oro permanecía en su lugar mientras se amalgamaba y el cuadrado aparecía plateado en los puntos en los cuales se había producido la amalgamación estacionaria.^[47]

Un resultado sorprendente era que la acción de la amalgama de sodio podía tener lugar en contra de la gravedad: se producía aun cuando la hoja de oro no estuviera en una posición horizontal. Si la hoja se colocaba de forma vertical se veía al mercurio ascender a lo largo de la superficie metálica. Nicklès mencionó que la amalgama de talio se comportaba de la misma forma. Las hojas de plata o de cobre no se comportaban como las de oro porque no eran suficientemente delgadas o porque el mercurio las penetraba más lentamente que a las de oro. El hecho que el hierro y el platino no fueran mojados por el mercurio no significaba que no pudieran ser amalgamados. Para esto bastaba con usar una celda en la que estos metales formaban el polo positivo. La amalgama de sodio atacaba rápidamente las hojas de platino o hierro pegadas al vidrio, perforándolas en el punto de contacto.^[47]

A MODO DE CONCLUSIÓN

Después de habernos aproximado a la biografía y al trabajo que Nicklès realizó en cristalografía, isomorfismo, amalgamación y permeabilidad, queda pendiente estudiar sus aportaciones en la teoría de los olores, el fuego líquido, el flúor y el electromagnetismo para tener una visión global de las aportaciones científicas de este genial científico. Todo ello se detallará en un próximo artículo de esta misma revista.

AGRADECIMIENTOS

Al doctor Sergio Menargues por su ayuda en la edición de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. Larousse, *Grand Dictionnaire Universel du XIX^e Siècle*, Administration du Grand Dictionnaire Universel, París, 1874; 11, 984-985.
- [2] E.-O. Lami, *Dictionnaire Encyclopédique et Biographique de l'Industrie et des Arts Industriels*, Librairie des Dictionnaires, París, 1886; 6, 804-805.

- [3] E. Sitzmann, *Dictionnaire de Biographie des Hommes Célèbres de l'Alsace*, Sutter, Rixheim, 2, 369-370, **1909**.
- [4] G. Martin de Vivar, *Le Pays Lorrain* **2002**, 83(3), 203-204.
- [5] J. Nicklès, *De la Fermentation de l'Acide Tartrique et de ses Produits*, Thèse de chimie maîtrise de chimie, présentée à l'École Spéciale de Pharmacie de Strasbourg, pour obtenir le grade de maître en pharmacie, Silbermann, Strasbourg, **1846**.
- [6] J. Nicklès, *Les Electro-Aimants Circulaires* (Thèses de Physique présentée à la Faculté des Sciences de Paris, pour obtenir le grade de docteur ès sciences physiques), Bouchard-Huzard, Paris, **1853**.
- [7] J. Nicklès, *Recherches sur le Polymorphisme* (Thèse de chimie présentée à la Faculté des Sciences de Paris), Bouchard-Huzard, Paris, **1853**.
- [8] J. Muller, J. Nicklès, *Eléments de Cristallographie*, Lib. Scient. Industr., **1847**.
- [9] J. Nicklès, *Appareil pour Servir à la Démonstration de la Théorie de la Flamme*, Raybois, Nancy, **1857**.
- [10] J. Nicklès, *Les Electro-Aimants et l'Adhérence Magnétique*, Lacroix, Paris, **1860**.
- [11] J. Nicklès, *Sur la Théorie Physique des Odeurs et des Saveurs*, Raybois, Nancy, **1862**.
- [12] J. Nicklès, *Recherche du Fluor - Action des Acides sur le Verre*, Raybois, Nancy, **1862**.
- [13] J. Nicklès, *Sur une Nouvelle Classe de Combinaisons Chimiques*, Raybois, Nancy, **1862**.
- [14] J. Nicklès, *Sur les Relations d'Isomorphisme qui Existent entre les Métaux du Groupe de l'Azote*, Raybois, Nancy, **1862**.
- [15] J. Nicklès, *Recherches sur le Thallium*, Raybois, Nancy, **1865**.
- [16] J. Nicklès, *Recherches de Physique et de Chimie*, Raybois, Nancy, **1867**.
- [17] J. Nicklès, *Emploi des Résidus - Les Usages Industriels du Chlorure de Calcium*, Renou et Maulde Paris, **1867**.
- [18] J. Nicklès, *Notice sur les Travaux Scientifiques de M. F.-J. Nicklès*, Mallet-Bachelier, Paris, **1854**.
- [19] J. Nicklès, *Rev. Scient.*, **1847**, 15, 203-211.
- [20] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1848**, 27, 270-271.
- [21] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1848**, 28, 611-612.
- [22] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1851**, 32, 682-683.
- [23] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1848**, 27, 244.
- [24] J. Nicklès, *Mém. Acad. Stanislas*, **1862**, 199-205.
- [25] J. Nicklès, *Mém. Acad. Stanislas*, **1857**, 132.
- [26] J. Nicklès, *J. Pharm.* [3], **1863**, 44, 192-194.
- [27] J. Nicklès, *Ann. Génie Civil*, **1862**, 1, 416-417.
- [28] J. Nicklès, *Mém. Acad. Stanislas*, **1862**, 400-404.
- [29] J. Nicklès, *J. Pharm.* [4], **1866**, 3, 332-336.
- [30] C. Nöllner, *Liebig Ann.* **1841**, 38, 299-307.
- [31] J. J. Berzelius, *Jahresbericht Über die Fortschritte der Physischen Wissenschaften*, **1848**, 132.
- [32] J. Nicklès, *J. Pharm.* [3], **1846**, 10, 372-377.
- [33] J. Gottlieb, *Liebig Annal.*, **1844**, 52, 121-130.
- [34] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1846**, 23, 419.
- [35] J. Nicklès, *Rev. Scient.*, **1846**, 11, 301-313.
- [36] J. Nicklès, *J. Pharm.* [3], **1858**, 33, 351-353.
- [37] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1855**, 40, 980-983; publicado como folleto por Raybois, Nancy, **1855**.
- [38] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1859**, 48, 837-840.
- [39] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1860**, 50, 872-874.
- [40] J. Nicklès, *Compt. Rendus*, **1860**, 51, 1097.
- [41] J. Nicklès, *Mém. Acad. Stanislas*, **1861**, 126-200.
- [42] J. Nicklès, *J. Pharm.* [3], **1861**, 39, 249-252, 423-426; *Compt. Rendus*, **1861**, 52, 396-398.
- [43] J. Nicklès, *Ann. Chim. Phys.* [2], **1861**, 62, 230-235.
- [44] A. F. Fourcroy, *Éléments d'Histoire Naturelle et de Chimie*, 5th edition, vol. II, page 414, Cuchet, Paris, **1793**.
- [45] J. Nicklès, *J. Pharm.* [3], **1853**, 23, 50-53.
- [46] E. N. Horsford, *Am. J. Sci.*, **1852**, 13, 305-318.
- [47] J. Nicklès, *J. Pharm.* [3], **1866**, 4, 330-332.