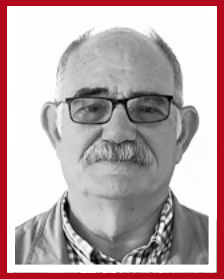
Cuarzo Piezoeléctrico, prototipo de Pierre Curie



Javier García Guinea

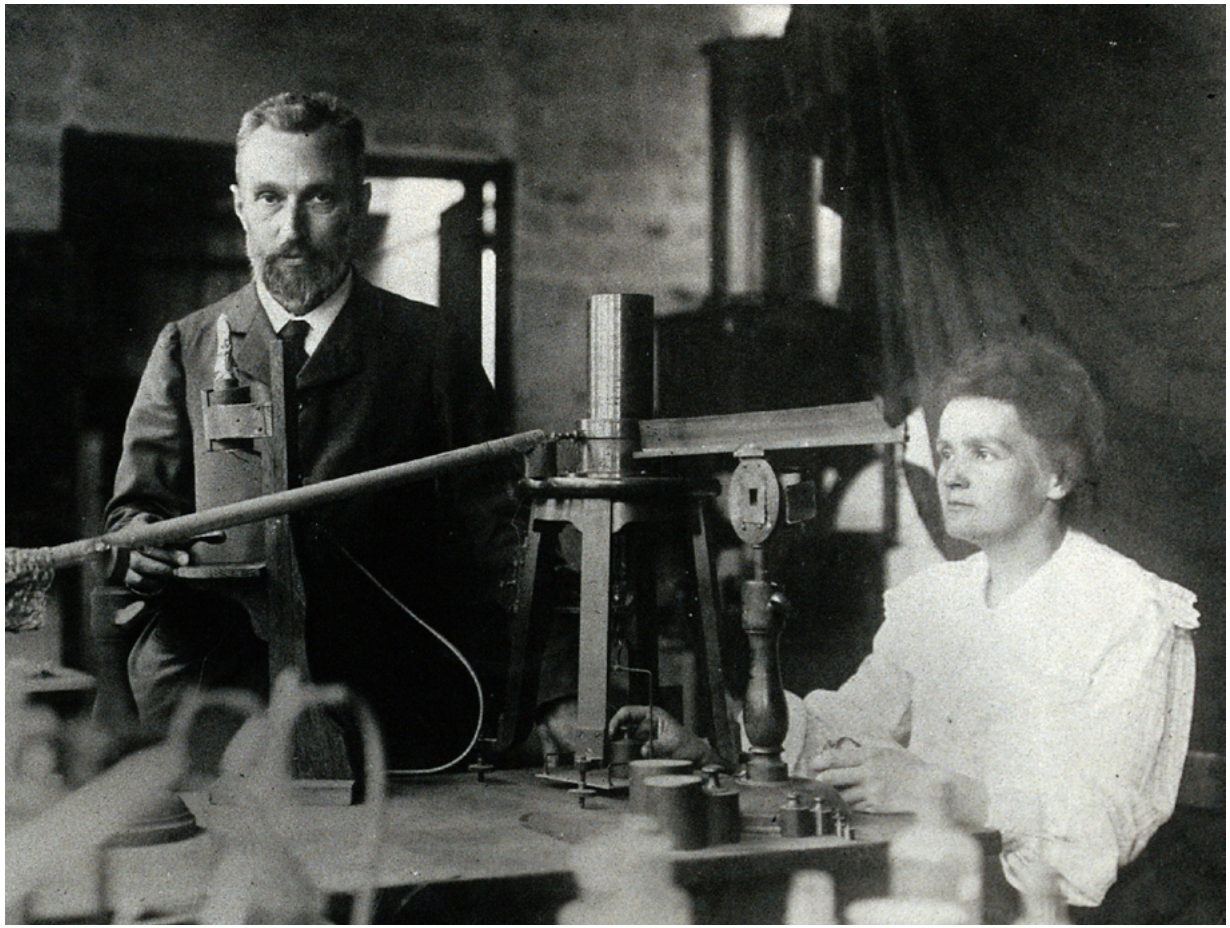
Julio González-Alcalde

Cuarzo piezoeléctrico. Prototipo Pierre Curie, 1900 MNCN

El Museo Nacional de Ciencias Naturales conserva, en la colección de instrumentos científicos, un ejemplar de cuarzo piezoeléctrico de gran significado histórico. Forma parte de un prototipo ideado por Pierre Curie (1859-1906), físico francés, pionero en los estudios de radiactividad y descubridor de la piezoelectricidad. Fue esposo de Madame Curie, de soltera María Sklodowska (1867-1934), nacida en Polonia, la cual, como es conocido, presentó su tesis doctoral en 1903 sobre la radioactividad.

Poco tiempo después de realizar su tesis sobre la radioactividad, la investigadora más famosa del mundo, recibió el premio Nobel de Física por sus estudios sobre la radiación, junto con Pierre Curie, que se negó a recibirlo si no se le concedía a Marie, y Henri Becquerel. Además, en 1911, le fue concedido el premio Nobel de Química por sus descubrimientos del polonio y el radio. De esta manera, fue la primera mujer en recibir dos premios nobel. Tras la concesión del premio Nobel, por su trabajo de investigación, Marie obtuvo, un puesto con remuneración, y Pierre una cátedra en la Sorbona de París.

Esta gran investigadora estuvo en España en tres ocasiones. En 1919 participó en Madrid en el I Congreso Nacional de Medicina, en el Teatro Real. En 1931 fue invitada por el Gobierno de la Segunda República e impartió, en la Residencia de Estudiantes, la conferencia: La radiactividad y la evolución de la ciencia, y en 1933 presidió una reunión internacional en la Residencia de Estudiantes donde impartió la conferencia: El porvenir de la cultura.



Pierre y Marie Curie con un cuarzo piezoeléctrico

Cuarzo piezoeléctrico completo

"Este instrumento, mide la cantidad de electricidad generada y de esta electricidad se puede deducir la radiactividad presentada por la sustancia"

El instrumento científico

El cuarzo piezoeléctrico fue fabricado en 1900, en la Société Centrale de Produits Chimiques, 44, rue des Écoles, París, con el número 2, dato este que ratifica la incorporación de España a un alto nivel de excelencia tecnológica e instrumental en este campo, y formó parte del Departamento Curie del Instituto de Radiactividad de Madrid, creado en 1910 y en pleno funcionamiento hasta 1940, que tuvo su origen en el Laboratorio de Radiactividad (1903).

El nombre de este aparato procede de la piezoelectricidad, observada por Pierre y Jacques Curie en 1881 estudiando la compresión del mineral de un monocristal de cuarzo, pieza esencial del aparato, recubierto de placas de aluminio. Cuando se somete a la compresión, las cargas de la materia se separan y se produce una polarización de la carga.

Este instrumento, de latón, madera y cuarzo, adaptado a las medidas de radiactividad, basa su funcionamiento en la generación de una corriente eléctrica mediante tracción o presión ejercida sobre un cristal de cuarzo. Esta corriente, contraria a la generada por la sustancia radiactiva, mantiene la lámina de un electroscopio o el índice de un galvanómetro siempre a cero. La cantidad de electricidad generada es medible con el peso colocado en la pieza, y de esta electricidad se puede deducir la radiactividad presentada por la sustancia.

Las fotografías incluidas en este artículo, pretenden ilustrar de manera general y ayudar a entender los procesos de funcionamiento de esta clase de instrumentos científicos.

Análisis del Cuarzo Piezoeléctrico

Analizamos de forma no destructiva por espectroscopia Raman uno de los cuarzos piezoeléctricos de Curie. Este espécimen de cuarzo simboliza el comienzo de la piezoelectricidad, porque esta propiedad física fue descubierta por primera vez por Pierre y Jacques Curie en 1881 estudiando la compresión de un ejemplar de cuarzo hialino y observando que, al comprimir, las cargas de la materia se separan, se polariza la carga eléctrica y saltan chispas.

La piezoelectricidad se puede observar en muchos sólidos sin centro de simetría cristalina pero no en gases, líquidos y sólidos con simetría cristalina. La corriente eléctrica generada es proporcional al área de la placa y a la rapidez de la variación de la presión aplicada ortogonalmente a la superficie de la placa. De forma inversa, cuando se somete una placa piezoeléctrica a una tensión variable se comprime y se relaja oscilando a impulsos del suministro eléctrico. Esto llevó al final de la primera guerra mundial al descubrimiento del sonar basado en la piezoelectricidad del cuarzo y la teoría del efecto Doppler.

Lord Rutherford (1930) publicó que el efecto Raman es muy importante para la física del esta-

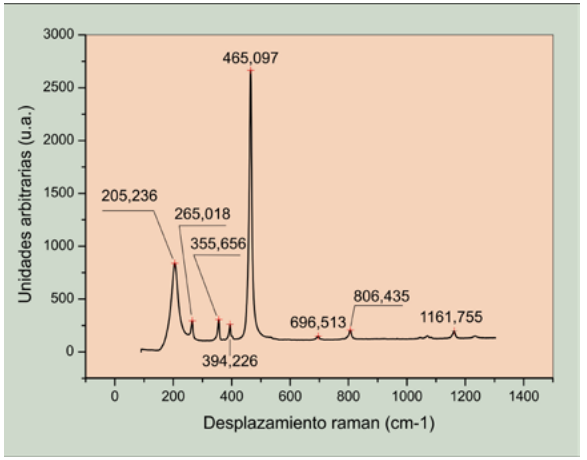
"El nombre de este aparato procede de la piezoelectricidad, observada por Pierre y Jacques Curie en 1881 estudiando la compresión del mineral de un monocristal de cuarzo, pieza esencial del aparato, recubierto de placas de aluminio"

do sólido pero que todavía no se había correlacionado con estructura cristalina desvelada por la difracción de rayos X, aunque deberían de estar muy relacionadas entre sí y con el espectro infrarrojo debido a las propiedades de simetría del cristal y al carácter geométrico de las vibraciones.

Krishnan (1945) irradiando un cuarzo con luz ultravioleta (254 nm) procedente de un arco eléctrico de mercurio refrigerado con agua obtuvo uno de los primeros espectros Raman de un cuarzo hialino publicando su tabla de líneas espectrales en Nature. Utilizó una exposición larga de 48 horas sobre un cristal de cuarzo de 15 centímetros. De esta forma registró un espectro muy intenso con 41 frecuencias de desplazamientos Raman. De acuerdo, con estos resultados el grupo de tres silicios y seis átomos de oxígeno presentes en la celdilla unidad hexagonal de la red del cuarzo presentaba 16 modos fundamentales de vibración. Las cuatro frecuencias fundamentales eran 385, 488, 800 y 1190 cm-1.

Años más tarde (Krishnamurti, 1958) mejoró sustancialmente la interpretación del espectro Raman del cuarzo hialino aclarando que los espectros Raman del cuarzo muestran unos caracteres especiales debido a la especial arquitectura del cristal, ya que el sólido-cuarzo puede ser considerado como una molécula gigante donde los átomos de silicio y oxígeno están todos enlazados entre sí con vibraciones continuas en todo el cristal. La estructura del cristal de cuarzo está basada en un triple eje de simetría de tipo tornillo lo que le proporciona actividad óptica y otras propiedades interesantes. La estructura del cuarzo también es sensible a la temperatura ya que hacia los 575°C se produce una transformación polimórfica alfa-beta con cambios en la simetría cristalina pasando de una clase trigonal a una hexagonal. Todas estas características peculiares ejercen su influencia sobre los espectros Raman y deben de ser consideradas al proceder a su interpretación. La principal característica de la estructura del cuarzo es la continua unión de silicios y oxígenos, de modo que cada átomo de silicio está rodeado tetraédricamente por cuatro átomos de oxígeno y cada átomo de oxígeno está conectado a dos átomos de silicio. El grupo SiO4 en cuarzo no es un tetraedro regular, pero posee la simetría de un eje doble que pasa a través de cada silicio y que es perpendicular al eje óptico. Los tres silicios en la celdilla unidad se unen junto con los otros tres silicios de las celdas adyacentes y forman un hexágono irregular que posee la simetría de un eje triple.

"Los grandes logros de laboratorio que dieron como resultado el descubrimiento del polonio y del radium fueron aplicados por parte de los esposos Curie en la curación de enfermedades"



Espectro Raman del Cuarzo

Krishnamurti (1958) excitó la muestra de cuarzo con radiación ultravioleta a 254 nm utilizando también lámpara de mercurio de arco eléctrico. Se registraron espectros diferentes según tres orientaciones diferentes: (1) excitando una cara hexagonal de dispersión del cristal a lo largo del eje óptico, (2) el eje óptico inclinado un ángulo respecto al plano de dispersión y (3) el plano de dispersión fue perpendicular al eje óptico con 100 horas de exposición para

Marie y su hija Irene en el Instituto del Radio de París con un cuarzo piezoeléctrico (Muñoz Páez, 2013, 227)

cada espectrograma Raman lo que permitió registrar las señales más débiles. Concluyó que el espectro Raman del cuarzo muestra los siguientes quince desplazamientos de frecuencias más importantes: 128 (v.s.), 206 (v.s.), 265 (s), 356 (s), 394 (m), 404 (m), 452 (w), 466 (v.s.), 696 (m), 795 (m), 806 (m), 1063 (m), 1082 (m), 1160 (s) y 1230 (w) cm-1.

Posteriormente, Grimsditch et al., (1977) estudiaron el comportamiento piezo-espectroscópico de la emisión Raman a 128 cm-1 del cuarzo bajo condiciones experimentales que permiten el desdoblamiento del pico debido a su dependencia del vector de onda lineal. Después, Bunde et al. (1998) utilizaron cuarzos piezoeléctricos para fabricar biosensores.

Aplicaciones de sus descubrimientos

Los grandes logros de laboratorio que dieron como resultado el descubrimiento del polonio y del radium (de los elementos polonio y radio) fueron aplicados por parte de los esposos Curie en la curación de enfermedades. El sistema se denominó, entonces, curieterapia y consistía en su aplicación hospitalaria a modo de radioterapia. En años posteriores se aplicaría en la curación del cáncer, pero sin el matrimonio Curie, como pioneros, este tipo de tratamientos se hubiera demorado bastante.

Su disposición a integrar sus descubrimientos en beneficio de la Humanidad fue quedando sobradamente clara. Incluso durante la Primera Guerra Mundial, Madame Curie se presentó en el frente de combate, junto con su hija Irene, que comenzó a trabajar bajo la dirección de su madre; luego se hizo cargo del Instituto del Radio y llego a ser una de las científicas de mayor relevancia. Pues bien, ambas, madre a hija, iban, con unas camionetas que recibieron el nombre de Petites Curies en cuyo interior se habían dispuesto rayos X portátiles para radiografiar heridas de los soldados. Se implicaron totalmente en este terrible trabajo durante la Gran Guerra.

"La importancia del equipo analítico cuarzo piezoeléctrico diseñado por Pierre Curie, influyó de forma determinante en el avance en la investigación de la radiactividad"

Cuando terminó la contienda, Marie trajo desde los Estados Unidos un gramo de radium regalado por el presidente de los Estados Unidos Harding, ante la falta de este elemento en Francia.

Como conclusión podría afirmarse que la importancia del equipo analítico cuarzo piezoeléctrico diseñado por Pierre Curie, influyó de forma determinante en el avance en la investigación de la radiactividad. Sin embargo, la vida de Madame Curie no fue envidiable. En abril de 1906, cuando su segunda hija era algo menor de un año, su marido Pierre fue atropellado por un coche de caballos, a resultas de lo cual murió. Además, la salud de Madame Curie, por sus largas horas de exposición a sustancias radiactivas, como el radium, se fue quebrantando y murió en los Alpes, en 1934.

Los restos mortales de la descubridora de la radiactividad fueron trasladados para ser enterrados en el Panteón de París. El funeral de Estado estuvo presidido por el entonces presidente de la República Francesa François Mitterrand, en 1995 ■