

CRÍTICA

**JOSÉ MANUEL  
SÁNCHEZ RON**

**HISTORIA DE LA  
FÍSICA CUÁNTICA**

**Volumen 1**  
**El periodo fundacional: origen y desarrollo de la cuantización de Planck (1860-1924)**



**2025, Año Internacional de la Ciencia  
y las Tecnologías Cuánticas**

**A LA VENTA EL 19 DE MARZO**

**AUTOR DISPONIBLE PARA ENTREVISTAS**

PARA AMPLIAR INFORMACIÓN, CONTACTAR CON:

**Salvador Pulido** (Gabinete colaborador):  
647 393 183 / [salvador@salvadorpulido.com](mailto:salvador@salvadorpulido.com)

**Laia Barreda** (Responsable de Comunicación Área Ensayo):  
659 45 41 80 / [laia.barreda@planeta.es](mailto:laia.barreda@planeta.es)

# SINOPSIS

## En el Año Internacional de la Ciencia y las Tecnologías Cuánticas

José Manuel Sánchez Ron se embarca en la narración de **la historia completa de la física cuántica, la rama que se ocupa de la estructura de la materia y de la radiación**, uno de los campos científicos más complejos y trascendentales de la ciencia. Partiendo de sus orígenes hasta el bosón de Higgs, cada uno de los volúmenes profundiza en los diferentes periodos, atendiendo a cada paso de la construcción de la teoría cuántica y a los científicos que participaron en su elaboración, situándolas en el contexto de los acontecimientos históricos y políticos que afectaron su avance.

**Este primer volumen desentraña el período fundacional y reconstruye los orígenes de la física cuántica.** Comenzando por los trabajos en espectroscopía de Bunsen y Kirchhoff hacia 1860, que condujeron a la introducción por parte de Max Planck en 1900 de la idea de la cuantización de la energía. Albert Einstein consolidaría cinco años más tarde esta teoría, y en 1924 Rutherford y Bohr desarrollarán los modelos atómicos y, entre otros, Louis de Broglie introducirá la dualidad onda-corpúsculo. Todo ello con la Primera Guerra Mundial como telón de fondo.

**La publicación en 2025 de los tres volúmenes de la *Historia de la física cuántica* celebra el siglo de la creación de la mecánica cuántica**, uno de los hitos de la segunda revolución de la física del siglo XX. Una revolución que cambió el mundo, pues permitió la invención del transistor, pieza fundacional de la Sociedad de la Información, y por ende de la Globalización.

*«Después de haber finalizado este primer volumen de lo que espero será una historia razonablemente completa de la física cuántica, me reafirmo en mi idea inicial: estoy más convenido que nunca de que esa historia constituye el apartado de mayor dificultad (por número de problemas y participantes implicados, período temporal que abarca, al igual que por la magnitud y carácter de las rupturas conceptuales que involucra con teorías y planteamientos filosóficos y epistemológicos previos) en toda la historia de la física, y acaso de toda la ciencia.»*

# EL AUTOR

---



**JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON.** Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid y doctor por la Universidad de Londres, José Manuel Sánchez Ron es catedrático emérito de Historia de la Ciencia en la Universidad Autónoma de Madrid. Entre los premios que ha recibido destacan el Nacional de Ensayo (2015), y el Julián Marías a la carrera científica en Humanidades de la Comunidad de Madrid en 2016. Miembro de la Real Academia Española desde 2003, es, asimismo, académico numerario de la Académie Internationale d'Histoire des Sciences de París, y académico correspondiente (2006) de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Es autor en Crítica de *Marie Curie y su tiempo*; *El jardín de Newton*; *Cincuenta años de cultura e investigación en España. La Fundación Juan March (1955-2005)*; *El canon científico*; *Diccionario de la ciencia*; *¡Viva la ciencia!*, *El mundo de Ícaro* y *Una historia de la medicina. De Hipócrates al ADN* (los tres junto a Antonio Mingote); *Historia de España*, vol. 11 (*España y Europa*) (con José Luis García Delgado y Juan Pablo Fusi); *Albert Einstein. Su vida, su obra y su mundo*; *El sueño de Humboldt y Sagan*; *Como al león por sus garras*; *El poder de la ciencia. Historia social, política y económica de la ciencia (siglos XIX-XXI)*; *Querido Isaac, querido Albert. Una historia epistolar de la ciencia* y *El canon oculto. Una nueva biblioteca de Alejandría para la ciencia*.

## PRÓLOGO DE LA OBRA

«En 2001 publiqué *Historia de la física cuántica, I: El período fundacional (1860-1926)*, con una segunda impresión en 2004. El libro básicamente se ocupaba de los desarrollos que habían tenido lugar con posterioridad a los trabajos de Bunsen y Kirchhoff, a comienzos de la década de 1860. Éstos condujeron a la introducción de la noción de “cuerpo negro” y a los subsiguientes esfuerzos por encontrar la expresión matemática que determinara la relación entre su densidad de energía y la longitud de onda/frecuencia emitida, investigaciones que finalmente cristalizaron en 1900, cuando Max Planck encontró tal ley. Para poder deducir esta sobre una base teórica, tuvo que introducir la noción de “cuanto de energía”, referida a la discontinuidad de la radiación, en la que él no creía. A continuación, el libro exponía la larga y compleja historia de la búsqueda de una física compatible con semejante cuantización, tarea protagonizada por numerosos científicos, entre los que destacan Albert Einstein, Ernest Rutherford y Niels Bohr, lo que finalmente condujo a la formulación de una mecánica cuántica con dos versiones, la de Werner Heisenberg y la de Erwin Schrödinger.

Mi intención por entonces era escribir un segundo tomo de la obra, que partiera de Paul Dirac y llegase a la formulación de la electrodinámica cuántica. Por diferentes razones, no llegué a cumplir mi objetivo, aunque nunca dejó de estar presente en mi mente y en mis pesares, por no haberlo realizado [...]. La conmemoración en 2025 del centenario de la publicación de la primera versión de una mecánica cuántica, la de Heisenberg, me animó a saldar finalmente esa deuda largamente impagada.

Sin embargo, con el transcurso del tiempo el plan ha sufrido modificaciones. En lugar de dos tomos, decidí que esta historia de la física cuántica fuera una trilogía que llegase incluso a la propuesta del bosón de Higgs. Este primer volumen coincide con el publicado en 2001, con algunos, no muchos, añadidos (el más importante, ocuparme de las aportaciones que hizo la física cuántica anterior a las contribuciones de Dirac a la explicación de la tabla periódica de los elementos). Por otro lado, se ha eliminado el último apartado, que pasará a formar parte, ampliado, de los tres primeros capítulos de la segunda entrega *Historia de la física cuántica, II. La creación e interpretación de la mecánica cuántica: de Heisenberg al gato de Schrödinger (1925-1935)*. Esta novedad se explica, al menos, por dos razones. La primera es que la creación de la mecánica cuántica constituye una aportación de tal calibre que merece ser tratada de forma independiente. La segunda, que hacerlo así me permite corregir un error imperdonable: haber marginado la formulación, íntimamente ligada a la de Heisenberg, que Paul Dirac introdujo en 1925, al incluir en la edición anterior sólo las versiones de Heisenberg y Schrödinger. Así, el capítulo 4 del segundo tomo estará dedicado a Dirac y a su formulación de la mecánica cuántica.

El tercer volumen de esta obra se centrará en las físicas nuclear y de altas energías (también conocida como “de partículas elementales”), en la electrodinámica cuántica y en la denominada “segunda revolución cuántica”, protagonizada por las consecuencias del entrelazamiento, ya introducida en el tomo 2.

Considero que la mecánica cuántica constituye uno de los grandes logros de la humanidad. Sus aplicaciones, entre las que destaca la invención del transistor, pero sin olvidar otras como el láser y el máser, o las más recientes basadas en el entrelazamiento, han transformado el mundo en sentido literal. Sin embargo, no se trata sólo de sus usos

prácticos, también cabe destacar el papel que ha desempeñado en la explicación de innumerables fenómenos, desde la nucleosíntesis estelar a la superconductividad, por citar algunos. Al transistor (del que me ocuparé en el tomo 3) se le puede denominar con justicia la célula del mundo en que vivimos. Tanto él como sus derivados, entre ellos los circuitos integrados, han penetrado en prácticamente todos los ámbitos de nuestras vidas, las cuales han condicionado, a la par que, desde luego, les han ofrecido posibilidades otrora inimaginables. Si celebramos, con sobrados motivos, hitos o logros del pasado como pueden ser la construcción de las pirámides de Egipto, del Coliseo de Roma o de las grandes catedrales, los escritos de Homero, de Cervantes o de Shakespeare, las pinturas de Leonardo o de Velázquez, ¿cómo no hacerlo con el desarrollo de la física cuántica, en el que intervinieron un numeroso grupo de mentes extraordinarias?

No cabe duda de que se trata de una obra coral, protagonizada por muchos científicos, sobre todo físicos, teóricos y experimentales, pero también matemáticos y químicos. Debido a semejante multidimensionalidad de personajes, problemas y situaciones, he tenido que seleccionar lo que considero más importante y representativo de la historia que ahora presento. Soy consciente, por supuesto, de las lagunas existentes, pero tengo la confianza de que, aun así, el resumen que ofrezco permitirá a sus lectores obtener una visión de conjunto.

# ÍNDICE

|                                                                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Prólogo (2025) . . . . .                                                                                                    | 9          |
| Prólogo a la primera edición (2001) . . . . .                                                                               | 13         |
| <b>1. PREHISTORIA DE LOS CUANTOS: KIRCHHOFF, ESPECTROS Y RADIACIONES. . . . .</b>                                           | <b>21</b>  |
| Espectros . . . . .                                                                                                         | 21         |
| Gustav Kirchhoff y la espectroscopia . . . . .                                                                              | 23         |
| Kirchhoff y Bunsen (1860) . . . . .                                                                                         | 29         |
| Kirchhoff y la radiación de un cuerpo negro . . . . .                                                                       | 34         |
| Reconstrucción teórica de la contribución de Kirchhoff. . . . .                                                             | 40         |
| La ley de radiación de Stefan . . . . .                                                                                     | 41         |
| James Clerk Maxwell . . . . .                                                                                               | 45         |
| Maxwell, la física estadística y el principio de equipartición . . . . .                                                    | 48         |
| Las «nubes» de Kelvin: la importancia del principio de equipartición . . . . .                                              | 57         |
| <b>2. EL DESMEMBRAMIENTO DE LA FÍSICA CLÁSICA: DEL DESCUBRIMIENTO DE LOS RAYOS X<br/>A LA RADIOACTIVIDAD. . . . .</b>       | <b>63</b>  |
| Rayos catódicos . . . . .                                                                                                   | 63         |
| El descubrimiento de los rayos X . . . . .                                                                                  | 68         |
| Naturaleza de los rayos X. . . . .                                                                                          | 71         |
| Max von Laue y la difracción de rayos X . . . . .                                                                           | 72         |
| Análisis de cristales . . . . .                                                                                             | 73         |
| Los rayos X llegan a Francia . . . . .                                                                                      | 75         |
| Henri Becquerel y el descubrimiento de la radiactividad . . . . .                                                           | 79         |
| Marie Curie, el polonio y el radio . . . . .                                                                                | 86         |
| Una nueva vida para la tabla periódica de los elementos . . . . .                                                           | 96         |
| ¿Qué es la radiactividad? Crookes, Mendeléiev y los Curie . . . . .                                                         | 99         |
| Radiactividad y conservación de la energía . . . . .                                                                        | 105        |
| <b>3. EL NACIMIENTO DE LA FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTALES J.J. THOMPSON<br/>Y EL DESCUBRIMIENTO DEL ELECTRÓN . . . . .</b> | <b>107</b> |
| Años de formación: Cambridge y el Mathematical Tripos. . . . .                                                              | 107        |
| Primeras investigaciones . . . . .                                                                                          | 112        |
| Faraday, Maxwell, electrólisis y «carga molecular» . . . . .                                                                | 113        |
| Helmholtz y la existencia de una carga eléctrica «atómica» . . . . .                                                        | 116        |
| Stoney, la unidad de carga y el nombre electrón . . . . .                                                                   | 117        |
| Parte de una historia más compleja . . . . .                                                                                | 119        |
| En el Laboratorio Cavendish . . . . .                                                                                       | 120        |
| Sobre la naturaleza de los rayos catódicos . . . . .                                                                        | 122        |
| J. J. Thomson y el descubrimiento del electrón . . . . .                                                                    | 127        |
| El valor de la carga del electrón . . . . .                                                                                 | 133        |
| Recepción del descubrimiento de Thomson. . . . .                                                                            | 139        |
| <b>4. MÁX PLANCK Y LA PRIMERA DISCONTINUIDAD CUÁNTICA . . . . .</b>                                                         | <b>145</b> |
| Max Planck . . . . .                                                                                                        | 145        |
| El Instituto Imperial Físico-Técnico . . . . .                                                                              | 153        |
| Una nueva ley de radiación: Planck, octubre de 1900 . . . . .                                                               | 160        |
| La deducción de Planck de $E = h \cdot \nu$ . . . . .                                                                       | 169        |
| «Una suposición puramente formal» . . . . .                                                                                 | 173        |
| Condicionantes filosóficos . . . . .                                                                                        | 180        |
| Notas biográficas: Max Planck, un hombre de honor . . . . .                                                                 | 185        |
| <b>5. ALBERT EINSTEIN Y LA SEGUNDA DISCONTINUIDAD CUÁNTICA . . . . .</b>                                                    | <b>195</b> |
| La ley de radiación de Rayleigh-Jeans . . . . .                                                                             | 196        |

|                                                                                                                                               |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Otras virtudes de la ley de la radiación de Planck . . . . .                                                                                  | 198        |
| Albert Einstein: apuntes biográficos y primeros contactos con los cuantos . . . . .                                                           | 201        |
| La segunda discontinuidad cuántica: «Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt» . . . . . | 209        |
| Einstein y el efecto fotoeléctrico . . . . .                                                                                                  | 213        |
| Problemas con los cuantos de Einstein de 1905 . . . . .                                                                                       | 216        |
| Einstein sobre la dualidad onda-corpúsculo (1909) . . . . .                                                                                   | 220        |
| Comentarios de Planck . . . . .                                                                                                               | 227        |
| Más allá de la radiación: cuantos y calores específicos . . . . .                                                                             | 228        |
| Nuevos terrenos y científicos para la hipótesis cuántica . . . . .                                                                            | 231        |
| <b>6. CUANTOS EN EL CONSEJO SOLVAY DE 1911 Y EL ADIÓS DE POINCARÉ. . . . .</b>                                                                | <b>239</b> |
| El internacionalismo en la ciencia . . . . .                                                                                                  | 240        |
| Los Consejos e Institutos Solvay . . . . .                                                                                                    | 243        |
| El primer Consejo Solvay . . . . .                                                                                                            | 250        |
| El adiós de Poincaré: la necesidad de los cuantos . . . . .                                                                                   | 257        |
| Paul Ehrenfest, precursor de Poincaré . . . . .                                                                                               | 264        |
| <b>7. ERNEST RUTHERFORD: DE LA RADIATIVIDAD A LOS MODELOS ATÓMICOS . . . . .</b>                                                              | <b>269</b> |
| Ernest Rutherford . . . . .                                                                                                                   | 269        |
| Las radiaciones $\alpha$ , $\beta$ y $\gamma$ . . . . .                                                                                       | 270        |
| «Emanaciones» y radiactividad inducida . . . . .                                                                                              | 274        |
| Un colaborador de lujo: Frederick Soddy . . . . .                                                                                             | 277        |
| La teoría de las transformaciones radiactivas . . . . .                                                                                       | 279        |
| Sobre la novedad de la teoría de las transformaciones radiactivas . . . . .                                                                   | 284        |
| El helio como emanación del radio . . . . .                                                                                                   | 284        |
| Textos sobre radiactividad . . . . .                                                                                                          | 285        |
| Langworthy Professor de Física en Manchester . . . . .                                                                                        | 287        |
| Primeras investigaciones en Manchester . . . . .                                                                                              | 291        |
| Problemas con la difusión. . . . .                                                                                                            | 297        |
| Modelos atómicos «pre-rutherfordianos» . . . . .                                                                                              | 301        |
| El modelo atómico de Rutherford de 1911 . . . . .                                                                                             | 307        |
| <b>8. NIELS BOHR: LA CUANTIZACIÓN DEL ÁTOMO . . . . .</b>                                                                                     | <b>317</b> |
| El doctorado de Niels Bohr: teoría electrónica de los metales . . . . .                                                                       | 318        |
| De Cambridge a Manchester . . . . .                                                                                                           | 323        |
| Bohr, Manchester y primeros pasos hacia un átomo cuántico . . . . .                                                                           | 326        |
| Copenhague (I): la influencia de Nicholson . . . . .                                                                                          | 334        |
| Interludio espectrográfico . . . . .                                                                                                          | 339        |
| Copenhague (II): líneas espectrales en un átomo cuántico . . . . .                                                                            | 345        |
| Reacciones ante el trabajo de Bohr . . . . .                                                                                                  | 354        |
| Un valioso complemento al átomo de Rutherford-Bohr: la contribución de Moseley . . . . .                                                      | 359        |
| El efecto Stark . . . . .                                                                                                                     | 370        |
| El modelo de Bohr y los experimentos de Franck y Hertz . . . . .                                                                              | 372        |
| <b>9. ARNOLD SOMMERFELD: EL CLÍMAX DE LA VIEJA TEORÍA CUÁNTICA . . . . .</b>                                                                  | <b>375</b> |
| Arnold Sommerfeld . . . . .                                                                                                                   | 376        |
| Wolfgang Pauli sobre Sommerfeld . . . . .                                                                                                     | 380        |
| Sommerfeld, el modelo de Bohr y la estructura fina del átomo de hidrógeno . . . . .                                                           | 383        |
| Cuantización espacial: el experimento de Stern-Gerlach . . . . .                                                                              | 395        |
| La música de las armonías espectrales . . . . .                                                                                               | 399        |
| Einstein sobre las transiciones atómicas . . . . .                                                                                            | 402        |
| El Principio de Correspondencia . . . . .                                                                                                     | 404        |
| El principio de selección de Bohr-Rubinowicz . . . . .                                                                                        | 408        |
| El abrumadoramente complejo mundo espectroscópico . . . . .                                                                                   | 411        |
| El número cuántico interno de Sommerfeld . . . . .                                                                                            | 411        |
| Catalán y los multipletes . . . . .                                                                                                           | 414        |

|                                                                                           |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| El efecto Zeeman normal y anómalo . . . . .                                               | 421        |
| La entrada en escena de Werner Heisenberg . . . . .                                       | 427        |
| Química, física y la tabla periódica de los elementos: de G. N. Lewis a N. Bohr . . . . . | 430        |
| Gilbert Newton Lewis. . . . .                                                             | 431        |
| J. J. Thomson . . . . .                                                                   | 433        |
| Irving Langmuir . . . . .                                                                 | 434        |
| Walther Kossel . . . . .                                                                  | 437        |
| Niels Bohr . . . . .                                                                      | 438        |
| El elemento número 72 de la tabla periódica . . . . .                                     | 446        |
| El Instituto de Física de Bohr en Copenhague. . . . .                                     | 448        |
| George Hevesy . . . . .                                                                   | 449        |
| Dirk Coster . . . . .                                                                     | 451        |
| El descubrimiento del elemento número 72 (hafnio) . . . . .                               | 451        |
| Wolfgang Pauli, el principio de exclusión y el espín . . . . .                            | 453        |
| <b>10. INTERLUDIO SOCIOECONÓMICO: FÍSICOS CUÁNTICOS EN LA REPÚBLICA DE WEIMAR . . . .</b> | <b>467</b> |
| Una comunidad internacional dividida . . . . .                                            | 468        |
| Física y República de Weimar . . . . .                                                    | 472        |
| Apoyos público e industrial a la ciencia alemana . . . . .                                | 474        |
| La ciencia: un valor social en crisis en la República de Weimar . . . . .                 | 481        |
| <b>11. CORPÚSCULOS Y ONDAS: COMPTON, DE BROGLIE Y BOSE . . . . .</b>                      | <b>485</b> |
| Dudas sobre los cuantos de luz einstenianos . . . . .                                     | 485        |
| Charles Galton Darwin y la conservación de la energía . . . . .                           | 487        |
| La física en Estados Unidos con anterioridad a 1933 . . . . .                             | 494        |
| El efecto Compton . . . . .                                                               | 499        |
| Peter Debye y el efecto Compton . . . . .                                                 | 511        |
| La teoría de Bohr, Kramers y Slater . . . . .                                             | 512        |
| Louis de Broglie y la dualidad onda-partícula . . . . .                                   | 520        |
| ¿Por qué de Broglie? . . . . .                                                            | 529        |
| Comprobación experimental de la dualidad onda-corpúsculo: la difracción de electrones . . | 531        |
| Una nueva forma de contar cuantos: Satyendra Nath Bose. . . . .                           | 537        |
| <b>BIBLIOGRAFÍA. . . . .</b>                                                              | <b>545</b> |
| <b>ÍNDICE ANALÍTICO . . . . .</b>                                                         | <b>583</b> |





# CRÍTICA

**Para ampliar información, contactar con:**

**Salvador Pulido** (Gabinete colaborador):  
647 393 183 / [salvador@salvadorpulido.com](mailto:salvador@salvadorpulido.com)

**Laia Barreda** (Responsable de Comunicación Área Ensayo):  
659 45 41 80 / [laia.barreda@planeta.es](mailto:laia.barreda@planeta.es)