

4. Los precursores inmediatos de la teoría atómica de

**Ernest Rutherford**

*Vania Poulopolou*

*Félix Fernández Alonso*

*Joaquín Fernández García*

## 4. Los precursores inmediatos de la teoría atómica de Ernest Rutherford

El descubrimiento de la Radiactividad fue algo muy importante en la obra de E. Rutherford, en sus investigaciones y en la elaboración de su teoría de la estructura de la materia. De ahí que le dediquemos una atención especial en este artículo.

No debe olvidarse que E. Rutherford era inicialmente un matemático, y que, por tanto, manejaba perfectamente el lenguaje de esta ciencia; lenguaje, por otro lado, de la física. Con el paso de los años, él se consideró un físico, cosa que tuvo a gala y afirmó muchas veces.

Dicho esto, trataremos de simplificar en este breve capítulo cuál era el estado de la ciencia física cuando E. Rutherford irrumpe en aquel mundo insistiendo en los precursores más inmediatos de su teoría atómica.

### 4.1. Precursores inmediatos: Rayos X y radiactividad

#### A. Los rayos X

Como bien es sabido son una radiación electromagnética de la misma naturaleza que otras muchas (ondas de radio, ondas de microondas, los rayos infrarrojos, la luz visible, las radiaciones ultravioleta y los rayos gamma). La diferencia fundamental con las radiaciones gamma es su origen: Las radiaciones gamma son de origen nuclear y se producen por la desexcitación de un núcleo de un nivel excitado a otro de menor energía y en la desintegración de los isótopos radiactivos; por el contrario, los Rayos X surgen de fenómenos extranucleares, a nivel de



William Crookes. (AJFG/REA).



Tubo de Crookes. (AJFG/REA).



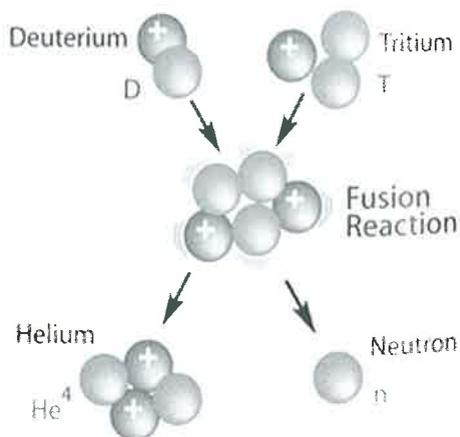
Wilhem Conrad Röntgen. (AJFG/REA).



Tubos de Hittorff-Crookes. (AJFG/REA).



Radiografía hecha con tubos de Hittorff-Crookes. (AJFG/REA).



Radiactividad natural. Esquema. (AJFG/REA).

la órbita electrónica fundamentalmente producidos por desaceleración de electrones<sup>1</sup>.

La energía de los Rayos X en general, se encuentra entre la radiación ultravioleta y los rayos gamma producidos naturalmente. Los Rayos X son una radiación ionizante porque al interactuar con la materia produce la ionización de los átomos de la misma; es decir: produce la ionización de los átomos de la misma originando partículas con carga (iones).

La historia comienza cuando William Crookes investigó en el siglo XIX, en el llamado *Tubo de Crookes*, los efectos de una descarga eléctrica sobre ciertos gases. Este tubo al estar próximo a placas fotográficas, provocaba en las mismas algunas imágenes borrosas. Más tarde Nicola Testa señaló que la exposición a estas radiaciones suponía riesgos para los seres vivos<sup>2,3</sup>.

Pero, hasta el 8 de noviembre de 1895 no se descubrieron los Rayos X. Fue Wilhelm Conrad Röntgen trabajando y realizando experimentos con *tubos de Hitroff-Crookes* y la bobina de Rumkoff, quien los descubrió y los fotografió, realizando la primera radiografía de la mano de su esposa. Las aplicaciones médicas no se dejaron esperar y pronto aparecieron los aparatos de Rayos X<sup>4</sup>.

El descubridor los denominó Rayos X, esto es: Rayos incógnita porque no sabía lo que eran, y no quiso patentar su descubrimiento, dejando los beneficios al servicio de la Humanidad.

La producción de Rayos X puede realizarse de dos modos: en tubos con filamentos o en tubos con gas.

No deseamos entrar aquí en detalles tales como: sistemas de detección (placas fotográficas y contadores); espectros (continuo y característico); interacciones de los Rayos X con la materia, riesgos para la salud y aplicaciones (médicas y no médicas). Todo esto rebasa nuestros propósitos.

## B. Radiactividad

Es un fenómeno físico natural por el cual algunos cuerpos o elementos químicos llamados radiactivos emiten radiaciones que tienen la propiedad de impresionar placas fotográficas, ionizar gases, producir fluorescencia, atravesar cuerpos opacos a la luz ordinaria, etc. Debido a estas características se les puede llamar *radiaciones ionizantes*, en contraste con las *no ionizantes*.

<sup>1</sup> Radvanyl, P.: La radioactivité artificielle et son histoire. Le Senil. París 1984.

<sup>2</sup> Dragoni, G. y cols. Quién es quién en la ciencia. Edit. Acento (2 tomos).

<sup>3</sup> Ibidem. Pág. 422 (Tomo II).

<sup>4</sup> Ibidem. Pág. 356 (Tomo II).

Estas radiaciones emitidas por las sustancias radiactivas pueden ser: electromagnéticas, en forma de Rayos X, en forma de Rayos gamma, corpusculares (núcleos de helio, electrones, positrones, protones u otros). En síntesis, es un fenómeno que ocurre en los núcleos de ciertos elementos que son capaces de transformarse en núcleos de elementos de otros átomos.

La radiactividad puede ser *neutral*, manifestada por los isótopos que se encuentran en la naturaleza; o *artificial*, manifestada por los isótopos producidos en transformaciones artificiales.

#### A. Radiactividad natural

Becquerel fue quien descubrió el fenómeno de la radiactividad natural; pero fue el matrimonio Curie quien estudiaría el fenómeno de la radiactividad. Los estudios de radiactividad fueron proseguidos por E. Rutherford y otros que más adelante se comentarán<sup>5</sup>.

#### B. Radiactividad artificial

Se produce, ésta, cuando el núcleo se bombardea con las partículas apropiadas. Esto lo estudiaron exhaustivamente los esposos Curie bombardeando núcleos de boro y aluminio con partículas alfa. Los estudios también fueron proseguidos por E. Rutherford y otros que más adelante comentaremos<sup>6</sup>.

#### C. Clases y componentes de la radiación

Se comprobó que la radiación puede tener alguno de estos tres componentes:

##### a. Radiación alfa.

Se trata de flujos de partículas cargadas positivamente compuestas por dos neutrones y dos protones (núcleos de helio). Sus características más destacables son estas: poco penetrantes; muy ionizantes; muy energéticas; son desviados por campos eléctricos y magnéticos.

<sup>5</sup> Ibidem. Pág. 132 (Tomo I).

<sup>6</sup> Ibidem. Págs. 301-303.

### b. Radiaciones beta

Son flujos de electrones (*beta negativas*) o positrones (*beta positivas*) resultantes de la desintegración de los neutrones o protones del núcleo de los neutrones o protones del núcleo cuando éste se encuentra en estado excitado. Sus características son estas: desviadas por campos magnéticos; más penetrante que los alfa; su poder de ionización menos elevado que el de las alfa; cuando un átomo expulsa una partícula beta aumenta o disminuye su número atómico una unidad, debido al protón ganado o perdido. Hay tres tipos de Radiación Beta:

- Beta  $-$ : consiste en la emisión espontánea de electrones por los núcleos.
- Beta  $+$ : en ella un protón del núcleo se desintegra, dando lugar a un neutrón, un positrón o partícula Beta y un neutrino.
- *La captura electrónica* que se da en núcleos con exceso de protones; en ella el núcleo captura un electrón de la corteza que se unirá a un protón del núcleo para dar un neutrón.

### c. Radiación gamma

Son ondas electromagnéticas. Posee estas características: es el tipo más penetrante de radiación; al ser ondas electromagnéticas de longitud de onda corta, tienen mayor poder de penetración; este tipo de emisión acompaña a las radiaciones alfa o beta; emite fotones muy energéticos; y es la radiación más peligrosa por su energía y poder de penetración.

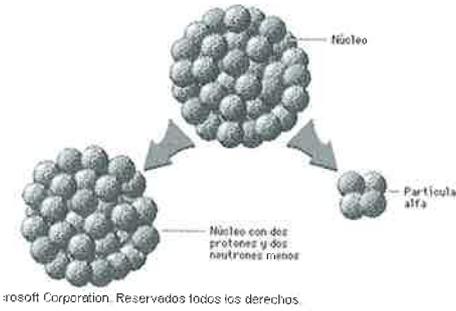
No vamos a ocuparnos aquí de las siguientes cuestiones: causas de radiactividad, símbolos utilizados, período de semidesintegración radiactiva; velocidad de desintegración, ley de radiosensibilidad. Dosis aceptables y dosis efectiva permitida, riesgos para la salud, etc.<sup>7</sup>

## 4.2. Otros precursores inmediatos en el desarrollo de las teorías de

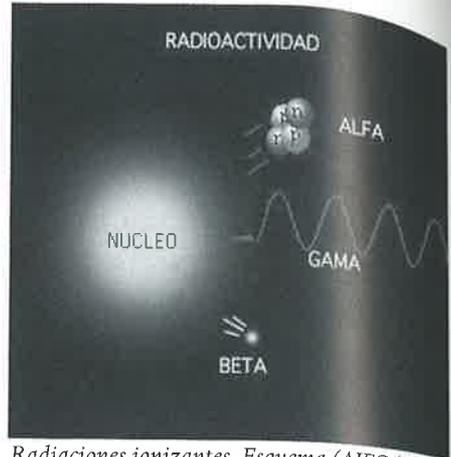
### E. Rutherford

Al margen de los estudios de la Radiactividad, recogemos aquí, como precursores inmediatos de la teoría atómica de E. Rutherford a varios científicos o, que le precedieron o de quienes fue contemporáneo.

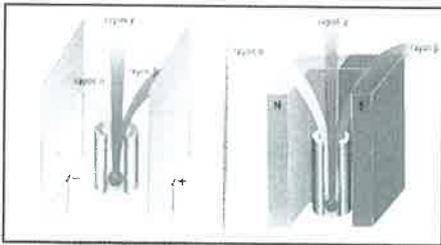
<sup>7</sup> Frisch, Otto, R.: Del átomo a la bomba de hidrógeno. Recuerdos de un físico nuclear. Alianza Editorial. Madrid 1982.



Radiactividad artificial. Esquema (AJFG/RFA).



Radiaciones ionizantes. Esquema (AJFG/RFA).



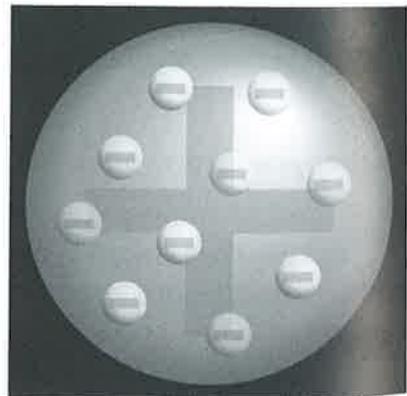
Radiaciones alfa, beta y gamma. Esquema. (AJFG/RFA).



George J. Stoney. (AJFG/RFA).



Joseph John Tomson. (AJFG/RFA).



Modelo atómico de J. J. Tomson ("budín de pasas"). (AJFG/RFA).

a. *George J. Stoney (1826-1911)*

Físico y matemático irlandés que nació en Oakley Park el 15 de febrero de 1826 y falleció en Londres el 5 de julio de 1911. Trabajó en la Universidad Nacional de Irlanda en calidad de físico y matemático.

Estudioso de la estructura de la materia, se dedicó a realizar una primera evaluación del número de Avogadro. Y en el año 1874 acuñó el término de *electrón*. Este año estableció la hipótesis según la cual la electricidad era creada por unos corpúsculos elementales que inicialmente llamó *electrinos* y después *electrones*.

Realmente compartía la teoría del carácter corpuscular del electrón ya había sido admitida por Hemholtz. Y él sugirió llamar electrones a las cargas unitarias negativas<sup>8</sup>.

b. *Joseph John Thomson*

Nació en 1856 en Manchester (Inglaterra) de ascendencia escocesa. Murió el 30 de agosto de 1940 y fue enterrado en la Abadía de Westminster cerca de Isaac Newton.

Estudió ingeniería en la Universidad de Manchester y el Trinity College de Cambridge. Licenciado en Matemáticas fue profesor de Física en el Laboratorio Cavendish; uno de sus alumnos fue E. Rutherford. Premio Nobel de Física en 1906, obtuvo muchos e importantes cargos y méritos: Caballero en 1905; Orden del Mérito en 1912; en 1914 dio el Romanes Lecture en Oxford sobre la teoría atómica; en 1918 fue nombrado Rector del Trinity College, etc.

Señalemos lo importante de su obra.

- Trabajo que le hizo merecedor del Premio Nobel de Física: “*en reconocimiento a los grandes méritos de sus investigaciones teóricas y experimentales en la conducción de la electricidad por los gases*”.
- *Trabajos sobre los Rayos Catódicos*.

Realizó una serie de experimentos en tubos de rayos catódicos que le llevaron al descubrimiento de los electrones.

• Primer experimento

Investigó si las cargas negativas podían ser separadas de los rayos catódicos por medio del magnetismo. Llegó a la conclusión de que la carga negativa es inseparable de los rayos.

<sup>8</sup> Udías Vallina, A.: Historia de la Física. Edit. Síntesis. Madrid 2004. Págs. 219, 261 y 264.

- Segundo experimento

Investigó si los rayos pueden ser desviados por un campo eléctrico. Descubrió que los rayos, de hecho, se podían doblar bajo la influencia de un campo eléctrico.

- Tercer experimento

En este experimento determinó la relación entre la carga y la masa de los rayos catódicos, al medir cuánto se desvían por un campo magnético y la cantidad de energía que llevan.

Tras sus estudios y experimentos Thomson inicia la teoría atómica. De hecho al modelo de átomo que él ideó se le denomina *modelo de budin de pasas*, porque imaginó al átomo compuesto por corpúsculos a los que denominó electrones en un mar lleno de carga positiva.

También trabajó en isótopos, descubriendo que el neón tiene dos isótopos (neón 20 y neón 22); y demostró que el hidrógeno tiene un único electrón<sup>9</sup>.

#### 4.3. Científicos con quienes convivió en algún momento de su vida

- *William Alexander Bickerton* (1842-1929).

Fue el primer profesor de Química del *Canterbury College* y allí le conoció E. Rutherford como alumno.

Inició su vida realizando trabajos manuales, pero viendo sus cualidades se le aconsejó a que estudiase, cosa que realizó en Birmingham y Londres. Dedicó su vida a la enseñanza de la ciencia.

En el año 1873 comenzó a trabajar en el *Canterbury College* en Nueva Zelanda, enseñando química y convirtiéndose en un profesor prestigioso. Allí conoció como alumno a Rutherford y se hicieron amigos de por vida. Creó una teoría denominada de *impacto parcial* que trata de explicar la aparición de nuevas estrellas brillantes.

A título personal fue un hombre acosado y perseguido por la *Junta de Gobernadores del Canterbury College* por sus ideas sociopolíticas y religiosas. Finalmente la *Junta* en el año 1902 consiguió prescindir de sus servicios, excluyéndolo del cuadro de profesores. Expulsado, se trasladó a una propiedad que él denomina *Waironi* que se convirtió en un centro para la vida social de los estudiantes. Su

<sup>9</sup> Ibidem. Págs. 221, 255, 263.

idea era crear algo distinto basado en sus creencias socialistas. Estaba dotado con teatro, jardín y dependencias para preparar espectáculos de fuegos artificiales. En 1903, la institución se convirtió en un parque temático y en 1904 cerró por dificultades económicas. En 1910 va a Londres y demanda ayuda a E. Rutherford para que se acepte y reconozca su teoría del *impacto parcial*; no hubo tal aceptación; de todos modos E. Rutherford retomó la idea y demostró que la aparición de *novas* era resultante de la desintegración atómica. Fallecida su esposa, volvió a casarse a los 79 años con M. Wilkinson. Falleció el 21 de enero de 1929, en posesión del título de Profesor Emérito de la *Universidad de Canterbury*.

Escribió varios libros durante su vida incluyendo los siguientes: *El romance de los cielos*, *El romance de la tierra*, *Los peligros de un pionero*.

Fue amigo personal de E. Rutherford desde que se conocieron hasta su muerte. De él aprendió muchas cosas: matemáticas, química y humanidades<sup>10</sup>.

• *Henry Cavendish* (1731-1810)

Este físico y químico británico no influiría directamente en E. Rutherford puesto que no convivieron; pero sí influyó en él, porque fue uno de sus sucesores en la dirección del Laboratorio Cavendish que se creó en su honor.

Nacido en Niza (Francia) era hijo de británicos acaudalados y nobles; a los 18 años (1749) ingresó en la *Peterhouse*, de la Universidad de Cambridge. Estudiante aplicado era tremendamente tímido. Trabajó en los siguientes ámbitos:

- Calor específico de los cuerpos.
- Estudió y descubrió las propiedades del hidrógeno.
- Estudió y descubrió las propiedades del agua.
- Estudió y cuantificó la densidad de la Tierra, afirmando que la densidad de la tierra era 5,45 veces mayor que la densidad del agua. (*Experimento Cavendish*).
- Estudió y determinó la densidad de la atmósfera.
- Realizó múltiples experiencias con corrientes eléctricas.
- Demostró, experimentalmente, que la ley de Newton se cumple, igualmente, para cualquier par de cuerpos. (*Experimento Cavendish o experimento de la balanza de torsión*).
- Estudios y experimentos de electricidad siendo uno de los fundadores de esta ciencia y destacando los siguientes:

10 Dragoní, G. y cols.: Quién es quién en ciencia... op. cit., págs. que corresponde alfabéticamente (Tomó 1).

- Propuso la ley de atracción entre campos eléctricos (Ley de Coulombs).
- Utilizó el concepto de potencial eléctrico.
- Por escasez de medios media la fuerza de una corriente de manera directa y por el dolor que le provocaba.

Perteneció a la Royal Society (1803) y a la curiosa Sociedad Lunar de Birmingham. Falleció a los 80 años dejando una enorme cantidad de notas y una nada desdeñable fortuna. El Laboratorio Cavendish y la Cátedra Cavendish de la Universidad de Cambridge, honran su merecida fama.

En aquel ambiente científico heredado y caldeado por jóvenes valores como E. Rutherford se hizo y sigue haciendo muy buena ciencia<sup>11</sup>.

#### 4.4. Algunos de sus colaboradores más conocidos

##### A. Frederic Soddy

Químico y profesor universitario inglés, nació en Eastbourne, Inglaterra, el día 2 de septiembre de 1877 y falleció en Brighton el 17 de septiembre de 1956<sup>12</sup>.

Realizó sus estudios superiores en el Colegio Universitario de Gales y en el Merton College de la Universidad de Oxford. En Oxford trabajaría como investigador durante dos años. Entre 1900 y 1902 fue profesor de la Universidad de McGill de Montreal, Quebec, fechas en las que colaboró con E. Rutherford en radiactividad.

Fue profesor universitario en Glasgow, Aberdeen y Oxford. A partir del fallecimiento de su esposa en 1937, dejó de investigar en radiactividad para dedicarse a cuestiones económicas, políticas, familiares y a la resolución de problemas en los campos de las matemáticas y la mecánica. En 1921 fue premiado con el Nobel por sus notables contribuciones al conocimiento de la Química radiactiva y las investigaciones sobre la existencia y naturaleza de los isótopos.

Colaboró entre 1900 y 1902 con E. Rutherford en la Universidad de McGill en el estudio de los elementos radiactivos. Se percataron ambos investigadores del comportamiento anómalo de estos elementos y vieron que era debido al hecho de que se transformaban en otros elementos y que producían radiaciones alfa, beta y gamma.

<sup>11</sup> Udias Vallina, A.: Historia... op. cit., págs. 167 y 205.

<sup>12</sup> Ibidem, págs. 264 y 266.

### B. Otto Hahn

Nació en Frankfurt, Alemania, en 1879 y falleció en Gotinga en 1968. Químico alemán y descubridor de la fisión nuclear, estudió química en la Universidad de Marburgo en la que se doctoró en 1901. Tres años más tarde se trasladó a Londres donde colaboró con sir William Ramsay en estudios sobre isótopos radiactivos.

En esta época, al intentar purificar una muestra de radio, identificó la presencia de una nueva sustancia radiactiva a la que denominó radiotorio. Animado por este hallazgo viajó a Montreal y allí estuvo con E. Rutherford ampliando conocimientos sobre radiactividad.

Regresó a Alemania en 1906 y dirige el Departamento de Radioquímica del Instituto Químico Kaiser Guillermo de Berlín. En colaboración con la química judía Meitner aísla el isótopo 231 del protactinio. En 1938 en colaboración con Strassman, descubre el fenómeno de la fisión nuclear que le supondría obtener el Premio Nobel de Química en 1944.

Durante la Segunda Guerra Mundial estuvo en Inglaterra; y, una vez finalizada, volvió a Alemania como paladín del desarme nuclear<sup>13</sup>.

### C. Hans Geiger

Nació en Neustadt, Alemania, el 30 de septiembre de 1882 y falleció en Postdam el 24 de noviembre de 1945. En 1902 comenzó a estudiar Física y Matemáticas en Erlangen donde se doctoró en 1906; y en 1907 comenzó a trabajar con E. Rutherford en la Universidad de Manchester. En 1912 fue nombrado Jefe del Instituto de Investigación Físico-Técnica de Berlín. Allí desarrolló su contador: el contador Geiger<sup>14</sup>.

Del partido nazi, perteneció al *Club del Uranio* de Alemania, grupo de científicos, quienes durante la Segunda Guerra Mundial intentaron crear una bomba atómica, sin éxito. Y también por razones ideológicas, traicionó a algunos colaboradores judíos.

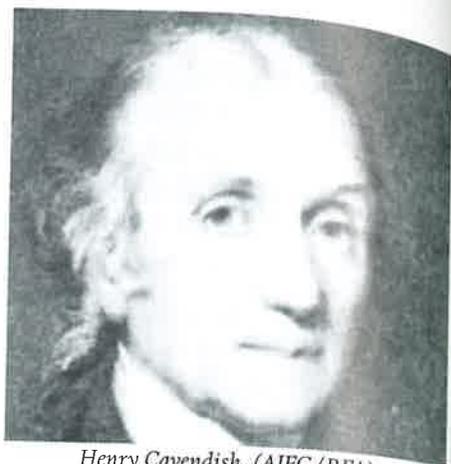
El fruto más importante de la colaboración de Hans Geiger y E. Rutherford fue –quizás– la creación del contador Geiger. Esta afirmación requiere algunas precisiones. El primer contador denominado Geiger que solo detectaba partículas alfa fue inventado por Hans Geiger y E. Rutherford en 1908. En 1928 el pro-

<sup>13</sup> Ibidem, pág. 269.

<sup>14</sup> Dragoní, G. y cols. Quién es... op. cit. Página que le corresponde alfabéticamente (tomo 1).



*William Alexander Bickerton. (AJFG/REA).*



*Henry Cavendish. (AJFG/REA).*



*Frederic Soddy. (AJFG/REA).*



*Otto Hahn. (AJFG/REA).*



*Hans Geiger. (AJFG/REA).*



*Thomas Royds. (AJFG/REA).*

pio Geiger lo mejoró con la ayuda del entonces estudiante Walther Muller, de forma que era capaz de detectar un mayor número de radiaciones ionizantes. La versión actual del aparato fue desarrollada por el físico Sidney H. Liebson en 1947 con dos ventajas: que dura más que los dispositivos originales y que precisa de un voltaje inferior.

#### D. Thomas Royds

Nacido el 11 de abril de 18890 en Moonside, Oldham, Inglaterra, y fallecido el 1 de mayo de 1955.

Colaboró siendo estudiante con E. Rutherford demostrando ambos en 1908 lo que ya se suponía: que las partículas alfa eran núcleos de helio. En realidad, lo que probaban era que, una vez desembarazadas de su carga, las partículas alfa eran átomos de helio. Para demostrarlo, aislaron la sustancia radiactiva en un material suficientemente delgado para que las partículas alfa lo atravesaran, pero para ello bloquearon el paso de otros productos de desintegración. Recogen, a continuación, el gas que se halla alrededor de la caja que contiene las muestras y analizan su espectro. Encuentran, entonces, gran cantidad de helio: los núcleos que constituyen las partículas alfa han recuperado electrones disponibles.

Físico, matemático y astrónomo ocupó varios e importantes cargos durante su vida. Realizó sus estudios universitarios en Manchester. Fue profesor de Espectroscopia en Alemania (Tubinga y Berlín). Trabajó como astrónomo y meteorólogo en Turquía y la India y dio clases en varias instituciones inglesas.

Aquel colaborador de E. Rutherford, que prometía mucho, cumplió sobradamente a lo largo de su vida como científico<sup>15</sup>.

Estos son, contados de modo muy sintético, los antecedentes inmediatos en el quehacer científico de Rutherford y sus relaciones científicas mientras trabajaba.

#### 4.5. Bibliografía mínima selecta.

1. Asimov, I.: *Enciclopedia biográfica de la Ciencia y Tecnología*. Revista de Occidente. Madrid, 1973.
2. Doragoni y cols.: *Quién es quién en Ciencia*. Editorial Acento. Madrid, 2004 (2 tomos).
3. Fish, J.: *Manual de Historia de la Filosofía*. Editorial Herder. Barcelona, 1967.
4. Marías, J.: *Historia de la Filosofía*. Alianza Editorial. Madrid, 2008.

<sup>15</sup> Ibidem. Página que le corresponde alfabéticamente. Tomo II.

5. Reale, G. y cols.: *Historia del pensamiento filosófico y científico*. Editorial Herder. Barcelona, 2005 (3 tomos).
6. Segura Naya, A. (Editor): *Historia universal del pensamiento filosófico*. Liber Distribuciones Educativas. Ortuella, Vizcaya, 2007 (6 volúmenes).
7. Udías Vallina, A.: *Historia de la Física*. Editorial Síntesis. Madrid, 2004.