

se pueden distinguir átomos separados y esto posibilita entender el mecanismo de transcripción y cómo se regula¹.

Una de las mayores contribuciones de Kornberg fue un nuevo método de trabajo con las células de levadura, las cuales, son células eucariotas, como las de los mamíferos, aunque su manipulación es mucho más sencilla. A pesar de esto el grupo de trabajo de Kornberg invirtió diez años afinando el procedimiento para poder usarlo en la in-

vestigación del proceso de transcripción.

Además, Kornberg encontró otro complejo molecular que desempeñaba un papel importante, como «interruptor» en el proceso de transcripción en las eucariotas, el cual, transmite la señal de iniciar o terminar la transcripción. Este complejo «relé» recibe el nombre de *Mediador* (Mediator).

La enorme complejidad de los organismos eucariotas es posible por la sutil interacción entre sustancias

específicas de los tejidos, «enhancers» del DNA y el Mediador. El descubrimiento de esta molécula, Mediador es, por lo tanto, un verdadero hito en la comprensión del proceso de la transcripción.

La vida de Roger D. Kornberg

Nació en 1947 en St Louis, MO, EEUU. PhD por la Universidad de Stanford, CA, EEUU. Profesor Mrs. George A. Winzer en Medicina en la Escuela de Medicina de la Universidad de Stanford, CA, EEUU.

Los Nobel no son nuevos en la vida de este hombre, cuando tenía doce años, en 1959, Roger viajó a Estocolmo para presenciar la entrega del Nobel de Medicina a su padre. Arthur Kornberg fue distinguido, junto con el español Severo Ochoa, por sus estudios sobre la transferencia de la información genética de una molécula de ADN a otra. Cuarenta y siete años después, su hijo, Roger D. Kornberg, ha recibido el Premio Nobel en Química 2006 por describir cómo esa información es copiada fuera del núcleo celular para ser usada en la producción de proteínas.

Actualmente, Roger D. Kornberg, de 59 años, sigue ejerciendo como catedrático de Medicina en la Universidad de Stanford, CA.

Pilar Fernández Hernando
Dpto. de Ciencias Analíticas

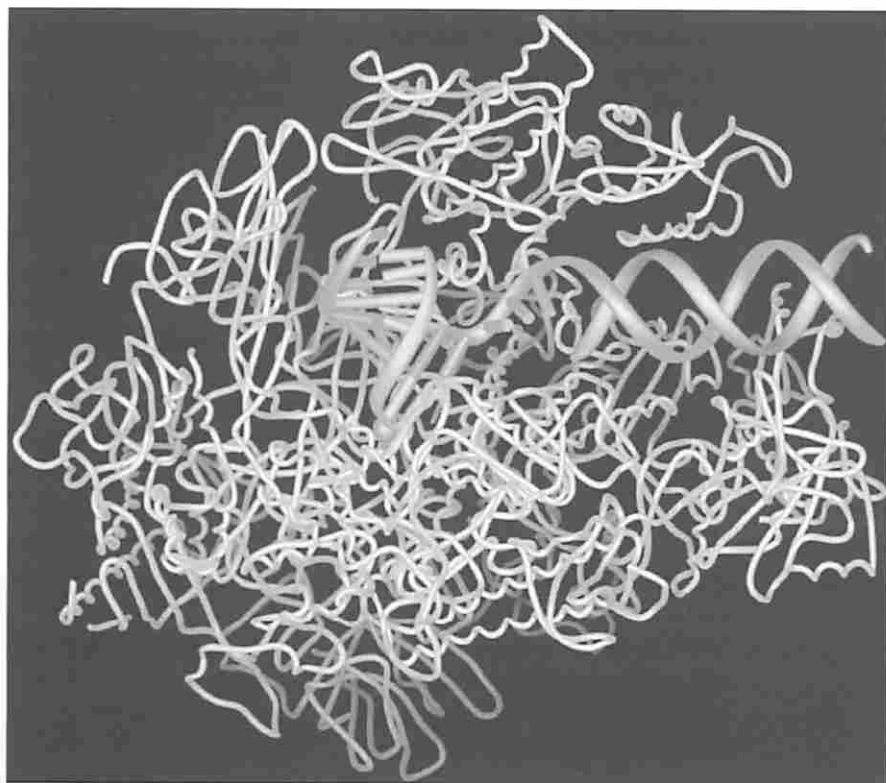


Figura 1. ARN-polimerasa en plena acción.

¹ Ver Figura 1 en portada.

EFEMÉRIDES

William Thomson, Lord Kelvin of Largs (1824-1907)

Se cumple este año el centenario de la muerte de William Thomson, Lord Kelvin, uno de los más destacados representantes de la Física del siglo XIX.

William Thomson nació en Belfast (Irlanda del Norte) el 26 de junio de 1824. Sus antepasados se habían establecido en Irlanda en el siglo XVII, procedentes de Escocia. Aunque durante generaciones fueron granjeros, el padre de William, James Thomson, asistió a una escuela

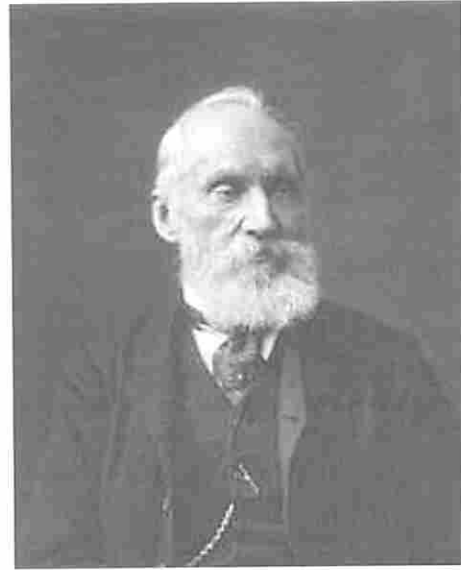
la rural en la que pronto llegó a ser profesor. Al mismo tiempo, de forma casi autodidacta, estudió lenguas clásicas y matemáticas, lo que le permitió acceder en 1810 al Glasgow College, donde obtuvo un título de Master of Arts en 1812. En 1806 se había creado la Institución Académica de Belfast, con financiación básicamente privada y promovida por los whig irlandeses, con el propósito de proporcionar instrucción por encima de las

barreras religiosas. James Thomson comulgaba con dichos ideales y en 1814 entró en la institución como profesor de matemáticas y filosofía natural, y en ella permanecería hasta 1832. Sin embargo, la muerte de su mujer en 1830 le dejó con 7 hijos (el mayor de 11 años), de los cuales William era el cuarto. En estas circunstancias, James pensó que era mejor trasladarse a Escocia. Ese mismo año había quedado vacante la cátedra de matemáticas en la Universidad de Glasgow y James solicitó el puesto, que obtuvo en 1832.

James Thomson se hizo cargo personalmente de la educación primaria de sus hijos. Los hijos varones hicieron sus estudios secundarios en el Glasgow College. El mayor de ellos, James, dos años mayor que William, estaba destinado a hacerse ingeniero, pero problemas de salud impidieron que iniciara su aprendizaje. Con el tiempo, y superados los problemas de salud, James llegó a ser catedrático de ingeniería en Belfast y más tarde sucedió a Rankine en Glasgow.

William mostró desde muy joven una gran pasión por las matemáticas. Ya en 1840, con apenas 16 años, escribió un «Ensayo sobre la forma de la Tierra» que ganó un premio académico en Glasgow. Ese mismo año leyó la *Teoría Analítica del Calor* de Fourier, que iba a tener una influencia decisiva en su trabajo. Para conseguir una completa formación matemática el lugar más adecuado era Cambridge. De hecho, la Universidad de Cambridge era un paso casi obligado para alcanzar cualquier posición importante en el Reino Unido, aunque el clasismo de las élites inglesas, unos estatutos rígidos presos de la tradición y una excesiva veneración por Newton habían anquilosado algo las enseñanzas. Afortunadamente, en los años 30 un grupo de reformadores, incluyendo a Charles Babbage, John Herschel, William Whewell y otros, se habían esforzado por actualizar el currículo científico. También se fundó el *Cambridge Mathematical Journal*, para dar cabida a las tendencias matemáticas más modernas procedentes del Continente, y en donde William Thomson, siendo todavía un joven estudiante en Glasgow, publicó algunos artículos. (Thomson firmaba estos primeros artículos como P.Q.R., tomado de la terminología estándar para una expresión diferencial: $du = Pdx + Qdy + Rdz$.)

William Thomson ingresó en el St. Peter's College de Cambridge en 1841. Todos los graduados en Cambridge debían superar al final de su graduación un examen de matemáticas, el famoso Mathematical Tripos, que se desarrollaba a lo largo de toda una semana en sesiones de mañana y tarde. Para preparar este examen, las lecciones que se impartían oficialmente en la universidad eran claramente insuficientes. Por ello, en Cambridge abundaban los preparadores privados o «coachs» que daban clases particulares al margen de los colleges a los que no podían pertenecer dado que ello implicaba aceptar severas condiciones tanto en la confesión religiosa como en el estado civil. El padre de William concertó que su hijo estudiase con el más famoso de todos ellos, William Hopkins, el «hacedor de senior wranglers», por



William Thomson, Lord Kelvin of Largs.

cuya escuela habían pasado muchos de los primeros wranglers de los últimos años. Thomson pasó el Tripos en enero de 1845 y, contra todo pronóstico, «sólo» quedó segundo wrangler. Sin embargo, pocas semanas más tarde quedó primero en el Premio Smith, un concurso de ensayos científicos reservado a los mejores clasificados en el Tripos.

Thomson podía haber optado a quedarse en Cambridge, pero su futuro estaba en Glasgow. Una primera posibilidad era la de suceder a su padre como catedrático de matemáticas, pues se había abierto una universidad en Belfast (la segunda de Irlanda tras el Trinity College de Dublín) y James Thomson era un fuerte candidato para rector. Sin embargo, las circunstancias políticas aconsejaron que el cargo de rector fuese a una persona más neutral que Thomson padre, bien conocido por su filiación whig. La segunda posibilidad era que W. Thomson optara a la cátedra de filosofía natural de Glasgow, que previsiblemente iba a quedar vacante dado el precario estado de salud de William Meikleham, quien la ocupaba. Para garantizar esta opción era conveniente que Thomson adquiriese una formación en física experimental, algo que entonces no existía en Cambridge, ni prácticamente en ninguna universidad británica. Por esta razón, terminados sus estudios en Cambridge, W. Thomson fue a París, donde conoció a Liouville, a Biot, a Chasles, ... y, en especial, a Victor Regnault, entonces considerado el mejor físico experimental en Francia y en cuyo laboratorio trabajó intensamente durante varios meses. Con esta amplia formación, y con cartas de recomendación de August de Morgan, Arthur Cayley, William Hamilton, George Boole, George Stokes y Victor Regnault, entre otros, W. Thomson fue elegido finalmente para ocupar la cátedra de filosofía natural en 1846, cuando solo tenía 22 años.

Una de sus primeras actividades en Glasgow fue la creación de un laboratorio de física que pronto se convertiría en un laboratorio de referencia en todo el Reino



Universidad de Glasgow.

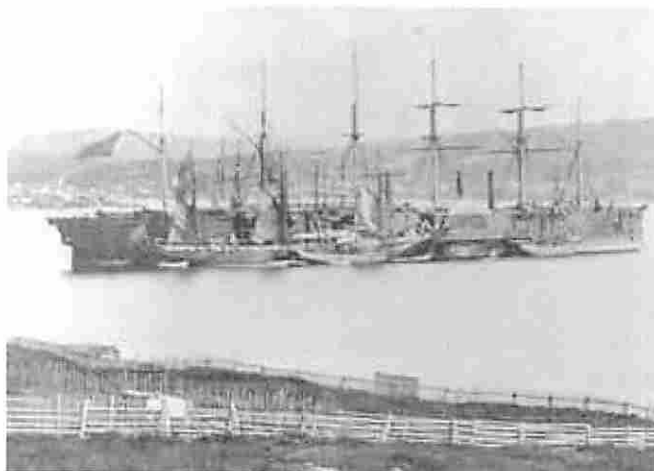
Unido. En él se realizaban trabajos importantes, tanto para el apoyo a la investigación teórica como trabajos prácticos ligados a las industrias metalúrgica y naval que florecían en las orillas del Clyde en Glasgow.

Fruto de este interés por el desarrollo tecnológico fue su implicación en el tendido de los cables telegráficos transatlánticos. Ya en los años 30 y 40 se habían tendido largos cables transcontinentales, pero los cables submarinos presentaban un gran problema añadido. Los cables estaban constituidos por un cable central de cobre recubierto de una envoltura aislante de gutapercha, todo ello dentro de una vaina de hierro. De este modo, un material dieléctrico (gutapercha) entre dos conductores (cobre y hierro más agua salada) constituía una especie de condensador cilíndrico de gran capacidad y ya Faraday advirtió que esto retardaría los pulsos eléctricos, con la consiguiente reducción de la velocidad y claridad de los mensajes. Las advertencias de Faraday fueron desestimadas por Wildman Whitehouse que, aunque médico de formación, pasaba por ser uno de los mayores expertos en el tendido de cables telegráficos. Por el contrario, Thomson estudió el problema en detalle, aplicando a la transmisión de la señal telegráfica los mismos métodos que Fourier había aplicado a la transmisión del calor. Obtuvo así una ecuación de difusión con un coeficiente inversamente proporcional a la resistencia y la capacidad por unidad de longitud del cable, lo que indicaba que un pulso en el origen se dispersaría y su máximo tardaría en llegar al otro extremo del cable un tiempo proporcional al cuadrado de su longitud. Así, una señal transmitida a través del Atlántico sufriría un retraso de varios segundos, lo que suponía que apenas podría transmitirse una palabra por minuto. Para disminuir el retardo en lo posible, Thomson sugería aumentar el radio del cable de cobre conductor, para disminuir la resistencia, y aumentar en correspondencia el radio de la cubierta aislante de gutapercha para mantener constante la capacidad inductiva del cable.

Thomson entró como socio en la *Compañía Telegráfica Transatlántica*. El tendido del cable transatlántico entre Gran Bretaña y los Estados Unidos es una de las proezas tecnológicas del siglo XIX. El primer cable se

tendió en 1858 (el propio Thomson iba en uno de los barcos). El primer mensaje, un mensaje de felicitación de la reina Victoria, se recibió en el Ayuntamiento de Nueva York en agosto y tardó 16 horas en transmitirse. Sin embargo, las señales de los sucesivos mensajes fueron haciéndose cada vez más débiles hasta que en octubre dejaron de recibirse por completo. El primer intento se saldó con un fracaso: la Compañía tuvo que despedir a todo el personal y vender sus activos. Se hizo una investigación del fracaso que se prolongó durante varios años. Se identificaron varias causas: el tratamiento mecánico del cable había sido bastante defectuoso y la envoltura de gutapercha se había roto en varios lugares, poniendo al cobre en contacto con el agua; además, la resistencia del cobre en diferentes lugares presentaba variaciones de hasta un cien por cien; finalmente, el sistema utilizado para iniciar la señal tampoco era el adecuado. Todas las culpas recayeron en Whitehouse que fue despedido. En 1865 y 1866 se tendieron dos nuevos cables según las prescripciones de Thomson. Esta vez el tendido fue, si cabe, más laborioso. En 1858 los Estados Unidos habían colaborado en la tarea, pero luego se había desencadenado la Guerra Civil y el tendido corrió a cargo exclusivamente de los británicos. El cable pesaba en total más de 6000 toneladas, y para su transporte y tendido se recurrió al buque más grande que había salido de los astilleros británicos, el *Great Eastern*, de 20.000 toneladas. Para registrar las débiles señales recibidas Thomson diseñó el galvanómetro de espejo (que más tarde sería reemplazado por el receptor de sifón, que registraba las variaciones de la señal en una cinta continua). Esta vez el éxito fue total y, finalmente, se estableció una comunicación fiable entre los dos lados del Atlántico. Cada mensaje seguía necesitando horas, pero esto no era nada comparado con los días o semanas que requería un mensaje por barco.

Este triunfo le valió a Thomson el título de «sir». Además, los beneficios de la Compañía, así como los ingresos por las patentes de los receptores, le reportaron una gran fortuna. En 1870, sir William Thomson se compró un yate de 126 toneladas, el *Lalla Rookh*, que



El «Great Eastern» en 1866.

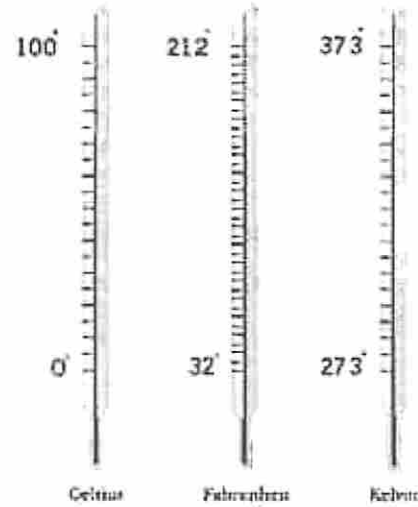
iba a convertirse en su segunda casa, donde pasaría la mayor parte del tiempo que le dejaban libre sus obligaciones docentes en la universidad. Llegó a decir que solo en su yate podía concentrarse para hacer matemáticas. Uno de sus primeros invitados a bordo, Hermann von Helmholtz, comentaba admirado cómo en mitad de una velada en el yate, Thomson se retiraba repentinamente a su camarote para desarrollar una idea que le había venido. El *Lalla Rookh* sirvió también como banco de pruebas para algunos instrumentos que diseñó para ayuda a la navegación, como un aparato para sondear los fondos marinos sin necesidad de detener el barco. Asimismo, Thomson diseñó una brújula marina que permitía corregir la influencia que sobre la aguja magnética ejercía el casco de los barcos de hierro. Además de ser consultor de muchas compañías, fundó su propia empresa para la comercialización de estas brújulas que pronto fueron adoptadas por las compañías navieras más importantes.

Por todas estas aportaciones, que permitieron consolidar el Imperio Británico, W. Thomson fue nombrado lord, el primer británico elevado a la nobleza por sus aportaciones científicas. Parece, no obstante, que a ello también ayudó su conocida posición en contra de la Home Rule que pretendía separar Irlanda de Gran Bretaña, lo que le valió el apoyo de los whigs escoceses en la Cámara Alta. Thomson, que seguía manteniendo fuertes lazos con Irlanda del Norte, creía que Irlanda saldría más beneficiada industrial y tecnológicamente con su pertenencia al Reino Unido que con una independencia que la dejaría en manos de clérigos católicos reaccionarios. Sea como fuere, Thomson fue nombrado lord en 1892, para lo que escogió el título de Lord Kelvin de Largs, nombre de un riachuelo, afluente del Clyde, que cruzaba una hacienda que poseía cerca de Glasgow.

Algunos científicos contemporáneos de Thomson consideraban su dedicación a la industria y sus actividades empresariales como distracciones que le apartaban de los verdaderos objetivos de un hombre de ciencia. Sin embargo, las contribuciones teóricas de Thomson fueron ingentes y no menos importantes.

Como ya se ha dicho, el primer acercamiento de Thomson a la física fue a través de «el gran poema matemático de Fourier», como calificaba a la *Teoría Analítica del Calor*. Mediante una analogía matemática, las mismas técnicas permitían estudiar los fenómenos relacionados con la electricidad. Esta aproximación fenomenológica evitaba el compromiso tanto con los complicados modelos en los que el calor y la electricidad se transmitían por contacto entre partículas microscópicas como con la teoría del campo de Faraday, aunque poco a poco Thomson se fue acercando más hacia esta última. Thomson obtuvo así varios teoremas fundamentales, aunque más tarde advirtió que éstos ya habían sido obtenidos anteriormente, por otros métodos, por Gauss y Green.

En 1847, Thomson propuso una escala absoluta de temperaturas, con la que su nombre (mejor dicho, su tí-



Escalas de temperatura.

tulo de nobleza) ha quedado indisolublemente relacionado. Thomson hacía una analogía entre el trabajo generado cuando una cantidad dada de agua caía entre dos alturas y el trabajo generado cuando una cantidad de calor dada Q «caía» entre dos temperaturas. De la misma forma que en el primer caso el efecto mecánico solo depende de la diferencia de las dos alturas, en el segundo el efecto mecánico solo dependía de la diferencia de temperaturas. Por ello propuso una escala de temperatura tal que el trabajo producido por una máquina térmica que trabajara entre dos temperaturas $T + 1$ y T fuera el mismo independientemente del valor de T . Esta definición era apropiada (y experimentalmente coincidía con la escala basada en un termómetro de gas) aunque, curiosamente, Thomson estaba partiendo de un concepto erróneo del calor pues en ese momento todavía pensaba, siguiendo a Carnot, que el calor se conservaba al pasar de un foco a otro y no que hubiera una conversión de calor en trabajo. Poco después conoció a Joule y sus experimentos sobre la interconvertibilidad de calor y trabajo, y así llegó a convencerse de que el calor era una forma de energía ligada a movimientos microscópicos. De este modo llegó a formular su versión de la segunda ley de la termodinámica. Ahora quedaba claro que una máquina térmica absorbía una cantidad de calor Q_C de un foco caliente y cedía una cantidad de calor Q_F a un foco frío y, para una máquina reversible con el máximo rendimiento posible, la razón Q_C/Q_F entre los calores absorbido y cedido era igual a la razón de las temperaturas absolutas de los focos.

No obstante, y a diferencia de la teoría cinética de Maxwell, Thomson no pensaba que el calor estuviera relacionado con el movimiento traslacional de átomos, en los que nunca creyó, sino que era más bien un movimiento rotacional de atmósferas de éter que rodeaban a partículas materiales. En un momento llegó a pensar incluso que el calor era un fluido eléctrico en rotación. Con esto trataba de explicar no solo el efecto Joule de disipación en un conductor por el que circula una co-

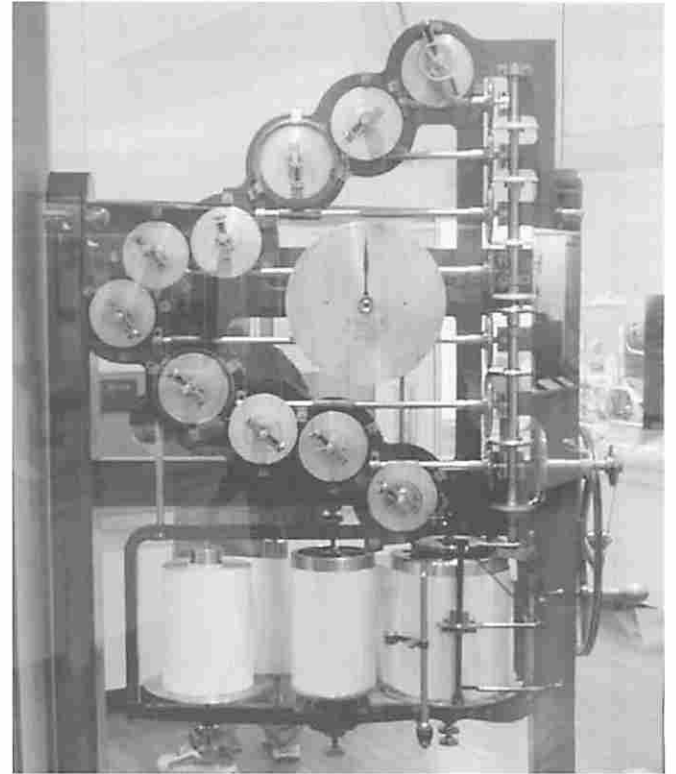
riente eléctrica, sino también los efectos termoeléctricos en los que una diferencia de temperatura entre los extremos de un conductor generaba una corriente eléctrica.

Si el nombre de Thomson está asociado a la unidad de temperatura, no menos importante fue su contribución al establecimiento de un sistema de unidades estándar para las magnitudes eléctricas que las relacionase con las magnitudes mecánicas. De especial importancia era también establecer la relación entre las unidades electrostáticas y las electromagnéticas, relación que sería decisiva en la identificación de la luz con ondas electromagnéticas. A esto dedicó buena parte de los trabajos de su laboratorio y para ello diseñó algunos aparatos como electrómetros para medir el potencial eléctrico o la «balanza de corrientes» para medir con precisión el efecto mecánico de las corrientes eléctricas. (Vale la pena señalar que uno de los problemas planteados en la Olimpiada Internacional de la Física celebrada en Salamanca en el año 2005 trataba precisamente de los métodos diseñados por Thomson para las medidas de la resistencia y la intensidad de corriente).

En 1867, W. Thomson, en colaboración con Peter Guthrie Tait, publicó el *Tratado de Filosofía Natural*. La idea había partido de Tait en 1861, con el objetivo inicial de producir un libro de texto al alcance tanto del conocimiento como de la economía de los estudiantes que quisieran acercarse a la física. Sin embargo, el proyecto fue creciendo hasta convertirse idealmente en un tratado unificado que compendiasse toda la física. Finalmente solo llegó a publicarse una pequeña parte del proyecto que, pese a todo, ocupaba más de 700 páginas. El *Tratado* presentaba la mecánica partiendo del principio de conservación de la energía y principios variacionales. Fue el primer texto que presentaba la física de una forma moderna e integrada, e incluso presentaba ideas que solo han sido plenamente entendidas y desarrolladas hace algunos años, como la idea contraintuitiva de la inestabilidad inducida por disipación. Con el *Tratado* de Thomson y Tait se formaron la mayoría de los físicos británicos de la segunda mitad del siglo xx.

Poco a poco, Thomson fue forjándose la idea de que todos los fenómenos físicos se remitían en última instancia a movimientos y acciones ejercidas por algo material. Así, Thomson fue alejándose de las meras analogías matemáticas para construir modelos mecánicos para todas las interacciones. Su idea queda muy bien expresada en sus Baltimore Lectures, pronunciadas en la Universidad Johns Hopkins en 1884: «Nunca quedo satisfecho hasta que puedo hacer un modelo mecánico de una cosa. Si puedo hacer un modelo mecánico, puedo entenderla. Mientras no pueda hacer un modelo mecánico acabado no puedo entenderla; y por eso es por lo que no puedo entender la teoría electromagnética».

En los años 50 Thomson había imaginado un éter fluido que era simplemente una versión rarificada del aire y que se extendía más allá de la atmósfera; a este continuo aire-éter le llamó «aer». Las partículas materiales eran vórtices en este éter fluido. Más tarde sustituyó este mo-



Máquina de Thomson para predecir las mareas.

delo de éter por un éter sólido elástico, que permitía ondas longitudinales. Sin embargo, ningún modelo le permitía explicar la corriente de desplazamiento, el ingrediente más fundamental de las ecuaciones de Maxwell del electromagnetismo, y por ello se negó a aceptarlo. Ciertamente Maxwell también se había basado en una elaborada analogía mecánica para construir su teoría, pero luego no tuvo ningún inconveniente en prescindir del modelo e interpretar sus ecuaciones como balances e intercambios de energía en el éter. Hertz llegó más lejos al decir que «la teoría de Maxwell es simplemente la teoría de las ecuaciones de Maxwell», una expresión que resultaba aborrecible para Thomson. Finalmente su actitud le puso en contra de los maxwellianos ortodoxos como Larmor, FitzGerald, Heaviside u Oliver Lodge.

Otra controversia en la que se vio involucrado Thomson fue la que tuvo lugar acerca de las edades de la Tierra y del Sol. Para Thomson, el universo había sido creado en algún momento en un estado en el que las partículas materiales estaban infinitamente alejadas, de modo que la energía inicial del universo era prácticamente energía potencial gravitatoria. Poco a poco la materia se habría ido aglomerando para formar los grandes cuerpos celestes. En los más masivos, como el Sol, la compresión gravitatoria generaba calor, pero este mecanismo (que ya había sido propuesto por Helmholtz) solo podría generar calor durante algunos cientos de millones de años. En cuanto a la Tierra, la aplicación de los métodos de Fourier llevaba a la conclusión de que el enfriamiento desde un estado magmático al estado actual no podría haber durado más de algunas decenas de millones de años. Estas estimaciones entraban en conflicto

con la teoría uniformitaria en geología. Según ésta, la orografía actual era resultado de la acción de fuerzas orogénicas prácticamente constantes actuando sobre cientos de millones de años. Thomson no solo no admitía periodos de tiempo tan largos sino que también pensaba que la actividad orogénica habría sido mucho más violenta al principio y habría producido cambios drásticos y rápidos en la superficie terrestre.

La polémica adquirió un nuevo matiz cuando en 1859 se publicó *El Origen de las Especies* de Charles Darwin. Ahora era la selección natural la que requería enormes periodos de tiempo para producir la evolución de los organismos vivos. Thomson seguía pensando que decenas de millones de años atrás las condiciones de la Tierra eran totalmente inapropiadas para cualquier tipo de vida. Thomson no negaba directamente la idea de evolución, pero ésta solo podía ser una evolución dirigida por alguna voluntad divina y no una evolución por selección natural.

Aunque las posturas eran enfrentadas, la controversia discurría por unos cauces científicos exquisitos, lejos de la acritud del famoso debate entre Huxley y el Obispo Wilberforce. Curiosamente, George Darwin, hijo de Charles Darwin, era físico y consideraba a Thomson como su mentor, algo de lo que su padre Charles estaba profundamente orgulloso. De hecho, las investigaciones de George Darwin sobre las mareas y su influencia en la rotación terrestre seguían ideas del propio Thomson. George intentó una aproximación entre las posturas de su padre biológico y su padre científico pero, aunque la distancia se redujo algo, seguía siendo infranqueable.

El descubrimiento de la radiactividad a principios del siglo XX proporcionaba un mecanismo de generación constante de calor que podía dar cuenta de una duración mucho mayor del Sol y evitaba la necesidad de suponer un enfriamiento constante de la Tierra a partir de un es-

tado caliente primigenio. George Darwin, como el propio Rutherford en una famosa conferencia en la Royal Institution en presencia del propio Thomson, le ofrecieron a éste una salida airosa. Incluso convirtieron su rechazo en una muestra de visión profética, al resaltar que lo que Thomson había dicho exactamente era que sus estimaciones eran inevitables «a menos que el gran almacén de la creación disponga de fuentes ahora desconocidas para nosotros». Sin embargo, Thomson, aun aceptando el hecho de la radiactividad, se negó a aceptar que tuviera importancia a estos efectos.

Un biógrafo de Thomson dijo que éste había estado acertando durante la primera parte de su vida y equivocándose durante la segunda. La frase, sin matices, es algo dura: aunque equivocadas, las ideas de Thomson eran muy sugerentes y siempre generaban un debate esclarecedor. También se suele atribuir a Thomson la afirmación de que toda la física estaba ya completa y que la única tarea que quedaba consistía en llegar a una precisión de más cifras decimales. No está muy claro que Thomson dijera esto realmente. Sí esta documentada, en cambio, su conferencia de 1900 en la Royal Institution titulada «Nubes del siglo XIX sobre la teoría dinámica del calor y la luz». Una nube era el fracaso del principio de equipartición para explicar algunos calores específicos; la otra era el fracaso en detectar el movimiento de la Tierra con respecto al éter. Ambas se convertirían en nubarrones que iban a acabar con la física clásica, llevando a la teoría cuántica y a la relatividad especial, respectivamente. Pero Thomson apenas tuvo tiempo de verlo: murió el 24 de diciembre de 1907. Fue enterrado en la Abadía de Westminster, cerca de la tumba de Isaac Newton. No es mala compañía.

J. Javier García Sanz

Dpto. de Física Fundamental

Hertz (1857-1894) y las ondas hertzianas

PRIMEROS PLANTEAMIENTOS

La obra cumbre de Isaac Newton (1643-1727) conocida como *Principia* (*Philosophical naturalis principia mathematica*) fue publicada en Londres en 1687 y puede ser considerada como la obra que culmina la «primera revolución científica». Las palabras de Lagrange (1736-1813) expresan la trascendencia de este científico británico cuando dice que *fue el más grande genio que ha existido y también el más afortunado*

dado que sólo se puede encontrar una vez un sistema que rija el mundo. Las nuevas doctrinas newtonianas no llegaron al continente europeo hasta el siglo XVIII marginando las concepciones de los vórtices de Descartes (1596-1650) al imponer la idea de la acción gravitacional a distancia entre partículas o corpúsculos dotados de masa. Por otra parte, el concepto corpuscular de la luz enunciado por Newton tenía una aceptación mayor que las propuestas ondulatorias establecidas en el siglo XVII. Salvo escasas excepciones, el para-

digma de la *mecánica clásica* fundado en los trabajos de Galileo (1564-1642) y de Newton era mundialmente aceptado, hasta la segunda mitad del siglo XIX, en que cuando surge un nuevo paradigma con nuevos y decisivos planteamientos.

Los primeros pasos del nuevo camino se relacionan con los fenómenos eléctricos y magnéticos cuya explicación había sido una preocupación del mundo científico del momento con resultados importantes. Para nuestra historia fue decisiva la experiencia realizada