
La teoría de los *quanta* en España

Antonio Moreno González

Arbor CLXVII, 659-660 (Noviembre-Diciembre 2000), 603-620 pp.

En España la incorporación de la teoría de los cuantos de Planck a las revistas y otras publicaciones de difusión de la actividad científica, a las enseñanzas secundaria y universitaria, así como a los ámbitos de información y debate donde tuvieron eco las noticias sobre el panorama científico internacional, fue desigual y en algunos casos tardía. De cómo se produjo este proceso de actualización científica y el atisbo de algunas razones que pudieran justificar la tardanza en dar por buena la novedad de los quanta, me ocuparé en las páginas que siguen.

A mediados de los años 70, cuando inicié la búsqueda de referencias sobre hechos y personas asociados con el desarrollo de la física en España, me puse como primera tarea extraer toda la información posible de *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*. Con motivo del 75 Aniversario de esta Sociedad tuve ocasión de exponer algunos detalles de la actividad desplegada por físicos y químicos españoles, a través de *Anales* y otras acciones promovidas desde la Sociedad para fomentar el interés por las ciencias experimentales entre la ciudadanía, destacando en tales acciones la difusión de las novedades científicas de la época, entre las que sobresalían la teoría de la relatividad de Einstein y la teoría de los cuantos de Planck. De ambas se dieron cumplida cuenta en *Anales*¹, como a propósito de los cuantos veremos seguidamente. En relación con el proceso de asentamiento de la teoría cuántica en España, se han producido escasas publicaciones, hasta la fecha, siendo la más destacable «La ciencia española se internacionaliza: la introducción de la teoría cuántica en España (1908-1919)» de José M. Sánchez Ron en *Cinquenta*

anys de ciència y tècnica a Catalunya (Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 1987). En realidad casi puede asegurarse que el asunto está prácticamente agotado como objeto de investigación y que poco más puede decirse que lo dicho hasta ahora, por lo que el trabajo que me ocupa no puede ir mucho más allá de lo sabido desde hace años. No obstante, incluyo en esta ocasión alguna información más sobre los prolegómenos de la introducción de la teoría en España, su incorporación a los libros de texto y otras noticias de interés.

De la *materia radiante* al cuerpo negro

La edición en 1880 de *La materia radiante*² por José Rodríguez Mourelo³ compendia la información confusa y dispersa que sobre lo que se tenía como «el cuarto estado de la materia» venía siendo objeto frecuente de publicación en libros, revistas, discursos académicos y otros medios de divulgación.

La denominación «cuarto estado», debida a William Crookes (1832-1919), inventor del radiómetro, se refería al «estado» asociado con las partículas cargadas que en opinión del físico inglés componían la radiación producida en un tubo llamado, asimismo, de Crookes. Aunque los partidarios de esta idea consideraban que aquellos rayos catódicos eran una especie de gas altamente enrarecido, hasta el punto de considerarlo un cuarto estado, lo que en definitiva se estaba gestando era el reconocimiento de lo que Stoney en 1891 sugirió como la mínima carga eléctrica, el electrón, finalmente identificado por J. J. Thomson, en 1897.

Mourelo con una visión acertada de lo porvenir consideraba que «los trabajos de W. Crookes son acaso el primer fundamento, la base segura de una ciencia nueva (*fotodinámica*, propone llamarla Mourelo), que parece completar el estudio de la evolución de la energía, demostrando la solidaridad de todos los fenómenos de la Naturaleza». El profesor español destaca que la serie de trabajos de Crookes para determinar la acción mecánica de la radiación «vendría a evidenciar el principio de la unidad de las fuerzas físicas», pretensión unificadora que viene presidiendo el desarrollo de la ciencia física desde que se consolidara como tal a partir de la síntesis newtoniana.

Muestra del interés despertado por la radiación es su inclusión en los libros de texto, donde la aparición de novedades científicas suele ser bastante tardía. Por ejemplo, en la Física de Marcolain⁴, la segunda parte es titulada «Radiología», y en «Electrología» trata de la *materia radiante* de Crookes y del reciente descubrimiento (1894) por Lènard, discípulo de

Hertz de que dicha materia puede identificarse con los *rayos catódicos*. Y así otros que sería prolijo enumerar.

Los textos españoles tardan, en cambio, en ocuparse del «cuerpo negro». Quizá uno de los primeros textos que circuló por nuestras aulas, recomendado para las Facultades de Ciencias y Escuelas de Ingenieros, sea el de Chappuis⁵, cuyo capítulo segundo trata de «la ley de Kirchhoff, cuerpo negro, emisión y temperatura, repartición de la energía en el espectro del cuerpo negro, límite de las radiaciones caloríficas absorbidas», donde todavía no se menciona la cuantificación propuesta por Planck.

Entre las primeras publicaciones españolas que se ocupan de la energía de radiación del cuerpo negro, hay que destacar las «Notas alemanas de Física» que junto con las «Notas alemanas de Química» aparecían periódicamente en *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* enviadas desde aquel país por el Dr. Werner Mecklenburg. En la número 9 (t. IV, 1906) sobre «Investigaciones acerca del arco voltaico», comenta los resultados obtenidos por distintos físicos en las mediciones de la «temperatura negra» del arco, aplicando en algunos casos las leyes de Wien o la de Stefan-Boltzmann. En el trabajo original del que está sacada la nota⁶ se comenta que la temperatura verdadera del arco debe ser más elevada que la contenida en las tablas, pero «la magnitud de elevación no se puede averiguar exactamente, pues todavía no se conoce bien la diferencia existente entre la radiación del carbón y la del cuerpo negro».

La nota 29 (t. V, 1907) —«La energía de la luz emitida por un cuerpo negro incandescente»— comienza con la siguiente observación: «No obstante la importancia teórica y práctica, son bastante exiguos nuestros conocimientos acerca de la energía de la luz emitida por un *cuerpo negro*». A continuación relata las mediciones hechas por Walter Nernst utilizando un pirómetro de Wanner y tomando «el valor de 14600 de la constante de la ley de Wien-Planckiana».

En el t. VI (1908), la nota 93, en este caso «Nota de Química», se da cuenta de las discusiones habidas en la XV Asamblea general de la Sociedad Bunsen sobre la luminiscencia química. Nuevamente es mencionada la ley de Kirchhoff sobre el poder de emisión del «cuerpo negro». En la búsqueda de explicaciones a la confusa fenomenología de la radiación, la nota termina: «Parece existir una relación entre la luminiscencia química y el efecto fotoeléctrico, puesto que los sistemas químicos sensibles para la luz, mediante insolación por los rayos activos, a menudo emiten electrones». En la nota 19 (t. V, 1907), Mecklenburg se ocupó del efecto fotoeléctrico.

De los «cuerpos ennegrecidos» se ocupa Lucien Poincaré, en la traducción que de *La Física Moderna* hace el ingeniero militar Rafael Apa-

ricio. En el Capítulo X —El éter y la materia— escribe: «Con motivo de la medida de las temperaturas ya hemos señalado los trabajos experimentales de MM. Lummer y Pringsheim y los estudios teóricos de Stephan y de M. Wien; se pueden considerar hoy día como bastante bien conocidas las leyes elementales de la radiación de los cuerpos ennegrecidos, en particular el modo cómo cada radiación elemental crece con la temperatura». Para referirse más adelante⁷ al propósito frustrado de Lorentz por explicar el mecanismo de los fenómenos de emisión y absorción de la radiación recurriendo a las leyes de la Termodinámica, a la ley de Kirchhoff en particular, encontrando «así otra vez las leyes de Planck y Wien, pero desgraciadamente el cálculo no se puede hacer más que para grandes duraciones de onda y aún subsisten muchas y graves dificultades», abundando el autor en las dificultades por las que atravesaba la física «para crear una teoría acerca de la radiación».

La inseguridad expresa o latente entre los científicos ante las ideas revolucionarias que acarrearía la propuesta de Planck, manifiesta por ejemplo en las traducciones de obras destinadas a la actualización científica donde no se menciona dicha teoría⁸, repercute en los libros de texto que durante años se hablará a lo sumo del cuerpo negro, decayendo la atención prestada a la materia radiante como cuarto estado de la materia en favor de la admisión de la teoría electrónica de la materia. Veamos como muestra el caso de Ignacio González Martí, autor de uno de los libros más utilizado entre el profesorado de segunda enseñanza y facultades de ciencias durante el primer tercio del siglo XX.

En el prólogo a la tercera edición (Madrid, 1918) de su *Tratado de Física General*, González Martí advierte que el capítulo titulado Radiología «incluye algunas novedades que responden al estado actual de la Ciencia: entre otras, el estudio del cuerpo negro y las leyes que a él se refieren». En la primera edición de esta obra (Madrid, 1904-5) no se hace referencia al cuerpo negro. En la 2ª (1912) apunta en el prólogo que prefiere tratar de hechos y leyes de la física ya consolidados evitando las hipótesis, en este caso se refiere a las relativas a la naturaleza electrónica de la conductibilidad eléctrica.

Esta es la definición que da de cuerpo negro: «el *cuerpo negro* se caracteriza porque sus poderes reflector, difusor y transmisor son nulos, mientras que, por el contrario, el poder absorbente es igual a la unidad: como el negro de humo se encuentra en estas condiciones, se le debe considerar idéntico al cuerpo negro que se acaba de definir»⁹.

Y continúa: «La noción de cuerpo negro no supone que sea siempre de este color y que no emita nada; el negro de humo o el recinto anterior (a la cavidad descrita como modelo de cuerpo negro se refiere), pueden calen-

tarse hasta el rojo y ser, por lo tanto, luminosos, sin que pierdan ninguna de sus propiedades: en este caso, emiten mayor energía radiante que cualquier otra sustancia calentada en el aire a la misma temperatura. Esta analogía entre el negro de humo y el recinto que constituye el cuerpo negro ha conducido a tomar el primero como tipo de comparación en la medida de los poderes absorbentes y emisivo relativos». Exponiendo a continuación «las leyes de la emisión del cuerpo negro»: las de Wien y de Stefan.

Se muestra reacio a la inclusión de novedades científicas en el texto, lo que acaso explique la no alusión a la teoría de los cuantos en ediciones tardías como la 4ª de 1922. Así justifica su actitud en relación con otra teoría revolucionaria de la época: la teoría de la relatividad, que si bien considera su influencia en «la alta Física y en la Filosofía científica...no trasciende a la Física elemental». Física elemental que corresponde a la cursada en Institutos de Segunda Enseñanza y en los primeros cursos de las Facultades de Ciencias.

Otro factor a tener presente en la demora por dar crédito a la teoría de la radiación de Planck, es la preferencia de influyentes científicos españoles por el *energetismo*¹⁰, postura enfrentada a la discontinuidad de los átomos, al *atomismo*. Rodríguez Mourelo, por ejemplo, en *La materia radiante*, a propósito de la teoría atómica dice: «los prejuicios de una teoría, llamada a desaparecer muy en breve, han llevado muy lejos al físico inglés (se refiere a Crookes)». En este mismo sentido se pronunciaba José Rodríguez Carracido¹¹, (1856-1928), científico del 98 como Mourelo, Catedrático de Farmacia de la Universidad Central de Madrid, Decano y Rector, uno de los personajes más activos de su tiempo en avivar la decaída ciencia española de finales del siglos XIX. En su obra *La nueva Química. Introducción al estudio de la Química según el concepto mecánico* (Madrid, 1887) advierte que se ve precisado a utilizar el «lenguaje atómico», porque en él se expresan la mayoría de las teorías químicas y físicas, sin perder la esperanza que algún día fueran reconocidas las «deficiencias del atomismo». «Muy lenta y difícil —escribe Carracido— esta tarea de reformar el lenguaje científico, porque todas las hipótesis y teorías fueron concebidas bajo el supuesto avasallador del átomo, y es necesario para destruirlo rehacer desde la base toda la parte general de la ciencia».

La novedad de los *quanta*

A partir de la nota 55 de física de *Anales* (t. VII, 1909) se da cuenta de las contribuciones habidas en la 80 Asamblea de Naturalistas y Médicos alemanes, a cuya sección de física pertenecía la casi totalidad de los físicos ale-

manes, activamente participantes en aquellas reuniones anuales. Se trataba, por tanto, de un sobresaliente acontecimiento científico. Dado el interés despertado por la constitución atómica de la materia y por las radiaciones, tanto las relativas a los cuerpos incandescentes como a los fenómenos observados en las «sustancias radíferas» (radiactivas), en definitiva lo que Mourelo designaba globalmente como «sustancias activas», hubo destacadas intervenciones al respecto. El profesor Stark, de Greisswal, intervino con un discurso sobre «Observaciones nuevas en los rayos canales con relación a la hipótesis de los cuantos de luz». Y esta es la nota de *Anales*:

«Según M. Planck, autor de la hipótesis antedicha, vale esta ecuación (ley elemental):

$$e = z n h = z h c / \lambda$$

en la que son:

- e la energía electromagnética oscilatoria que se puede atribuir a un resonador o puede ser emitida por él
- z un número entero (0, 1, 2, 3, etc.)
- h el elemento de efecto planckiano = $6,55 \cdot 10^{-27}$ ergios. segundos⁻¹
- λ la longitud de onda de la radiación emitida en el vacío, y
- c su celeridad de propagación.

Esta hipótesis tan importante, Stark la ha justificado por sus estudios referentes a la distribución de la intensidad en el efecto Doppler de los rayos canales».

Ponentes en aquella 80 Asamblea fueron, entre otros, Wien, Voigt, König, Zeeman, Rubens, M. von Laue, Minkowski, y el propio Max Planck que trató del principio de acción y reacción en la dinámica general (mecánica, electrodinámica y termodinámica), disucutiendo «el problema de la cantidad de movimiento por base de la teoría de la relatividad de Einstein».

A partir de aquella nota se van sucediendo las que aluden a la teoría cuántica de Planck. Por ejemplo, la nota 62 sobre «La teoría electrónica y la valencia química», da cuenta de los trabajos de Stark al respecto, en los que para calcular la energía cinética del electrón transformada en energía de radiación de longitud de onda λ aplica «la ley elemental de Planck», que para este caso resulta ser

$$e = 6,55 \cdot 10^{-27} \ c/\lambda - 1,96 \cdot 10^{-16} \ 1/\lambda$$

En las notas relativas a la 81 Asamblea de Naturalistas y Médicos alemanes celebrada en Salzburg en 1909 (t. VIII, 1910), Mecklenburg destaca como «una de las conferencias más interesantes» la pronunciada por A. Einstein, de Bern, «autor de la famosa teoría de la relatividad acerca del desarrollo de nuestras hipótesis de la íntima esencia y la constitución de la radiación».

En la nota, Mecklenburg escribe: «En nuestro caso el problema es saber de cuántas maneras diferentes la energía total del sistema de resonadores se puede distribuir por los resonadores aislados, y para resolverlo Planck divide la energía total en particillas iguales de valor E cada una. Ahora bien, por la ley de Wien se puede inferir la ecuación $E = h\nu$, en la que h es un número independiente de ν , y al fin Planck llega a la fórmula general de la radiación

$$\rho = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \frac{1}{e^{h\nu/KT} - 1}$$

»Los desarrollos teóricos —continúa la nota— en los que ha basado Planck su teoría, no le parecen muy justificados a Einstein, y por eso el eminente físico suizo inclínase a la suposición de que es justa y correcta la teoría planckiana, pero errónea la base teórica», añadiendo seguidamente la visión que Einstein tenía sobre la estructura de la radiación y cómo se produce.

En las explicaciones dadas, o quizá mejor en las dudas planteadas, tanto por Einstein como por el informante, aparece por primera vez la dualidad onda-corpúsculo. Acaba así Mecklenburg: «Yo mismo, con esta imagen, no he deseado sino demostrar que las dos propiedades de estructura (de ondulación y de los cuantos), las que tiene por la teoría Planckiana la radiación, no se contradicen recíprocamente. La discusión que siguió a esta conferencia de Einstein ha sido muy viva».

En las diversas notas que a partir de 1910 trataron del efecto fotoeléctrico, por el que en 1921 Einstein recibiría el premio Nobel, las alusiones a la teoría de la radiación de Planck son necesariamente frecuentes, así como en las notas de Química sobre «La teoría del calor específico y la aplicación de los cuantos de energía a los problemas químico-físicos» publicadas en 1911¹².

En cuanto a la posible primera exposición pública de la teoría de Planck, deben ser las dos conferencias pronunciadas por el catedrático de Acústica y Óptica de la Universidad de Barcelona, Esteban Terradas e Illa

(1883-1950), en el primer Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias celebrado en Zaragoza en octubre de 1908. Las conferencias fueron: «Sobre la mecánica estadística» y «Teorías modernas acerca de la emisión de luz». Ambas «constituyen la primera referencia escrita que tenemos en España sobre el problema de la radiación del cuerpo negro, desde el punto de vista teórico, y de la fórmula de Planck con la introducción del cuanto de energía y la constante de acción h »¹³.

Años más tarde, en 1915, Terradas impartió en el Institut d'Estudis Catalans un curso de los «Monogràfics d'Alts Estudis y d'Intercanvi» titulado «Els elements discrets de la matèria y la radiació» publicado (1916) en la Col·lecció de Cursos de Física i Matemàtica que él mismo dirigía. Las cuatro conferencias del curso, recogidas para su publicación por J. Polit, profesor de la Facultad de Ciencias de Barcelona, fueron: Generalidades sobre la hipótesis de los elementos discretos; Teoría de los gases monoatómicos; Teoría de la radiación de Planck; Teoría del cuerpo sólido monoatómico de Debye.

En la primera, escribe Terradas: «La noción elemental discreta ha invadido hasta aquello que parecería menos asequible a ella: la emisión y absorción de las energías. Una teoría de la que nos ocuparemos en estas líneas, fecundísima en sus consecuencias y la única que se presenta relevante de acuerdo con los hechos, es decir con la distribución espectral de la energía, que nos conduce a creer que el cuerpo que emite lo hace por saltos o golpes como si tuviese su valor en cierta moneda y no pudiese cobrar ni pagar más que en ella, sin posibilidad de cambio con otra más pequeña. Esta moneda, digámoslo así, para los balances de energía, depende de la frecuencia ν de la vibración del elemento que emite o absorbe energía, y vale $h\nu$ ergs siendo h la constante de Planck que vale 6.55×10^{-27} .»

Y así comienza la tercera: «Al hablar de *radiación* se ha de entender la propagación de energía radiada en cualquiera de las formas conocidas, calorífica, eléctrica o luminosa. Se admite universalmente que el fenómeno de la radiación es de naturaleza electromagnética, de manera que las teorías de la misma o han de ser las admitidas y usuales del Electromagnetismo o han de ser teorías nuevas que comprendan a aquellas en alguna u otra forma. En la teoría de Planck, que vamos a estudiar, se admite la teoría de Maxwell complementada por la nueva hipótesis de los *quanta* de energía».

La deducción de la «ley definitiva de la radiación», la ley de Planck, que hace Terradas en la conclusión de la tercera conferencia es exactamente la misma que he incluido más arriba según una «nota de física» relativa a la 81 Asamblea de Naturalistas y Médicos alemanes, por lo que no es necesario reproducirla de nuevo.

Tanto las «notas» de *Anales* como las distintas intervenciones públicas de Terradas contribuyeron a reducir las reticencias ante la discontinuidad cuántica, además de las evidencias en favor del atomismo derivadas del descubrimiento del electrón a finales del XIX. Rodríguez Mourelo participante también en el Congreso de Zaragoza donde Terradas habló de los cuantos, acabó siendo un atomista convencido: su discurso en la sesión inaugural del curso académico de 1924-25 en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales¹⁴ es una prueba determinante de ello. «Así se comprende —escribe Mourelo— cómo las famosas hipótesis de iones y electrones o la felicísima concepción y representación del átomo de Bohr, venidas del campo de la Física pura, hayan influido de modo tan decisivo en las actuales doctrinas generales de la Química». Y más adelante incluye como guía de la doctrina que va a exponer: «los importantísimos estudios de Einstein relativos al equivalente fotoquímico; la notable ley de Planck; la de Wien», entre otras, y considera que la teoría nueva del mecanismo de la reacción química, motivo de su discurso, «constituye, bajo cierto aspecto, una generalización de la doctrina fecunda de los *quanta*».

Otrosí puede decirse de Carracido, quien en el prólogo a la *Atomística* de Mecklenburg¹⁵ se congratula de que al fin se haya publicado en lengua castellana una obra «para difundir el conocimiento de estas novísimas ideas explicativas... fundamentales para los que deseen iniciarse en la que me atrevo a llamar la Filosofía científica del siglo XX». Asimismo valora cómo el nuevo concepto de átomo enriquece «el contenido de la Química-física, cuya base doctrinal es la *Atomística*, desarrollada, al parecer, paralelamente a la *Energética*, pero, en realidad, en trayectorias convergentes, porque ya es indudable su aproximación, hasta el punto de vislumbrarse en un futuro, no muy remoto, su compenetración». Opiniones muy distintas a las que presidieron su «antiatómica» *La nueva Química*, citada más arriba.

Difusión de la teoría cuántica de Planck

El prologado libro por Carracido, donde Mecklenburg alude reiteradamente a la teoría de la radiación de Planck, termina así: «Y la energética ¿conduce y llega, si las señas no engañan, a la teoría atómica? Las investigaciones teóricas de *Planck* (90) y *Einstein* (91) y los trabajos experimentales de *Joh. Stark* (92) hacen muy verosímil que, incluso la misma energía, la fuerza que mueve el universo, está compuesta por ele-

mentos activos sencillos, por 'átomos de energía' y, por tanto, el porvenir de la energética residirá, en su desarrollo, en una teoría atómica refinada»¹⁶.

Unos años antes, en 1909, Blas Cabrera, el más reconocido físico español de su tiempo, tradujo una obra básica¹⁷ de J. J. Thomson sobre la constitución del átomo. En el prólogo, a propósito de la energía interna del electrón negativo en reposo que Stark denomina *energía elemental*, escribe Cabrera: «Esta energía la considera el físico alemán (a Planck se refiere) como oscilante, y aplicándole la relación $E_0 = h_0 n$ de Planck, donde h_0 es la constante universal de la ley de la radiación, puede deducir la frecuencia n_0 elemental del electrón que se eleva a $7,76 \times 10^{19} \text{ sec}^{-1}$ ». Cabrera, como Moureló y Carracido, también fue cauteloso a la hora de referirse a los cuantos, a los que alude por primera vez en el artículo «Teoría de los magnetones y la magnetoquímica de los compuestos férricos» publicado, junto con Enrique Moles, en *Anales* (t.X, 1912). En la conferencia inaugural del 4º Congreso de la Asociación Española para el progreso de las Ciencias (Madrid, 1913) decía Cabrera: «...y por último la hipótesis de los quanta de acción y de energía que no sólo choca con los principios semiarbitrarios que sirven de base a la ciencia...sino que está en oposición con nuestros métodos de razonar, si bien parece impuesta por los hechos»¹⁸.

Una obra que, si bien no fue traducida hasta más tarde, pero que en francés formó parte de la nutridas y actualizadas bibliotecas de Academias de Ciencias y Sociedades científicas (como la de Física y Química), que circuló y fue citada por los autores españoles es *Les Atomes* de Perrin¹⁹. Se trata de un clásico de la historia de la física escrito con amenidad, en un tono divulgador accesible a cualquier lector y con noticias de los más recientes descubrimientos. El capítulo VI —«La Lumière et les quanta»— dividido en dos partes, *Le corps noir* y *Extension de la théorie des quanta*, es una buena muestra de ello.

De lectura también amena y fácil, se incorporó a la difusión de los cuantos entre nosotros, la traducción hecha por Julio Palacios, a la sazón catedrático de Termodinámica en la Universidad Central de Madrid, de la *Teoría de los Quanta*, de F. Reiche²⁰, publicada en la colección Biblioteca Contemporánea de Ciencias, dirigida por Esteban Terradas. Ese mismo año, aquel profesor tradujo *Termodinámica* de Planck para la misma colección. En 1930, se publicó en la colección Biblioteca Matemática dirigida por Julio Rey Pastor, *Introducción a la Mecánica General* de Planck, traducida por el profesor de la Escuela de Ingenieros de Montes, Fernando Peña.

No faltaron entre las obras de divulgación algunas curiosas, tal es el caso de la versión que en 1917 hizo el ingeniero industrial Sixto Ocampo

de la 5ª edición inglesa de *La Ciencia la día*²¹. En el prólogo, el traductor a esta obra que a pesar de su modernidad en algunos aspectos, por ejemplo en lo tocante a la estructura atómica de la materia, la radiactividad, la espectroscopia, etc, no menciona la teoría de los cuantos, ni otras de actualidad, el traductor, digo, justifica al autor en estos términos: «Si el autor hubiera hablado de las ideas de Minkowski... de las de Planck... o de las de Einstein... ¿No cree el lector que con sólo la enunciación de estas ideas hay para volverse loco?.. Y lo notable del caso es que tienen (las tales ideas) un gran fundamento, que no son afirmaciones hechas al tuntún». Para terminar advirtiéndole al lector que no se sorprenda porque «van a acabar por volvernos los blanco negro... a tales extremos ha llegado la inteligencia humana en su afán por desentrañar el misterio que por todas partes nos rodea». Como puede verse, por este y otros ejemplos que podríamos sacar a relucir, hasta en el mundo de la ciencia cabe aquella castiza respuesta de Rafael «El Gallo» a quien le presentó a Ortega como filósofo que era: «¡Hay gente pa tó!».

Una fuente de interés para el conocimiento de la introducción de novedades científicas en España son los discursos inaugurales de curso en las universidades y en las academias de ciencias. No voy a ocuparme especialmente de ellos, salvo para reseñar dos de los que acaso sean menos conocidos.

Uno, el de Juan Antonio Izquierdo Gómez, Catedrático de la Facultad de Ciencias de la Universidad Literaria de Valencia, *De la enseñanza de la Física en la Facultad de Ciencias Químicas*, en la apertura de los Estudios del año académico 1917-18. Un discurso moderno, en el que tras reconocer el exitoso proceso de estas enseñanzas en otros países concluye con el lamento tan usual en tales ocasiones por parte del profesorado español: «En cambio, en nuestro país, Excelentísimo Señor, hemos tenido la habilidad de seguir el camino inverso». En su exposición sobre los nuevos aspectos de las ciencias físicas a contemplar en sus enseñanzas, a propósito de la ya tenida como irreversible teoría atómica de la materia, dice: «y aún más, la doctrina de Planck sobre el carácter discontinuo de la radiación, nos obliga a admitir que todavía el átomo deberá integrar los elementos de ésta o *quantas* que será, por ahora al menos, el límite de lo divisible». Teoría de la que se ocupa en otros momentos de su alocución.

El otro discurso es el pronunciado por Fernando Ramón Ferrando, catedrático de la Facultad de Ciencias en la Universidad de Murcia, con motivo de la inauguración del curso 1924-25, que versó sobre *Materia y Radiación*. Es extenso, 112 páginas, dividido en los siguientes apartados: El progreso actual de la Física; Materia; Radiación; La energía en la ma-

teria y en la radiación; Transformaciones de la energía; Teoría restrictiva de la emisión; y El éter.

De su actualidad sirva mencionar que en las notas bibliográficas están citadas las obras fundamentales de los protagonistas de la revolución científica del siglo XX: Planck, Rutherford, Pauli, Millikan, Perrin, Aston, Bohr, de Broglie, Lorentz, Einstein, Langevin, Becquerel, Kammerling-Onnes, Sommerfeld, Cabrera, Weyl, Moseley, entre los más sobresalientes.

Comienza dando por sentado cómo la experimentación ha favorecido el *atomismo*, cómo aquella antigua idea meramente especulativa ha sido respaldada por los hechos: «El descubrimiento de los corpúsculos, la investigación con el espectroscopio, hecha cada vez con más precisión, y los delicadísimos experimentos inteferenciales, han llevado al físico al conocimiento ultramicroscópico del Universo, respectivamente en sus tres aspectos, materia, radiación y éter. El salto dado es de gran magnitud, mucho mayor que al enunciar Newton su postulado fundamental de la Dinámica». No obstante, sigue la pauta prudencial que venimos detectando en cuantos trataron de la radiación. Si bien para Ferrando la estructura de la materia es un asunto definitivamente aclarado, que «el edificio atómico y molecular es únicamente combinación de estos *quantas* (del *electrón* y del *protón*, habla)», considera que de la radiación no se puede estar tan seguro.

«Los esfuerzos de los científicos —escribe Ferrando— tienden, a causa de una intuición unitaria del Universo, a suponer en la radiación una composición bielétrica al igual que la materia, con unos gránulos constitutivos, muy inferiores a los ordinarios; cosa que, de llegar a confirmarse, supondría la existencia de un sub-electrón, un sub-proton y un sub-átomo de radiación». Esta propuesta poco convincente para aquel profesor deriva de la dificultad de aunar en una idea común materia y radiación, «hasta ahora dos conceptos bien deslindados», pero que unificados por la idea global de la *energía*, «cualidad común tanto a la materia como a la radiación, obliga a considerar ambas una misma y única cosa»²².

Sin embargo, opina este profesor, en esa visión unitaria del Universo la radiación «lleva ventaja» sobre la materia, superando la emisión a la absorción de energía por parte de los átomos, lo que conduciría a una degeneración del Universo.

«Este proceso evolutivo —continúa Ferrando— sería rapidísimo si no existieran restricciones y aun limitaciones a la emisión. La teoría de los *quanta de acción* de Planck es la que restringe las circunstancias según las cuales un átomo puede emitir, y limita la cantidad máxima de energía radiante que puede ceder. Esta limitación va impuesta por el descubri-

miento de una nueva magnitud física cuyas dimensiones son *energía x tiempo* y cuyas variaciones se verifican por incrementos finitos representados por la letra *h*, o quanta elemental de acción». Seguidamente se ocupa del átomo de Bohr, como un caso particular de cuantificación, y advierte «que no hay cuestión física que se sustraiga a la influencia del descubrimiento de Planck, aun la Química, y quizás en su día la Biología, fecundarán su contenido con este factor universal». De estas ideas se sirve Ferrando en sus libros de texto²³ para darles un toque de actualidad, aunque sea escrito en letra pequeña, aquella que no solía estudiarse porque «no entraba en el examen».

Un libro de texto citado con frecuencia por autores españoles (Terradas, González Martí, Lozano, etc.), recibido en la Sociedad Española de Física en 1910, donde aspiraban a formar una biblioteca actual, es el del profesor de la Universidad Imperial de Petrogrado O. D. Chwolson²⁴. En el apartado «Energía radiante» del vol. III hace un detallado recorrido histórico y actual sobre las teorías de la radiación finalizando con la fórmula de Planck (1900). Incluso dedica un apartado a la «Terminología» para erradicar términos que desde el punto de vista actual resultan erróneos, como *calor radiante* y *rayos caloríficos*, de uso frecuente en textos antiguos. Asimismo desaconseja expresiones como *un cuerpo irradia calor*. Este libro como el de H. Ollivier²⁵, profesor de la Universidad de Lille, recibido²⁶ en la Sociedad de Física y Química en 1913, sirvieron de texto especialmente en las escuelas especiales de ingenieros, aunque a su vez fueran recomendados por profesores de las facultades de ciencias, donde como hemos dicho los textos más seguidos fueron los de González Martí, Lozano y algún otro.

Para concluir este artículo, citaré tres libros traducidos al castellano, circulantes por los medios docentes y académicos de finales del primer tercio del XX, que evidencian cómo, al fin, las teorías de Planck, así como las mecánicas cuántica y ondulatoria, ya estaban al alcance de quienes tuviera interés en aquella convulsa y fructífera etapa de la física.

Uno de ellos, el del jesuita Teodoro Wulf²⁷, fue de texto, con una orientación fuera de lo convencional en tales libros, con el propósito de aportar nuevos puntos de vista didácticos a los profesores. Este es uno de los libros, de los muchos que he consultado, que más prontamente incorpora las novedades científicas de su tiempo, tanto desde su autoría como por parte de las notas incluidas por el traductor. Tras comentar, el autor, cómo el propio Planck hubo de someterse a la tozudez de los hechos «...como un acto de desesperación»²⁸, da cuenta de las aportaciones a la visión cuántica que de la naturaleza dieron los entonces jóvenes Heisenberg, Born, Jordan, Dirac, recién publicados sus trabajos primigenios. El

traductor, por su parte, muestra su conocimiento de la «física moderna» en múltiples ocasiones, como en esta nota: «La tendencia moderna es substituir el clásico principio de causalidad (siempre aceptado como de evidencia inmediata) por el llamado *Principio de indeterminación*... este principio no es fruto de dificultades de orden práctico: su razón radica en la misma esencia de los fenómenos. Es pues un principio metafísico aplicado a la Física». Recordemos que Heisenberg lo dio a conocer en 1927; la edición alemana del libro es de 1929. A este *Principio*, dentro de los planteamientos iniciales de las mecánicas ondulatoria y *cuántica*, dedica el discurso inaugural del año académico 1929-1930, en la Academia de Ciencias de Barcelona, Fernando Tallada Comella bajo el título *El método axiomático en las ciencias físicas*.

De los otros dos libros con que termino fueron sus autores, respectivamente, los italianos Giuseppe Gianfranceschi, S. J.²⁹, y Cayetano Castelfranchi³⁰. En la 2ª edición del primero (1922), se añade a lo expuesto en la primera (1920) sobre la hipótesis de los quanta, un apéndice relativo al acierto de Planck en aquel «acto de desesperación» al adoptar la formulación estadística de la entropía propuesta por Boltzmann para explicar la radiación del cuerpo negro. Como en el texto de Wulf, el traductor introduce notas con aportaciones de reciente publicación, como la correspondiente al número de cifras significativas admisibles en la constante de Planck que, según de Broglie (*Journ. de Phys. et Le Radium*, 1921), «todavía no estamos en disposición de dar por segura la segunda cifra decimal».

El libro de Castelfranchi, de 885 páginas, es sin duda el más completo de los consultados hasta ahora. Entresaco del índice los capítulos tocantes a la teoría cuántica: El átomo nuclear; Las radiciones térmicas y los quanta; Bohr y la espectroscopia. Los niveles energéticos de los átomos; Sommerfeld y el átomo de hidrógeno. Los demás átomos; Calores específicos; El efecto fotoeléctrico y su inverso; El efecto Compton. Los quanta de luz. El efecto Raman; El magnetismo y los quanta; La mecánica ondulatoria y la cuantista; Las nuevas estadísticas; Astrofísica. Amén de múltiples referencia bibliográficas tanto de artículos como de libros «de carácter general sobre la física contemporánea», tablas de constantes y un epílogo que es un canto a la ciencia física, a lo hecho y a lo por venir, sugiriendo que aún queda mucho por hacer en el campo de la Astrofísica, en los campos de las altas y las bajas temperaturas, en el de las grandes presiones, en el estudio de los cristales... una reflexión que bien hubiera venido, entonces y por supuesto todavía hoy, a quienes nos ocupamos de la enseñanza de la física y de la formación de los profesores, para darle otro aire más entusiasta y sugerente, capaz de contribuir exitosamente a la tan demandada alfabetización científica de la ciudadanía.

Se pregunta Castelfranchi: «Relatividad, Teoría de los *quanta*, Mecánica ondulatoria, nueva Estadística... ¿Qué queda de la antigua división de la Física en Mecánica (campo de los esfuerzos musculares), Calor (dominio del tacto), Acústica (ciencia del oído) y Óptica (reino de la vista)?». Es decir de la física estructurada según la primitiva teoría de los fluidos imponderables (calórico, eléctrico, lumínico), pues bien, la respuesta que hoy, en el umbral del siglo XXI podríamos darle es que todavía queda mucho por hacer, basta echar una ojeada a los la mayoría de los libros de texto actuales, donde aquellas teorías, casi centenarias suelen incluirse todavía como algo complementario y marginal.

Notas

¹ MORENO GONZÁLEZ, A. (1978): «La Real Sociedad Española de Física y Química y sus 'Notas de Enseñanza'», en *Didáctica de la física y química* (Simposio), Instituto Nacional de Ciencias de la Educación, Madrid, 137-144.

² Este libro (Librería de FERNANDO FE, Carrera de San Jerónimo, 2. Madrid), prologado por JOSÉ ECHEGARAY, contiene las conferencias de MOURELO dictadas en el Ateneo de Madrid el 17 de febrero y 2 de marzo de 1880. Previamente habían sido publicadas en *Revista de España* (13 y 28 de mayo, 13 y 28 de junio de 1880, t. XXIV). MOURELO, siguiendo a CROOKES, se refiere a la «materia radiante» recogiendo las palabras de FARADAY, quien en 1816 aludía a la posible existencia de dicha materia: «Puedo señalar —escribe FARADAY— una progresión notable en las propiedades físicas que acompañan a los cambios de estado, que puede bastar a los espíritus avanzados para añadir el estado radiante a los estados de la materia ya conocidos».

³ JOSÉ RODRÍGUEZ MOURELO, (Lugo, 1857-Madrid, 1932) fue profesor en la Institución Libre de Enseñanza, en la Escuela Preparatoria de Ingenieros y Arquitectos y profesor de Química Inorgánica y Orgánica en la Escuela de Artes e Industrias de Madrid. Socio fundador y secretario perpetuo de la Sociedad Española de Física y Química y miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Autor prolífico de artículos científicos en revistas como la *Ilustración Española y Americana*, «Los Lunes» de *El Imparcial*, *La Naturaleza*, entre otras. Mostró un destacado interés por el estudio de las radiaciones, asunto de primera magnitud en la física de su tiempo, como muestra en su libro ya citado y en *La Radiofonía. Estudio de una nueva propiedad de las radiaciones* (Madrid, 1883). Tuvo el compromiso característico de los científicos de la generación del 98, procurando impulsar el cultivo de la ciencia en España de lo que es muestra su discurso de ingreso en la Academia de Ciencias en torno a «la educación científica que deben tener los españoles», o las palabras introductorias a *La materia radiante*: «Para su publicación no me queda otro móvil que generalizar en España un descubrimiento de la más alta importancia, que quizá pueda avivar algo nuestro decaído espíritu científico, estimulando entre nosotros la afición a los estudios de las ciencias naturales, por muy pocas cultivadas, y desconocidas totalmente de la generalidad».

⁴ MARCOLAÍN SAN JUAN, P. (1900): *Elementos de Física Moderna*, «ilustrados con 608 grabados de los mejores artistas y redactado con arreglo a los últimos puntos de vista

científicos», Zaragoza. Convencido el autor de lo novedosa de su obra, en el prólogo a la segunda edición, con el título *Curso elemental de Física Moderna*, escribe: «No sería moderno este libro, aunque en su pie de imprenta figure el año 1900, si por su contenido pudiera haber sido hecho en 1880».

⁵ CHAPPUIS, J. et BERGET, A. (1907): *Leçons de Physique Générale*, Gautier-Villars, París. La edición consultada es la 3ª «entièrrement refondue» par James Chappuis y Marcel Lamotte.

⁶ WAIDNER, C. W. and BURGESS, G. K. (1904): «On the temperature of the arc», *Bull. of Bureau of Standars*, I, 109; *Phys. Rev.* XIX, 241.

⁷ POINCARÉ, L. (1908). *La Física Moderna, su evolución*, Librería Gutenberg, Madrid, 277-278.

⁸ Por ejemplo, las traducciones hechas por el Ingeniero de Caminos, Pedro M. González Quijano, editadas en Madrid por la Librería Gutenberg: POINCARÉ, H. (1907), *La Ciencia y la Hipótesis*, a pesar de tener un capítulo sobre «Las teorías de la Física moderna»; PICARD, E. (1912), *La Ciencia Moderna y su estado actual*; LE BON, G. (1914). *La Evolución de la Fuerzas*, en gran parte dedicado al estudio de las radiaciones. O la traducción de Anselmo González: FERRIÈRE, E. (1910), *La Materia y la Energía*, Daniel Jorro, Madrid, en la conocida colección Biblioteca Científico-Filosófica.

⁹ GONZÁLEZ MARTÍ, I. (1918): *Tratado de Física Genaral*, 3ª ed., Librería de la viuda de Prudencio Pérez de Velasco, Madrid, 684-686.

¹⁰ Defensor y propagandista del *energetismo* fue el premio Nobel (1909) F. WILHELM OSTWALD (1853-1932) que, partidario de la teoría del conocimiento de ERNST MACH (1838-1916), consideraba que la química sólo debía referirse a fenómenos sensibels y medibles, como son los cambios de energía. Para OSTWALD, la termodinámica era la base de la química situándose en contra de la teoría atómica basada entonces en principios y estructuras no medibles ni visualizables. Las teorías de Ostwald están desarrolladas en OSTWALD, W. (1911). *La Energía*, traducido por J. R. FERRERUELA, Librería Gutenberg, Madrid.

¹¹ MORENO GONZÁLEZ, A. (ed.) (1991): *José Rodríguez Carracido*, Biblioteca de la Ciencia Española, Fundación Banco Exterior, Madrid.

¹² En 1911 MECKLENBURG dejó de publicar las «notas alemanas de Química», 163 en total desde que comenzara en 1905. «Notas de Física» publicó 78, entre 1905 y 1910; en 1911 y 1912 fueron publicadas 45 notas de física enviadas en francés (MECKLENBURG las enviaba en español) por REINHOLD SLAWICK de Estrasburgo, traducidas por IGNACIO GONZÁLEZ MARTÍ. En atención al trabajo realizado por MECKLENBURG fue distinguido por el Gobierno español, en 1908, con el nombramiento de Caballero de la Orden de Alfonso XII. En la «Memoria» de la Sociedad Española de Física y Química correspondiente al año 1912 (*Anales*, t. XI, 1913) se hace constar el agradecimiento de la Sociedad al profesor alemán que a la vez que enviaba «notas» daba a conocer en Alemania las investigaciones científicas realizadas en España.

¹³ SÁNCHEZ RON, J. M. (1987): «La ciencia española se internacionaliza: La introducción de la teoría cuántica en España (1908-1919)», en *Cinquanta anys de ciència y tècnica a Catalunya*, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, p.72.

¹⁴ RODRÍGUEZ MOURELO, J. (1924): *El mecanismo de la reacción química*, Imprenta Clásica Española, Madrid.

¹⁵ MECKLENBURG, W. (1911): *Fundamentos experimentales de la Atomística*, traducido por ENRIQUE MOLES, Adrián Romo, Madrid.

¹⁶ Las citas 90, 91, 92 de Mecklenbudg se corresponden con artículos básicos de los respectivos físicos respecto a las teorías atómica y de la radiación, publicados en *Physi-*

kalische Zeitschrift, entre 1906 y 1910.

¹⁷ THOMSON, J. J. (1909): *Electricidad y Materia*, traducido por Blas Cabrera, Romo, Madrid.

¹⁸ No me ocuparé expresamente de Cabrera, quien, junto con Terradas antes y Julio Palacios después, constituyen el núcleo más activo de la modernización científica de la España de su tiempo, por haber sido tratados más extensamente en el artículo citado de SÁNCHEZ RON (nota 13) y en otras obras que, por conocidas, no es necesario enumerar aquí.

¹⁹ PERRIN, J. (1913): *Les Atomes*, Librairie Félix Alcan, París.

²⁰ REICHE, F. (1922): *Teoría de los quanta. Su origen y desarrollo*, Calpe, Madrid-Barcelona. Otro acercamiento significativo de Palacios a la teoría de PLANCK fue el discurso inaugural del 10º Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias (Combra, 1925), *La teoría de los «quanta»*, la emisión de energía.

²¹ GIBSON, CH. R. (1917): *La ciencia al día. Ideas científicas actuales*, Sociedad General de Publicaciones, Barcelona.

²² En estos mismos términos se expresa el perito mecánico-electricista EUGENIO ÁLVAREZ DE RON en *Nociones de Física* (Publicaciones del Instituto Samper, Madrid, 1932). Viculando el autor la teoría de PLANCK con el cálculo de «la posición que en el espectro óptico tienen las rayas de los diferentes cuerpos simples», siguiendo el modelo atómico de BOHR, concluye: «Así la razón y la experiencia marchan acordes en esta nueva teoría (la de PLANCK), que acabará por transformar los fundamentos de la Química, ya hoy en franco estremecimiento».

²³ RAMÓN FERRANDO, F. (1932): *Curso de Física*, 2ª ed., Gran Librería Médica, Valencia. En *Anales de la Universidad de Valencia* (Año XIV, 1933-1934) publica este profesor *Los cuantos en acción* (Cuaderno 106).

²⁴ CHWOLSON, O.D. (1917): *Tratado de Física*, t.III, Acústica-Energía radiante, Feliu y Susanna, editores, Barcelona. Entre 1906 y 1914 fue traducido al francés de la edición rusa en 14 vols. La traducción española a cargo de Juan B. de Aguilar-Amat, se hizo entre 1916 y 1922 (16 vols.). Libro repetidamente citado por el profesor de la Facultad de Ciencias de Zaragoza, Zoel G. de Galdeano, en *Correlaciones matemático-físico-químicas* curso de extensión universitaria impartido en 1915-1916. En él hace mención a «los elementos de energía, $\epsilon=h\nu$, siendo h una constante universal llamada por Planck *elemento de acción*».

²⁵ OLLIVIER, H. (1913): *Cours de Physique Générale*, t.II, Thermodynamique et de l'Énergie rayonnante, Librairie Scientifique A. Hermann et Fils, París. El capítulo III del t.II — «Rayonnement du corps noir» —acaba como la ecuación espectral de PLANCK, «esta fórmula proviene de una teoría extremadamente destacable de PLANCK (teoría de los quanta) según la cual la energía tendría una estructura granular».

²⁶ En esta Sociedad se continuaron recibiendo obras actuales que, en su día, debieron configurar una espléndida biblioteca, hoy prácticamente desaparecida —a los libros de la época que estoy tratando me refiero— por lo avatares de la sede social de la Sociedad y posiblemente por la acción incontrolada de los descuidados. Para terminar con la referencia a los «libros recibidos», citar algunos de los correspondientes al año 1930: *L'ancienne et la nouvelle Théorie des Quanta*, EUGÈNE BLOCH (París, 1930); *Alcune immediate conseguenze termodinamiche della quantizzazione del gas ideale monoatomico*, G. POLVANI (Bolonía, 1928); *La nuova teoria quantista del gas ideale monoatomico e la legge di Avogadro*, G. POLVANI (1928).

²⁷ WULF, T. (s.a.): *Tratado de Física*, traducido de la 2ª edición alemana (1929) por el catedrático de Física Teórica y Experimental de la Universidad de Barcelona, EDUARDO

ALCOBÉ, Tipografía Católica Casals, Barcelona. Pertenece esta traducción a la colección Libros Modernos de Ciencia y Enseñanza, donde fueron publicadas la mayoría de las obras del destacado químico español P. EDUARDO VITORIA, S. J.

²⁸ Así reza en la portada del número especial —«Cien años de Cuantos»— de la *Revista Española de Física* (vol.14, nº 1, 2000) coordinado por ALBERTO GALINDO. La frase pertenece a la carta que, treinta años después de su descubrimiento, MAX PLANCK dirigía al físico estadounidense ROBERT WILLIAMS WOOD recordando la tensión personal a que se vió sometido aquellos años ante la inevitable ruptura que los planteamiento cuánticos imponían respecto a los principios de la física clásica. De ello da cuenta J. M. SÁNCHEZ RON en «La cuantización de la Física (1900-1927)» en el referido número especial, 6-9.

²⁹ GIANFRANCESCHI, G. (1922): *La Física de los corpúsculos. Moléculas-Átomos-Electrones*, traducido de la 2ª ed. italiana (1920) y adicionado con dos apéndices por el jesuita P. JUAN GRACÍA MOLLÁ, antiguo director de la Sección Eléctrica del Observatorio del Ebro, Tipografía Católica Casals, Barcelona. El autor, profesor de la Universidad Gregoriana, concibió el libro para la enseñanza en la Universidad de Roma. Los apéndices del traductor son: Los iones gaseosos y La masa eléctrica del electrón.

³⁰ CASTELFRANCHI, C. (1932): *Física moderna. Exposición Sintética*, al alcance de todos, de las últimas conquistas de la Física contemporánea versión de la 3ª ed. italiana (no consta el traductor, ni la fecha de las sucesivas ediciones italianas), Gustavo Gili, Barcelona. El autor era profesor en la Escuela Superior de Ingenieros de Milán.