

## En recuerdo de Albert Einstein (1)

Alberto Galindo Tixaire

### Centenario de un “año admirable”

Es el centenario del *annus mirabilis* de Einstein: 1905. Un oscuro perito técnico de la Oficina Suiza de Patentes en Berna, llamado Albert Awrohom Einstein, nacido en Ulm (Alemania) el viernes 14 de marzo de 1879 (19 de Adar del año 5639 en el calendario judío), enviaba a lo largo de 1905 seis trabajos a la prestigiosa revista alemana *Annalen der Physik*, para su publicación. En palabras del físico e historiador John Stachel,<sup>1</sup> los cinco primeros de estos trabajos cambiaron la faz de la física. Cualquiera de ellos hubiera bastado para consagrarse como uno de los grandes científicos de su época. Todos juntos le sitúan en la cima universal, con Arquímedes y Newton.<sup>2</sup> Según su biógrafo Albrecht Fölsing, *never before and never since has a single person enriched science by so much in such a short time as Einstein did in his annus mirabilis*.

Científicos y pensadores de todo el mundo vamos a celebrar este centenario durante el año 2005, declarado Año Mundial de la Física. La Real Sociedad Española de Física, a través de su Revista Española de Física, se une a estas conmemoraciones con la publicación de dos números especiales que recogen contribuciones invitadas de una pequeña representación de físicos españoles. Con esta iniciativa se pretende acercar a sus lectores la obra y el recuerdo de este personaje mítico y universal, imaginativo y creador, de rostro ya familiar, violinista de pelo alborotado y ojos tristes, con quien tanto la ciencia como el humanismo tendrán eterna deuda.



Figura 1. Einstein en su época de funcionario de patentes.

La revista TIME eligió el 31 de Diciembre de 1999 a Albert Einstein como el personaje científico y pensador del siglo XX, por delante de otros grandes como Francis Crick y James Watson, Alexander Fleming, Sigmund Freud, Kurt Gödel, Edwin Hubble, William Shockley, Alan Turing y Ludwig Wittgenstein.

### Los trabajos de Einstein en 1905

Los tres primeros trabajos de Einstein en su año milagroso, escritos entre mediados de marzo y finales de junio, son piezas magistrales que abren nuevos campos en la física: teoría de los fotones, movimiento browniano y relatividad. Los tres están publicados en el volumen 17, serie 4, de los *Annalen*; y por ello este volumen es, para Max Born,<sup>3</sup> el más importante de la literatura científica de todos los tiempos.

El primero de esos trabajos (por orden de recepción del manuscrito en los *Annalen*) lleva por título *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt* (“Sobre un punto de vista heurístico acerca de la producción y transformación de la luz”).<sup>4</sup> En él explicó Einstein el efecto fotoeléctrico mediante una interpretación corpuscular de la luz. Es un trabajo fundamental en la génesis de la física cuántica, y según su propio autor, *sehr revolutionär* (“muy revolucionario”). Cuestionó la validez de la teoría electromagnética de Maxwell, basada en campos continuos, para dar cuenta de los fenómenos de emisión y transformación de la luz y sugirió la discretización de la energía luminosa en cuantos o corpúsculos de luz indivisibles. *For his services to Theoretical Physics, and especially for his discovery of the law of the photoelectric effect*, fue Einstein galardonado con el Premio Nobel en Física 1921.

El segundo es *Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen* (“Sobre el movimiento de pequeñas partículas suspendidas en líquidos en reposo exigido por la teoría cinético-molecular del calor”).<sup>5</sup> En este trabajo Einstein mostró los límites de la termodinámica clásica, cuando las fluctuaciones estadísticas visibles en el movimiento irregular de las partículas en suspensión violan la segunda de sus leyes, y sentó las bases del movimiento browniano (observado por primera vez en 1827 por Robert Brown en pequeñas partículas, en suspensión acuosa, procedentes del polen de la *Clarkia pulchella*), como resultado de su bombardeo por las moléculas del fluido, con la propuesta radical de que es su desplazamiento medio, y no su errática

<sup>1</sup>J. Stachel (Ed.), *EINSTEIN 1905: UN AÑO MILAGROSO*, Prólogo de R. Penrose, Editorial Crítica 2001. J. Stachel ha sido también primer editor de THE COLLECTED PAPERS OF ALBERT EINSTEIN, Princeton Univ. Press. De esta colección, que constará de unos 25 volúmenes, han aparecido ya los Vol. 1-9.

<sup>2</sup>Para mayor contundencia añadimos, si preciso fuera, sus posteriores trabajos sobre gravitación.

<sup>3</sup>Max Born, *Einstein's Statistical Theories*, en ALBERT EINSTEIN: PHILOSOPHER-SCIENTIST, Ed. P.A. Schilpp, Vol. I, pp 161-177 (1959), Harper & Row, New York.

<sup>4</sup>Primer trabajo. Fechado en Berna: 17 de marzo de 1905. Recibido en la Editorial: 18 de marzo de 1905. Publicado: 9 de junio de 1905, *Annalen der Physik* 17 (1905): 132-148.

<sup>5</sup>Segundo trabajo. Fechado en Berna: mayo de 1905. Recibido: 11 de mayo de 1905. Publicado: 18 de julio de 1905, *Annalen der Physik* 17 (1905): 549-560.

velocidad, el observable a tener en cuenta experimentalmente.<sup>6</sup> El cuarto trabajo de Einstein, *Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen* (“Una nueva determinación de las dimensiones moleculares”),<sup>7</sup> está basado en su tesis doctoral (Universidad de Zürich, 1905). En él suministró un método, basado en la hidrodinámica y en la teoría de la difusión, para estimar el número de Avogadro y el tamaño de moléculas de soluto en disoluciones diluidas no disociadas. Los resultados de Einstein en este grupo de trabajos llevarían a Jean Perrin y colaboradores a nuevas medidas del número de Avogadro, a la determinación experimental de tamaños atómicos, y a desterrar para siempre el escepticismo de quienes dudaban de la realidad de los átomos y moléculas.

El tercero de los trabajos es *Zur Elektrodynamik Bewegter Körper* (“Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento”),<sup>8</sup> que junto con el quinto *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?* (“¿Depende la inercia de un cuerpo de su contenido de energía?”),<sup>9</sup> constituyen lo que hoy se llama teoría especial de la relatividad. Se apoya en dos principios básicos: el principio de relatividad (la física debe ser la misma en todos los sistemas inerciales), y el principio de constancia de la velocidad de la luz (la velocidad de la luz es isótropa y de igual magnitud en todos los sistemas inerciales). Con esta teoría, Einstein resolvió el aparente conflicto entre el principio de relatividad y la electrodinámica de Maxwell y Lorentz, que privilegia algunos sistemas de referencia. Ello le exigió el abandono de la simultaneidad y del éter lumínico. El joven Einstein demolía aquí con claridad meridiana y la fuerza de una lógica implacable los cimientos de la física conocida, para erigir un nuevo esquema basado en un espacio-tiempo en el que pierden su absolutidad tanto el espacio como el tiempo. De modo inevitable desde sus principios de relatividad y constancia de la velocidad de la luz llegó Einstein en el cuarto de los trabajos a la equivalencia masa-energía, traducida en la famosa fórmula  $E = mc^2$ , que él expresó entonces en la forma “variaciόn de la masa de un cuerpo igual a  $L/V^2$ ”, donde  $L$  es su cambio en energía y  $V$  la velocidad de la luz, y cuya validez sugería verificar en las sales de radio. En esa época aún ignoraba su autor el descomunal poder del genio escondido en las entrañas de su sencilla fórmula, que se manifestaría años después en las reacciones nucleares.

## Contenido de este número especial

En este número hemos incluido aquellas contribuciones invitadas que han llegado a su tiempo y guardan relación más directa con los fundamentos de la obra einsteniana. Se exhortó a los autores a esforzarse en presentar un texto corto, ameno y asequible a los lectores habituales de esta Revista. Sé que todos lo hemos intentado. Otra cuestión es si lo hemos conseguido. Estos son los escritos: 1/ P. Pascual y J.I. Latorre analizan los principios básicos de la relatividad especial. 2/ F.J. Ynduráin discute las teorías de la relatividad, especial y general, y las aportaciones básicas de Einstein a la teoría cuántica de la luz. 3/ J.J.R. Parrondo presenta la teoría del movimiento browniano y su influencia decisiva sobre la aceptación de la atomicidad. 4/ L. Álvarez-Gaumé y M.A. Vázquez-Mozo analizan la repercusión de la obra de Einstein sobre la geometría del espacio-tiempo. 5/ J.I. Cirac y L.J. Garay explican las bases de la condensación de Bose-Einstein y su posible aplicación a la física de los agujeros negros. 6/ L.L. Sánchez Soto y G. Björk presentan los modernos y espectaculares avances sobre luz rápida, luz lenta e incluso luz parada. 7/ G. García Alcaine y G. Álvarez aclaran cómo la física cuántica convive pacíficamente con la relatividad especial, sin violar la noción de causalidad einsteiniana. 8/ R. Tarrach y R. Muñoz-Tapia se encargan de defender que la información, por su naturaleza física, también respeta esta estructura causal. 9/ J.M. Sánchez-Ron nos presenta al “otro Einstein” científico, menos conocido, pero también muy importante. 10/ Y finalmente, A. Galindo escribe sobre Einstein y el tiempo físico.

Por razones de espacio trasladamos al segundo volumen unas reflexiones acerca de la obra posterior de Einstein, en especial su teoría general de la relatividad, y unos comentarios sobre la magnitud de su impacto en la ciencia.

**Alberto Galindo Tixaire**

está en el Dpto. de Física Teórica.  
Facultad de Ciencias Físicas.  
Universidad Complutense

<sup>6</sup>El último y sexto de los trabajos de Einstein en 1905 continúa y amplía ligeramente el segundo, sin contener nada esencialmente nuevo, y por eso no se incluye entre los que caracterizan el *annus mirabilis*. Lleva por título *Zur Theorie der Brownschen Bewegung* (“Sobre la teoría del movimiento browniano”). Fechado en Berna: diciembre de 1905. Recibido: 19 de diciembre de 1905. Publicado: 8 febrero de 1906, *Annalen der Physik* **19** (1906): 371-381.

<sup>7</sup>Cuarto trabajo. Fechado en Berna: agosto de 1905. Recibido: 19 de agosto de 1905. Publicado: 8 de febrero de 1906, *Annalen der Physik* **19** (1906): 289-306. (Contiene un *addendum* recibido en enero de 1906.)

<sup>8</sup>Tercer trabajo. Fechado en Berna: junio de 1905. Recibido: 30 de junio de 1905. Publicado: 26 de septiembre de 1905, *Annalen der Physik* **17** (1905): 891-921.

<sup>9</sup>Quinto trabajo. Fechado en Berna: septiembre de 1905. Recibido: 27 de septiembre de 1905. Publicado: 21 de noviembre de 1905, *Annalen der Physik* **18** (1905): 639-641.