

Curiosidades de la física. Parte XIV.

José María Filardo Bassalo,
Fundación Minerva, Prof. retirado de la Universidad de Pará
www.bassalo.com.br

Recibido: 8 junio 2008.

Aceptado: 27 mayo 2009.

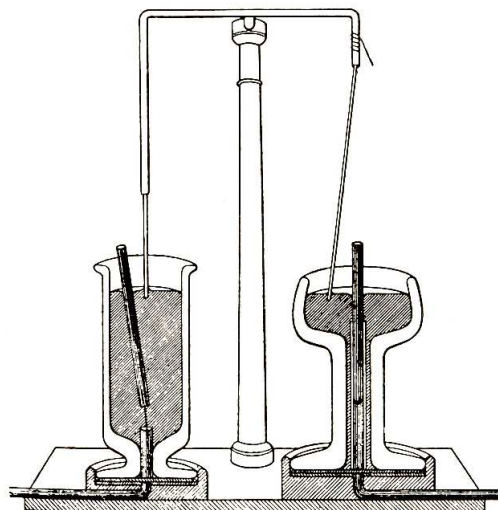
Faraday, Henry, la inducción electromagnética y la reina Victoria

Es muy frecuente, por lo menos en los países del Tercer Mundo, como Brasil, que la investigación básica no sea favorecida ni por el sector público ni por el privado ya que ambos siempre esperan una aplicación inmediata de los fondos destinados.

Con todo, la historia de la ciencia ha mostrado que en los países, hoy considerados desarrollados, fueron los resultados en la investigación básica los que promovieron el desarrollo. Un ejemplo de lo anterior es el descubrimiento de la inducción electromagnética. En 1831, el físico y químico inglés Michael Faraday (1791–1867) realizó un experimento donde mostró que, para producir una corriente eléctrica con un imán, era necesario que éste se desplazase cerca del alambre conductor. Observó también que una corriente variable, al pasar por una bobina, provocaba una corriente transitoria en otra bobina cerca. A ese fenómeno lo nombró “inducción electromagnética”.

Ese mismo año Faraday inventó el dinamo, una pequeña máquina que convertía la energía mecánica en energía eléctrica. También en 1831, el físico norteamericano Joseph Henry (1797–1878) descubrió el principio del motor eléctrico y, al año siguiente¹ descubrió la auto-inducción electromagnética al observar que una corriente eléctrica variable en una bobina crea una corriente eléctrica en sí misma.

Cuenta la tradición que, el 24 de noviembre de 1831, Faraday presentó su descubrimiento en la *Royal Society of London* a la reina Alexandrina Victoria (1819–1901) quien le preguntó a Faraday para qué serviría ese dispositivo. La respuesta de Faraday fue inmediata: “Majestad ¿para qué sirve un



Dos modelos del motor de Faraday.

bebé?”. Este descubrimiento² fue la base de la revolución industrial eléctrica al reemplazar las conexiones mecánicas de ejes, poleas, correas, engranes, palancas (impulsados por vapor) con motores y dinamos de mayor eficiencia y menor tamaño. Sobre decir que esa revolución industrial permitió que Inglaterra se transformara en Imperio Británico; gracias a la investigación básica ese país se mantiene hoy como uno del Primer Mundo.

Voigt, Stark y Lo Surdo:

Efecto Stark–Lo Surdo

En 1886³ el físico alemán Eugen Goldstein (1850–1931) hizo diversos experimentos con tubos de vacío (también conocidos como tubos Geissler o bulbos de Crookes) buscando entender el origen del brillo intenso junto al cátodo. Supuso que era producido por el impacto de alguna agente en ese electrodo, de forma que hizo unos orificios (canales) y observó que se produjo un brillo detrás del cátodo; eran pro-

²Publicado en *Philosophical Transactions* 1832, p.125

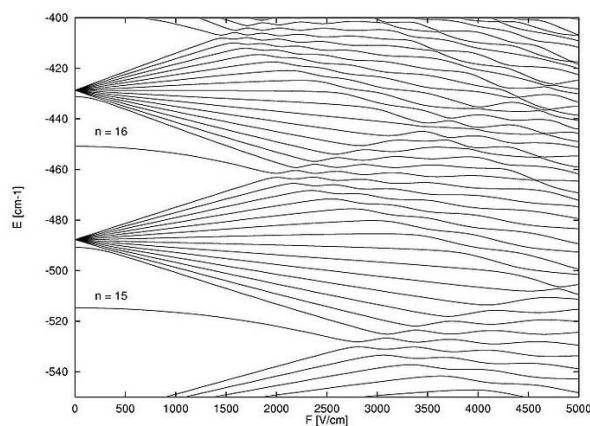
³*Sitzungsberichte der Königlich Akademien der Wissenschaften zu Berlin*, p.691.

¹ *American Journal of Science* 22, p. 403

ducidos por ciertos rayos que se dirigían en sentido contrario a los rayos catódicos (también descubiertos por Goldstein, en 1876). A estos nuevos rayos los nombró “rayos canales”.

En 1895⁴ el físico francés Jean Baptiste Perrin (1870–1942; premio nobel de física en 1926) mostró que los “rayos catódicos” eran partículas electrizadas negativamente, en tanto que los “rayos canales” eran partículas electrizadas positivamente. En 1897, el físico inglés Sir Joseph John Thomson (1856–1940; premio nobel de física en 1906) mostró que los “rayos catódicos” eran electrones.

Por otro lado, en 1901⁵ el físico alemán Woldemar Voigt (1850–1919) anticipó un efecto eléctrico semejante al efecto Zeeman, esto es, la separación de las líneas espectrales por un campo eléctrico fuerte. Con todo, al intentar explicar ese probable efecto con la Física Clásica, concluyó que para un campo eléctrico de 300 volts/cm, habría apenas una separación de 1/20,000 entre las líneas D del sodio (Na) y, por tanto, era inobservable.⁶ Obsérvese que en 1899 observó cierta perturbación eléctrica en los átomos al estudiar el efecto magnético–eléctrico–óptico en cristales.⁷



Niveles de energía del litio en un campo eléctrico.

En 1904, el físico alemán Johannes Stark (1874–1957; premio nobel de física en 1919) fundó la revis-

⁴ *Comptes Rendus de l'Academie de Sciences de Paris* 121, p.1130.

⁵ *Annalen der Physik* 4, p.197

⁶ Edmund Taylor, *A History of the Theories of Aether and Electricity. The Modern Theories: 1900-1926* Thomas Nelson and Sons Ltd., 1953.

⁷ Stanley Goldberg en Gillispie, C. C. (Editor), *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Scribner's Sons, 1981.

ta científica *Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik* con el fin de publicar las investigaciones sobre las partículas recién descubiertas (rayos catódicos y rayos canales).⁸

Le lectura de estos trabajos y otros relacionados llevaron a Stark al estudio del efecto Doppler de los rayos canales el cual, según el físico alemán Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz Wien (1864–1928; premio nobel de física en 1911), ocurría en partículas rápidas. Así, a partir de 1905, Stark realizó una serie de trabajos sobre ese tema.⁹

Además de investigar el efecto Doppler en los rayos canales, Stark también estudió el problema del espectro de banda y de línea (rayas espectrales). En 1907,¹⁰ Stark percibió una relación entre el campo eléctrico y las rayas espectrales: el espectro de banda (continuo) era debido a la excitación de cuerpos neutros, y el de línea (discreto) era debido a la excitación de átomos ionizados, esto es, cargados eléctricamente. Al año siguiente, en 1908,¹¹ Stark propuso un modelo según el cual las series espectrales se relacionan con el proceso de ionización de átomos y moléculas y que su frecuencia dependía del potencial de ionización V mediante la relación

$$h\nu = eV$$

En 1911, Stark publicó su famoso libro *Prinzipien der Atomdynamik II: Die Elementare Strahlung* (S. Hirzel Verlag), donde desarrolló sus ideas acerca del espectro de los elementos químicos. Estas ideas fueron también presentadas, de manera independiente, por el físico inglés Frank Horton (1878–1957) en 1911.¹²

El descubrimiento de la separación de las líneas espectrales por acción del campo eléctrico¹³ se debió a un experimento que Stark mismo realizó en octubre de 1913; observó el paso de rayos canales en una mezcla de hidrógeno y helio y percibió que las líneas H_α y H_β vistas en la dirección perpendicular al campo electrostático E (entre 10,000 y 30,000 volt/cm) establecido en el tubo, se descomponían en cinco

⁸ Armin Hermann *Dictionary of Scientific Biography* (op. cit.)

⁹ Publicados en *Physikalische Zeitschrift*: 6, p.892 (1905); 7, p.249 (1906); 8, p.81 (1907); 9, p.767 (1908); 10, p.579 (1909); y 11, p.179 (1910).

¹⁰ *Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik* 4, p.231.

¹¹ *Physikalische Zeitschrift* 9, p.85

¹² *Philosophical Magazine* 22, p.214.

¹³ Una de las razones del premio nobel de física a Stark, la otra fue por interpretar el efecto Doppler de las rayas espectrales.

componentes, tres componentes internas (de intensidad débil) eran paralelas a la dirección del campo y las otras dos (de intensidad fuerte) eran perpendiculares a ese mismo campo. Observó también que la distancia entre esas componentes era proporcional a E . Es interesante destacar que para el He, Stark observó que el efecto del campo eléctrico sobre las líneas de las series p y s (de *principal* y *sharp*, respectivamente) era muy pequeño, pero el efecto sobre la serie d (*diffuse*) era del mismo orden que para el H, aunque de tipo diferente. Este descubrimiento fue comunicado a la Academia Prusiana de ciencias el 20 de noviembre de 1913.¹⁴

Destaquemos que, en 1913,¹⁵ el físico italiano Antonino Lo Surdo (1880–1949) hizo una observación análoga a la de Stark al estudiar la acción del campo eléctrico sobre el espectro de emisión de un gas. De aquí que ese efecto sea conocido como efecto Stark–Lo Surdo.

Otros experimentos realizados por Stark sobre ese efecto fueron publicados en *Physikalische Zeitschrift* 15, p.265 (1914); *Verhandlungen der Deutschen Physikalische Gesellschaft* 16, p.327 (1914); *Nachrichten Königlich Gesellschaft der Wissenschaften Göttingen*, p.427 (1914); *Annalen der Physik* 43, p.965 (1914); *Annalen der Physik* 43, p.983 (1914) (con George Wendt); *Annalen der Physik* 43, pp.991 y 1017 (1914) (con Heinrich Kirschbaum); *Annalen der Physik* 48, pp.193 y 210 (1915); *Annalen der Physik* 56, p.569 (1918) (con O. Hardtke y G. Liebert); *Annalen der Physik* 56, p.577 (1918); *Annalen der Physik* 58, p.712 (1919) (con Hardtke); y *Annalen der Physik* 58, p.712 (1919).

Concluimos esta nota destacando que por haber colaborado con el nazismo de Hitler, Stark fue juzgado en 1947 y condenado a cuatro años de trabajos forzados.¹⁶

Los primeros ciclotrones japoneses

El primer ciclotrón (11 pulgadas) fue construido por los físicos norteamericanos Ernest Orlando Lawrence (1901–1958; premio nobel de física en 1939) y Milton Stanley Livingston (1905–1986), en 1931¹⁷ en la Universidad de California, en Berkeley, Estados Unidos de América. El segundo acelerador circular, de

26 pulgadas, fue construido por el físico japonés Yoshio Nishina (1890–1951), en 1937, que dirigía a un grupo de investigación de *Rikagaku Kenkyusho* (RIKEN - Instituto de Investigaciones Físicas y Químicas), fundado en marzo de 1917, situado en Komagome, Japón.



Ciclotrón construido por Lawrence, 1930.

En 1943, Nishina y su grupo construyeron un ciclotrón de 60 pulgadas. En 1944, ese ciclotrón colimó un haz de deuterones que producía más energía en reacciones de fusión que la producida por uno de protones. Sin embargo, al final de la Segunda Guerra, en noviembre de 1945, el Director General del Proyecto Manhattan, general brigadier Leslie Groves (1896–1970) ordenó hundir esos ciclotrones japoneses en la bahía de Tokio por la sospecha de que producían armamento nuclear. A pesar de la gran protesta de los físicos norteamericanos, no sólo japoneses, se cumplió la orden. Cuatro meses después de la muerte de Nishina, ocurrida el 10 de enero de 1951, Lawrence visitó Japón y ayudó a la construcción del tercer ciclotrón (26 pulgadas) del RIKEN, inaugurado en 1952.¹⁸

Aspectos inusitados de la vida de Einstein

El físico alemán Albert Einstein nació en Ulm, en el antiguo estado alemán de Württemberg, el 14 de marzo de 1879, en la calle Bahnhofstrasse 20, según su registro de nacimiento. Sus padres se llamaban Hermann (1847–1902) y Pauline Koch (1858–1920), quien era excelente pianista. Tuvo una hermana de nombre Maja (Maria) (1881–1951). Su padre y su tío paterno Jakob (1850–1912), ingeniero mecánico, eran dueños de una oficina electrotécnica.

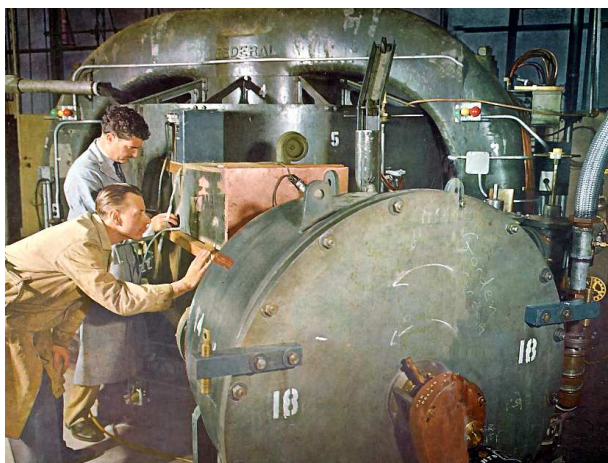
¹⁸Véase: Robson Fernandes de Farias, José Maria Filardo Bassalo e José Edison Ferreira, *Ética e Atividade Científica* (Átomo/EDUFPA, 2006); Ana Maria Ribeiro de Andrade, *A Opção Nuclear: 50 Anos Rumo à Autonomia* (MAST, 2006); y <http://www.rikenresearch.riken.jp/history/24/>.

¹⁴*Sitzungsberichte Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften zu Berlin* 40, p.932, 1913, con el título: *Beobachtungen über den Effekt des elektrischen Feldes auf Spektrallinien*.

¹⁵*Atti del Accademia Reale del Lincei* 22, p.664.

¹⁶*Dictionary of Scientists*, Oxford University Press, 1999.

¹⁷*Physical Review* 37, p.1707; 38, p.834; 40, p.19



Ciclotrón de 70cm, dado de baja en 1946.

Ese tío le prestaba libros con ingeniosos problemas de Álgebra, y se mostraba muy eufórico cuando su sobrino los resolvía. En 1880, sus padres se mudaron a Munich. Einstein comenzó a hablar a la edad de tres años y, al comienzo, tenía el hábito de ensayar mentalmente lo que iba a decir, moviendo los labios; sólo después repetía la frase en voz alta. Debido a esto, la empleada doméstica de la familia lo llamaba “burro”. A los siete años Einstein entró en la *Volksschule*, una escuela pública católica, siendo el único judío entre 70 alumnos.

En octubre de 1888, se matriculó en el *Luitpold Gymnasium*, donde, según sus biógrafos, desarrolló un sentido crítico de las autoridades, así como procuró ser siempre libre e independiente. Estos aspectos de su personalidad hicieron que su profesor de griego, Joseph Degenhart, afirmara que Einstein no conseguiría ser nada en la vida y que el sería muy feliz si no asistía más a sus clases. Por otro lado, su profesor de latín y alemán, Ferdinand Ruess, lo introdujo en la lectura de Shakespeare y Goethe. En ese Gimnasio, Einstein tuvo como profesores de Física y de Matemáticas, respectivamente, a Joseph Ducrué y Adolf Sickenburger.

En octubre de 1895, con dos años menos del mínimo permitido, Einstein presentó examen de admisión para el *Polytechnikum*, en Zurich, Suiza, la famosa escuela técnica, fundada en 1855 y que, en 1911, pasó a ser llamada *Eidgenössische Technische Hochschule* (ETH, “Escuela Politécnica Federal”). Se permitió que Einstein hiciera esos exámenes por la alta recomendación de Sickenburger, su profesor de Matemáticas. Fue examinado en materias científicas (Matemáticas, Física, Biología y Química), y genera-



Hermann Minkowski (1864–1909).

les (Literatura, Historia Política, alemán y francés); fue reprobado en Biología, Química y Francés. Él pretendía ser ingeniero electricista.

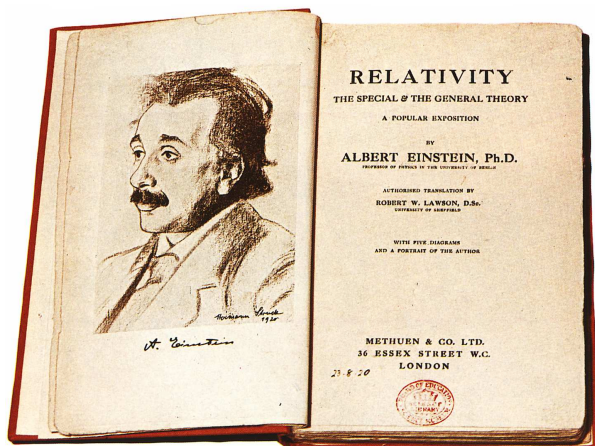
Por recomendación del Director de la ETH, profesor Albin Hertzog, Einstein entró en la *Kantonsschule* (“Escuela Cantonal”) de Aarau, capital del cantón de Aargau, Suiza, en octubre de 1895, para completar su educación secundaria, ya que había abandonado (algunos biógrafos afirman que fue expulsado) el *Luitpold Gymnasium*. En Aarau, Einstein vivió en la casa del profesor Jost Winteler (1846–1929) a quien pronto consideró como un segundo padre. Aunque Winteler era profesor de la Escuela Cantonal, no fue profesor de Einstein. En esa escuela de Aarau, Einstein tuvo clases de Física con August Tuchsmidt, de Matemática con Heinrich Ganter, y de Química, Geografía Física e Historia Natural con Friedrich Muehlberg. En septiembre de 1896 volvió a presentar el examen de admisión en el ETH, fue aprobado con notas máximas en Matemática, Física, Canto y Violín, pero no le fue bien en Francés. Se matriculó en el Departamento VI (Escuela para Profesores Especializados en Matemáticas y Asuntos Científicos) de la ETH, en la Sección VI–A: Matemáticas, Física y Astronomía.

Como alumno de la ETH, Einstein volvió a manifestar su sentido de libertad e independencia. Cierta ocasión, Einstein juzgó como basura el Manual

de Laboratorio de Física elaborado por el profesor Johannes Pernet (1845–1902), catedrático de Física Experimental. Al ver esa actitud de Einstein, Pernet reaccionó diciéndole: “Usted tiene entusiasmo, mas no talento en Física. Para su bien, debería dedicarse a otra cosa, Medicina tal vez, Literatura o Derecho”. Einstein le respondió: “Señor profesor, tengo aún menos talento para esos asuntos. ¿Por qué no puedo intentar una mejor suerte con la Física?” Por otro lado, como Einstein faltaba con frecuencia a las clases de Pernet y realizaba las prácticas de laboratorio de manera independiente sin seguir sus instrucciones, ese maestro le dio la nota mínima 1, a pesar de que su asistente le hizo notar que, aunque por vías heterodoxas, las soluciones de Einstein siempre eran correctas.

Otra ocasión en que Einstein manifestó desprecio por la autoridad fue con su profesor de Física–Matemática, el físico alemán Heinrich Friedrich Weber (1843–1912), de quien recibió el siguiente comentario: “Usted es un joven inteligente, Einstein, un joven muy inteligente; pero tiene un gran defecto: no oye lo que los otros dicen”.

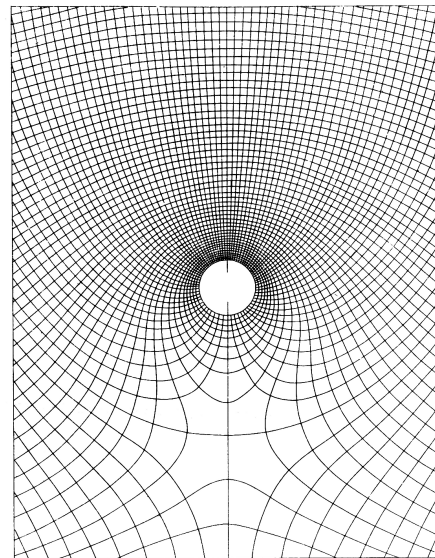
Es interesante anotar que el matemático ruso–alemán Hermann Minkowski (1864–1909), profesor de varios cursos en la ETH llegó a llamar a Einstein “cachorro perezoso” por sus frecuentes faltas a clase. Más tarde Minkowski le presentó a Einstein el Cálculo Tensorial, el cual le permitió desarrollar la Teoría de la Relatividad General en 1915.



Primera edición inglesa de la Teoría de la Relatividad, 1920.

Einstein se graduó en Física el 27 de julio de 1900, con las siguientes notas (para un máximo de 6 y

un mínimo de 1): Física Experimental 5 (peso 2); Física Teórica 5 (peso 2); Astronomía 5 (peso 1); Teoría de Funciones 5.5 (peso 2); Tesis de Graduación 4.5 (peso 4); Nota Final 54 puntos. El primer lugar fue de Louis Kollros (1878–1959), con 60 puntos; el segundo lugar fue de su gran amigo, el matemático Marcel Grossmann (1878–1936) con 57.5 puntos; el tercero fue de Jakob Ehrat (1876–1960) con 56.5 puntos. Einstein fue el cuarto lugar. Anotemos que Grossmann le prestaba a Einstein los apuntes de clase pues, insatisfecho con sus profesores que no enseñaban temas más actuales (Weber que no enseñaba la Teoría Eletromagnética Maxwelliana), faltaba a clase para estudiarlos por sí mismo. El 21 de febrero de 1901, Einstein se hizo ciudadano suizo.



Líneas de fuerza distorsionadas.

Fue en la ETH que Einstein se enamoró de su compañera de grupo, Mileva Maric (1875–1948), de padres católicos, nacida en Titel, Vojvodina, entonces Hungría. Mileva fue reprobada en el examen final que presentó junto con Einstein, sólo consiguió apenas 44 puntos. En 1901, tuvieron una hija que llamaron Liesl, las referencias a ella, tanto por parte de Einstein como de Mileva, terminaron en septiembre de 1903. No se sabe si la niña falleció o fue adoptada. Einstein y Mileva se casaron el 6 de enero de 1903 y, de ese matrimonio nacieron Hans Albert (1904–1973), ingeniero civil por la ETH, profesor de Ingeniería Hidráulica en la Universidad de California, en Berkeley, y en la Universidad de Iowa, y constructor de las más importantes presas en

todo el mundo, y Eduard (1910–1965), muy talentoso para las artes, estudió psiquiatría en la Universidad de Zurich; murió internado en un Hospital Psiquiátrico en Burghölzli, Suiza.

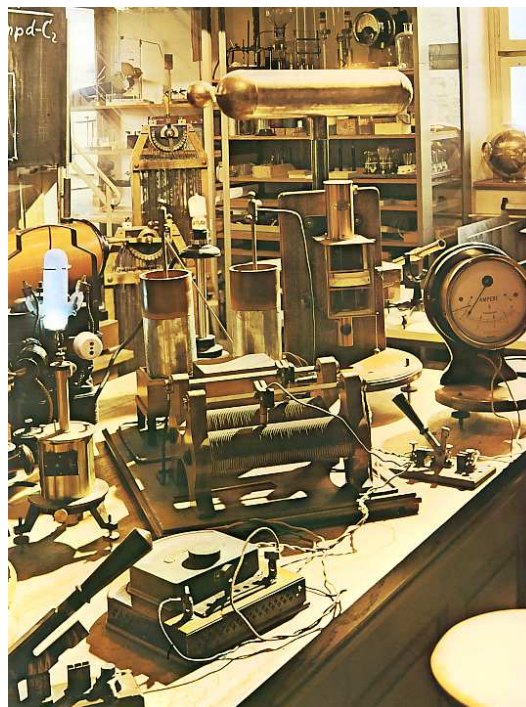
En junio de 1914, Einstein se separó de Mileva y se divorciaron el 14 de febrero de 1919. El 2 de junio de ese año, Einstein se casó con su prima, también divorciada, Elsa Einstein Löwenthal (1876–1936). El 9 de noviembre de 1922, recibió el premio Nobel de Física de 1921, por el descubrimiento de la ley del efecto fotoeléctrico y por sus trabajos en Física Teórica. El monto del premio, cerca de 32,000 dólares, Einstein lo cedió a Mileva, en 1923.

Se nacionalizó norteamericano el 1 de octubre de 1940, pero conservó su pasaporte suizo. Murió a la 1:15hs del 18 de abril de 1955 de un ataque cardíaco, en el *Princeton Hospital*, con la asistencia de la enfermera Alberta Rozsel. Fue cremado en el *Ewing Crematorium*, en Trenton, a las 16:00hs del mismo día 18; sus cenizas fueron dispersadas por el economista germano-norteamericano Otto Nathan (1893–1987) y por el químico, filósofo e industrial alemán Paul Oppenheim (1885–1977) en un lugar no revelado en las cercanías proximidades del crematorio.

Cuando era estudiante Einstein en la ETH, recibía una mensualidad de una tía materna y daba clases particulares de Física y Matemáticas. Durante un corto periodo sustituyó al profesor Kakob Rebsstein en la Escuela Técnica de Winterthr en 1901, a quien había conocido en la ETA. Entre octubre de 1901 y enero de 1902 fue profesor en el Internado de Schaffhausen.

Marcel Grossman, preocupado por la situación financiera de Einstein, habló con su padre para conseguirle un empleo. Así fue como el ingeniero mecánico Friedrich Haller (1844–1936), amigo del padre de Grossman y director de la Oficina de Patentes en Berna abrió una plaza como ingeniero de segunda clase. Haller se percató de que el amigo de Marcel no tenía muchas habilidades técnicas pero sí un profundo conocimiento de la teoría electromagnética de Maxwell. Finalmente fue contratado como perito técnico de tercera clase el 16 de junio de 1902 y comenzó a laborar el 23 de ese mismo mes. Trabajó en esa oficina hasta julio de 1909 estudiando poco pero pensando mucho.

Cuando se hallaba en Berna, antes de su empleo en la Oficina de Patentes, Einstein se mantenía dando clases particulares de Física anunciadas en un pe-



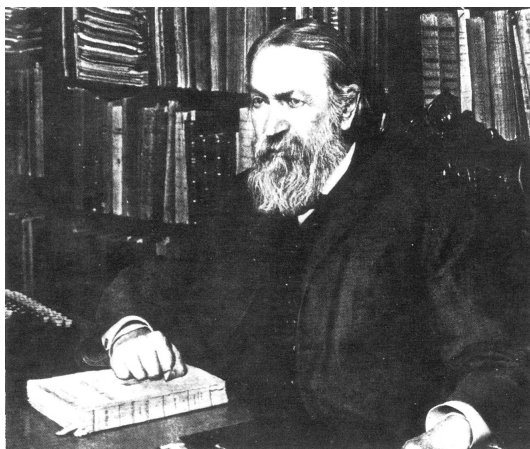
Laboratorio de la Oficina de Patentes, Berna.

riódico local con el texto: “Albert Einstein, antiguo alumno de la Escuela Politécnica de Zurich, da clases de Física; tres francos por hora”. Uno de sus primeros alumnos fue el joven arquitecto rumano Maurice Solovine (1875–1958), estudiante de filosofía y letras en la Universidad de Berna, quien leyó su anuncio a principios de 1902. En su primer encuentro conversaron durante dos horas sobre varios asuntos y convinieron en el horario. En la tercera clase Einstein desistió de ser profesor particular de Solovine diciéndole: “Usted no necesita de mis clases de física; nuestra discusión acerca de los problemas en la física es mucho más interesante. Continúe visitándome y tendré el mayor placer de conversar con Usted”. Semanas más tarde un tercer personaje se sumó a las conversaciones, su amigo y compañero de la ETH, el ingeniero alemán Conrad Habicht (1876–1958) que estudiaba el doctorado de Matemáticas en la Universidad de Berna. Así, a partir de 1902, los tres fundaron la Academia Olimpia, que funcionaba en los cafés de la ciudad, las cervecerías, recitales de música y caminatas de fin de semana.

Después de la boda de Einstein y Mileva, a inicios de 1903 (cuyos padrinos fueron Solovine y Conrad), las reuniones de la Academia Olimpia se celebraban,

también, en el pequeño apartamento de los Einstein en la calle Kramgasse 49. En esas reuniones Einstein tocaba ocasionalmente el violín, que había aprendido a los seis años por indicación de su madre.

En la Academia, “los tres mosqueteros intelectuales” estudiaron los trabajos de física y matemáticas de Karl Pearson (1857–1936) (matemático inglés), Ernst Mach (1838–1916) (físico y filósofo austriaco), Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821–1894) (físico y fisiólogo alemán), André Marie Ampère (1775–1836) (físico y matemático francés), Georg Friedrich Bernhard Riemann (1826–1866) (matemático alemán) y Jules Henri Poincaré (1854–1912) (físico, matemático y filósofo francés). De este último, estudiaron su famoso libro *La Science et l’Hypothèse*, publicado en 1905. Discutieron las ideas de Platón (c.427-c.347) (filósofo griego), Benedict Baruch de Spinoza (1632–1677) (filósofo holandés), David Hume (1711–1776) (filósofo escocés), John Stuart Mill (1806–1873) (filósofo inglés), Richard Heinrich Ludwig Avenarius (1843–1896) (filósofo alemán) y de otros filósofos, entremezcladas con lecturas de literatura clásica de Sófocles (496–406) (dramaturgo griego), Miguel de Cervantes Saavedra (1547–1616) (novelista español), Jean-Baptiste Racine (1639–1699) (poeta francés) y Charles John Huffam Dickens (1812–1870) (novelista inglés).



Ernst Mach (1838–1916).

Anotemos que, por esa época, Einstein tenía también una gran amistad con el ingeniero mecánico italo-suizo Michelangelo Besso (1873–1955). Esta amistad duró hasta la muerte de Besso, casi un mes antes de morir Einstein. A pesar de que Besso no era académico, fue quien llevó a Einstein al estudio de los traba-

jos de Mach; fue Einstein quien llevó a Besso al Registro de Patentes, en 1904. A Besso dedicó Einstein su famoso trabajo de 1905 *Elektrodynamik bewegter Körper* (Eletrodinámica de los Cuerpos en Movimiento),¹⁹ más tarde conocido como Teoría Restringida de la Relatividad.

El inicio de las actividades científicas de Einstein ocurrió en 1894 ó 1895 con el artículo *Über die Untersuchung des Ätherzustandes in magnetischen Felde* (Acerca del estado del éter en un campo magnético), de cinco páginas, cuando tenía 16 años, donde proponía un experimento para estudiar el comportamiento del éter en un campo magnético. Ese trabajo fue enviado de Pavia, donde vivía, por su tío materno Caesar Koch (1854–1941), junto con una carta donde manifestaba su intención de estudiar en la ETH.²⁰ Cuando niño, Einstein recibió una pequeña máquina de vapor que lo hacía saltar de gusto cuando lograba hacerla funcionar.

Alrededor de 1895 Einstein comenzó a investigar las consecuencias de una persona desplazándose a la velocidad de la luz. Nótese cómo, desde joven, Einstein enfrentaba cuestiones altamente interesantes y de gran potencial científico. Ciertamente ese espíritu de investigación comenzó cuando, a sus cuatro años, examinó con gran curiosidad, una brújula que le mostró su padre.

Considerando que una carrera científica está relacionada con la publicación de artículos en revistas especializadas, puede afirmarse que la de Einstein comenzó en 1901 con la publicación de *Folgerungen aus den Kapillaritätserscheinungen* (Consecuencias de los fenómenos de capilaridad) en *Annalen der Physik* 4, p.513. Es oportuno anotar que ese artículo fue escrito cuando daba clases en la Escuela Técnica de Winterthur. Obtuvo la inspiración después de una clase teórica sobre capilaridad que dio Minkowski en 1900. Esa clase lo impresionó tanto que Einstein llegó a decir a su colega Kollros que esa había sido su primera clase verdaderamente de Física-Matemática que había recibido en la ETH.

En noviembre de 1901 Einstein sometió a la Universidad de Zurich (por ese tiempo la ETH no ofrecía doctorados) su tesis de doctorado intitulada *Eine Neue Bestimmung der Moleküldimensionen* (Una nueva determinación de las dimensiones moleculares), elaborada sin asesoría de ningún profesor.

¹⁹ *Annalen der Physik* 17, p.891

²⁰ El artículo y la carta fueron reproducidos por Jadish Mera en *Physikalische Blätter* 27, p.385, 1971



Primera foto conocida de Einstein.

Intentemos explicar esa actitud de Einstein. Al intentar obtener un empleo de profesor asistente en alguna universidad europea fuera de Zurich, pues ya había sido rechazado como asistente de profesores de la ETC, Einstein envió copias de su primer artículo publicado a diferentes profesores famosos, como el físico austríaco Ludwig Edward Boltzmann (1844–1906), de la Universidad de Leipzig, al físico alemán Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz Wien (1864–1928; premio nobel de física en 1911), de la Universidad de Breslau, y al físico-químico alemán Friedrich Wilhelm Ostwald (1853–1932; premio nobel de química en 1909), de la Universidad de Leipzig.

Sin que Einstein lo supiera, Ostwald también recibió una carta de su padre Hermann solicitando empleo para su hijo. Einstein escribió también a los físicos, el holandés Heike Karmelinh Onnes (1853–1926; premio nobel de física en 1913), de la Universidad de Leiden, al italiano Augusto Righi (1850–1920), de la Universidad de Boloña, y al alemán Carl Adolph Paalzow, de la Universidad de Berlín. Einstein no recibió ninguna respuesta de esos eminentes profesores.

Debido a lo anterior, Einstein resolvió obtener su doctorado, pues sabía que el físico alemán Carl Victor Eduard Riecke (1845–1915), de la Universidad de Goettingen, necesitaba dos asistentes con doctorado. Mencionemos que Ostwald propuso a Einstein para recibir el premio nobel de física en 1909, 1910, 1913 e 1914.

Inicialmente Einstein pidió a Weber, en el invierno de 1900–1901, que fuera su asesor de doctorado, ya que lo había sido en su *Diplomarbeit* (Diploma de Graduación). Pretendía entonces desarrollar un trabajo sobre el efecto Thomson, lo que fue aceptado por Weber. Sin embargo, Einstein decidió extender su primer artículo acerca de las fuerzas moleculares de los gases. Weber no aceptó el cambio de tema y Einstein decidió desarrollarlo solo.

La tesis presentaba un método hidrodinámico para determinar dimensiones moleculares, fue revisada por el físico suizo Alfred Kleiner (1849–1916) quien la rechazó por considerarla muy corta; tenía apenas 21 páginas. La devolvió a Einstein el 1 de febrero de 1902, incluyendo la cuota de inscripción: 230 francos suizos. Después de rehacerla, el 30 de abril de 1905 la dedicó a su amigo Marcel Grossmann, volvió a presentarla el 20 de julio de 1905 en la Universidad de Zurich, aumentada apenas en unas cuantas oraciones, como años más tarde comentaría Einstein a carcajadas.

La tesis fue aprobada inmediatamente por Kleiner y por el físico suizo Heinrich Burkhardt (1861–1914) quien revisó cuidadosamente los cálculos matemáticos. Es oportuno destacar que, también en 1905, Einstein publicó sus famosos artículos que fundamenta su fama: Efecto Fotoeléctrico,²¹ Movimiento Browniano,²² y la Relatividad Restringida. El artículo sobre el Movimiento Browniano presenta los resultados que fueron subproductos de su Tesis de Doctorado.

Acerca de esa tesis²³, hay algunos hechos inusitados que comentaremos. Independientemente de Einstein, el físico australiano William Sutherland (1859–1911) encontró, en 1905,²⁴ el mismo resultado encontrado por Einstein para el coeficiente de difusión D de un soluto, resultado dependiente del número de Avogadro N . En su tesis, Einstein dedujo una expresión

²¹ *Annalen der Physik* 17, p.132.

²² *Annalen der Physik* 17, p.549.

²³ Publicada en 1906 *Annalen der Physik* 19, p.289

²⁴ *Philosophical Magazine* 9, p.781



Conferencia Solvay, 1911.

sión para el coeficiente de viscosidad de un líquido con (k^*) y sin (k) moléculas en suspensión:

$$k^* = k(1 + \varphi)$$

donde φ representa la fracción de volumen ocupado por las moléculas solutas. En 1909,²⁵ el físico francés Jean Baptiste Perrin (1870–1942; premio nobel de física en 1926) determinó N y encontró un valor diferente del de la fórmula de Sutherland–Einstein. En 1910, Jacques Bancelin, alumno de Perrin, realizó un estudio experimental sobre los coeficientes de viscosidad dados por la expresión anterior y encontró que φ debía ser multiplicado por 3.9, no como indicaba la expresión referida.

Al recibir Einstein esa información de Bancelin, revisó sus cálculos. Como no encontró ningún error, escribió a su alumno Ludwig Hopf (1884–1939), en enero de 1911, diciéndole: “Usted me haría un gran favor si revisara cuidadosamente mi investigación. Hay un error en ese trabajo, donde el volumen de sustancia en suspensión de Perrin, en estado suspendido, es mayor de lo que él afirma. Hopf rehizo los cálculos y mostró que Einstein se había equivocado en las derivadas de dos componentes de la velocidad en las ecuaciones para las componentes de la presión. Después de corregido el error, Hopf encontró que el factor de φ debía ser 2.5, no 3.9, determinado por Bancelin.

En 1911,²⁶ Einstein publicó un trabajo donde corrigió su fórmula, introduciendo el valor calculado por Hopf. Es oportuno registrar que, en mayo de 1911, Bancelin presentó a la Academia Francesa de Ciencias los resultados de nuevas experimentos sobre la medida de la viscosidad donde presentaba el

valor 2.9 como coeficiente de φ en la expresión de Einstein–Hopf. Es extraño que Burkhardt, que revisó los cálculos matemáticos de la tesis de Einstein conforme relatamos arriba, no detectó ese error.

Durante toda su vida científica, Einstein escribió más de 300 artículos, la mayoría en alemán. De estos 300 artículos, apenas 44 fueron escritos con colaboradores, que fueron los siguientes físicos (el número entre paréntesis indica el número de artículos): Johann Jakob Laub (1872–1962) (2); Hopf (2); Otto Stern (1888–1969; premio nobel de física en 1943) (1); Adriaan Daniel Fokker (1887–1968) (1); Grossmann (1); Wander Johannes de Haas (1878–1960) (4); Hans Mühsam (1876–1957) (1); Jakob Grommer (1879–1933) (2); Paul Ehrenfest (1880–1933) (1); Théophile de Donder (1872–1957) (1); Walther Mayer (1887–1948) (8); Richard Chase Tolman (1881–1948) (1); Boris Podolsky (1896–1966) (2); Willem de Sitter (1872–1974) (1); Nathan Rosen (1909–1995) (4); Leopold Infeld (1898–1968) (4); Banesh Hoffmann (1906–1986) (1); Peter Gabriel Bergmann (1915–2002) (2); Valentin Bargmann (1908–1989) (2); Wolfgang Pauli Jr. (1900–1958; premio nobel de física en 1945) (1); y Ernst Gabor Straus (1922–1983) (2).

En 1955 Einstein trabajaba acerca de la Teoría del Campo Unificado²⁷ y su último artículo científico fue publicado en 1949,²⁸ escrito en colaboración con Infeld, e intitulado *Motion of Particles in General Relativity Theory*. Anotemos que durante toda la carrera científica de Einstein no tuvo estudiantes de doctorado que obtuvieran el grado, el primero de sus alumnos de doctorado fue Hans Tanner (1886–?), de la Universidad de Zurich, a quien asesoró de octubre de 1909 a abril de 1911.

Concluiremos esta sección narrando algunos aspectos inusitados de la vida de Einstein. El primero tiene que ver con su religión. Es muy difícil resumir su religión, por eso he seleccionado dos frases que la sintetizan: “La ciencia sin religión es manca, la religión sin ciencia es ciega”. La segunda frase es la respuesta que dio al rabino Herbert S. Goldstein, de la Sinagoga Institucional de Nueva York, quien le envió un telegrama preguntando: “¿El señor Einstein cree en Dios?”; la respuesta de Einstein fue:

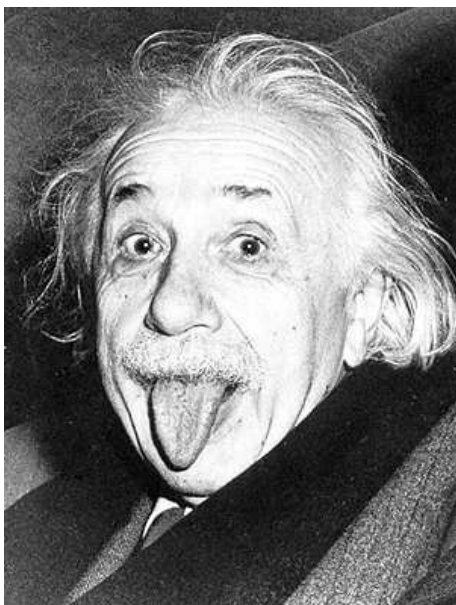
²⁷Su primer artículo acerca de la unificación de las fuerzas electromagnética y gravitacional fue publicado en 1952 *Preussische Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Mathematisch-physikalische Klasse, Sitzungsberichte*, p.414.

²⁸*Canadian Journal of Mathematics* 3, p.209.

²⁵*Annales de Chimie et Physique* 18, p.1.

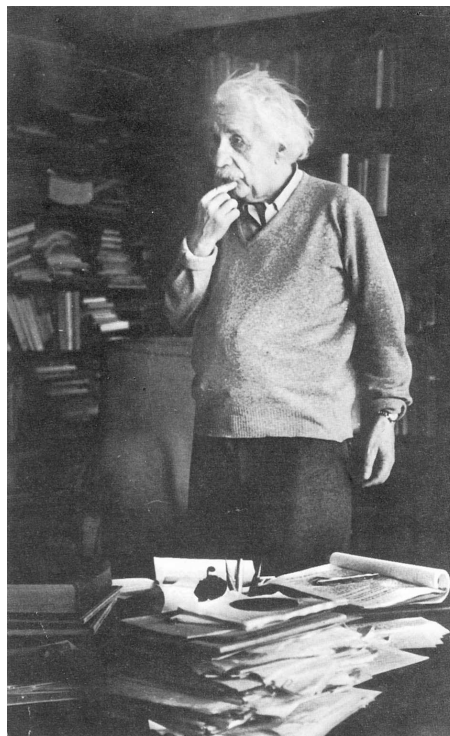
²⁶*Annalen der Physik* 34, p.591.

“Creo en el Dios de Espinosa, que se revela en la armonía de todos los seres, no en un Dios que se interesa por la suerte y acciones de los hombres”. El telegrama del rabino Goldstein fue motivado por una recomendación hecha, en abril de 1929, por el Cardenal O’Connell, Arzobispo de Boston a los miembros del Club Católico Americano de Nueva Inglaterra: “No lean la Teoría de la Relatividad de Einstein; es una confusa especulación que produce una duda universal acerca de Dios y de Su Creación; encubre la terrible presencia del ateísmo”.



Ahora veamos cómo ocurrió la famosa fotografía donde Einstein saca la lengua. Arthur Sasse tomó esa foto el 14 de abril de 1951 cuando Einstein tenía 72 años de edad, se hallaba dentro de un automóvil y se dirigía a la entrega del primero de los *Einstein Awards for Achievements in Natural Sciences*. Ese gesto fue la respuesta a la petición de Sasse: “Una sonrisa por su aniversario, profesor”.

Según narra mi amigo, el físico brasileño Jayme Tiomno (n.1920), no fue esa la única ocasión que Einstein sacó la lengua. Cuando Tiomno hacía su doctorado en la Universidad de Princeton, a inicios de la década de 1950, en una conferencia impartida por Einstein, que entonces trabajaba en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, pidió a los asistentes que intentasen detener la Guerra Fría, la competencia armamentista entre Estados Unidos y la entonces Unión Soviética, cuyo momento más crítico ocurrió entre 1949 y 1953. Su petición era que los asistentes enviaran cartas a los principa-



Einstein en su cuarto de trabajo, 1955.

les mandatarios de esos países para pedir la conclusión de esa Guerra. En ese momento, Einstein sacó la lengua ofreciéndola para pegar los timbres postales a las cartas. Ignoro si existe alguna fotografía de ese gesto.