

CENTENARIO DEL NACIMIENTO DE ALBERT EINSTEIN

El 14 de marzo, fecha del Centenario del Nacimiento de Albert Einstein, se efectuó en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas un acto de homenaje y reconocimiento al hombre que con su vasta obra científica trajo profundas motivaciones en la concepción del mundo físico.

El acto que motivó gran entusiasmo por parte de los alumnos se desarrolló en el Auditorium de IDIEM y, en el participaron cuatro destacados académicos del departamento de Física de la Facultad: Patricio Martens, Igor Saavedra, Romualdo Tabensky y Carlos López.

Correspondió abrir la Conferencia al Director del Departamento de Física, profesor Patricio Martens Cook, quien habló sobre la personalidad del famoso físico.

Homenaje del prof. Martens a la personalidad de Einstein

El centenario del nacimiento de Albert Einstein constituye la mejor oportunidad para rendir homenaje a su persona y a su vasta obra científica, que tan profundos cambios traería a la concepción del mundo físico.

Einstein, el pensador profundo y eminente creador, nace en la ciudad alemana de Ulm, a orillas del Danubio, el 14 de marzo de 1879. Su naturaleza le hace rebelarse, como estudiante, contra la rigidez de la rutina escolar, la excesiva disciplina y la exagerada memorización que allí se exige en el aprendizaje, acentuándose en él a partir de los once años su afición por los libros de matemáticas y filosofía. Esta afición derivará en un marcado escepticismo que lo hará cuestionar todo dogmatismo y recelar de todo convencionalismo, actitud de aguda crítica que lo acompañará toda su vida.

Desde su ingreso al Instituto Tecnológico de Zurich, en Suiza, se muestra como una persona de talento superior, pese a lo cual no logra destacarse como un buen alumno en el sentido convencional. Luego de su graduación, en 1901, publica su primer trabajo en la revista científica *Annalen der Physik*, sobre fenómenos de capilaridad, sin lograr aún que alguna institución académica se interese en sus servicios. Recien en 1902, ingresa a la Oficina de Patentes de Berna, que le deja tiempo para trabajar por su cuenta en física.

De todas las teorías físicas existentes en ese tiempo, sólo la termodinámica clásica, a juicio de Einstein, parecía ofrecer, dentro de su propio dominio, un punto de partida seguro para investigaciones fundamentales y resulta así natural que sus siguientes publicaciones sean todas en ese campo y en particular en su formación estadística.

En el año 1905 muestra su talento físico al publicar cuatro trabajos fundamentales de enorme trascendencia en el desarrollo posterior de la física de nuestro siglo.

El primero de ellos, sobre el movimiento browniano, constituye un importante aporte a la consolidación de la teoría cinético-molecular. Trata de la teoría cuantitativa de los desplazamientos que experimentan partículas en suspensión como consecuencia de los choques que sufren por parte de las moléculas en movimiento del líquido o gas en que se encuentran y sus resultados condujeron a Perrin a la determinación experimental de la constante de Boltzmann y por ende al número de Avogadro.

En el segundo trabajo hace la teoría del efecto fotoeléctrico, que consiste en la emisión de electrones por una superficie metálica al hacer incidir sobre ella un haz de luz ultravioleta, extendiendo la idea de Planck de los cuantos de energía $E = h\nu$ a los fenómenos de absorción de la luz: reconoce el papel fundamental del fotón como portador de energía y momentum. Se trata de su primera gran contribución al establecimiento de la moderna mecánica cuántica, a la cual, sin embargo, paradójicamente nunca llegó a aceptar completamente, considerán-

dola como una teoría heurística incompleta y de acuerdo a sus convicciones, de carácter necesariamente transitorio.

Sus otros dos trabajos: *Contribución a la electrodinámica de los cuerpos en movimiento* y *¿Depende la inercia de un cuerpo de su energía?*, surgen del esfuerzo por compatibilidad la dinámica de Newton con la Electrodinámica de Maxwell, lo que implica alterar radicalmente los conceptos de espacio y tiempo al generalizar debidamente la primera. Se gesta así la Relatividad Especial.

Pasaron sin embargo algunos años antes de que llegara su consagración en los medios académicos, pero ésta llegó arrolladora: designado Privatdozent en Berna (1908); Profesor extraordinario en Zurich (1909); Profesor de Física Teórica en Praga (1911); Profesor de Física Teórica en Zurich (1912); y Director del Kaisers Wilhelm Institut y Profesor en la Universidad de Berlín (1913).

Durante su permanencia en Berlín, recibe su doctorado y trabaja en su teoría de la Relatividad General; sus predicciones acerca de la desviación de la luz debida a la acción de campos gravitacionales, es verificada por Eddington y colaboradores durante un eclipse en 1919, lo que lo exalta a la fama pública. En 1921 recibe el premio Nóbel de Física por su teoría del efecto fotoeléctrico.

En 1933 abandona Alemania al comenzar el hostigamiento antisemita, trasladándose al Instituto de Estudios Avanzados de Princeton Estados Unidos, donde permaneció hasta su retiro en 1945.

Difícil resulta encontrar en el Física algún dominio en que no se encuentre proyectada su obra, directa o indirectamente.

De entre sus muchos otros trabajos nos limitaremos a citar el de los calores específicos de los sólidos; los coeficientes de Einstein en conexión con las probabilidades de transición atómicas, de donde surgiría posteriormente la estadística de Einstein-Bose; el fenómeno de condensación de Einstein y la Cosmología Relativa.

Durante sus últimos años trabajó infructuosamente en una teoría unificada de cam-

pos, que habría constituido una digna coronación a su incesante búsqueda del saber.

La enorme trascendencia de su trabajo mantiene viva su imagen en el mundo científico y el carisma de su brillante intelecto y personalidad la mantiene ante el público de todo el mundo, quién lo identifica con el arquetipo del científico.

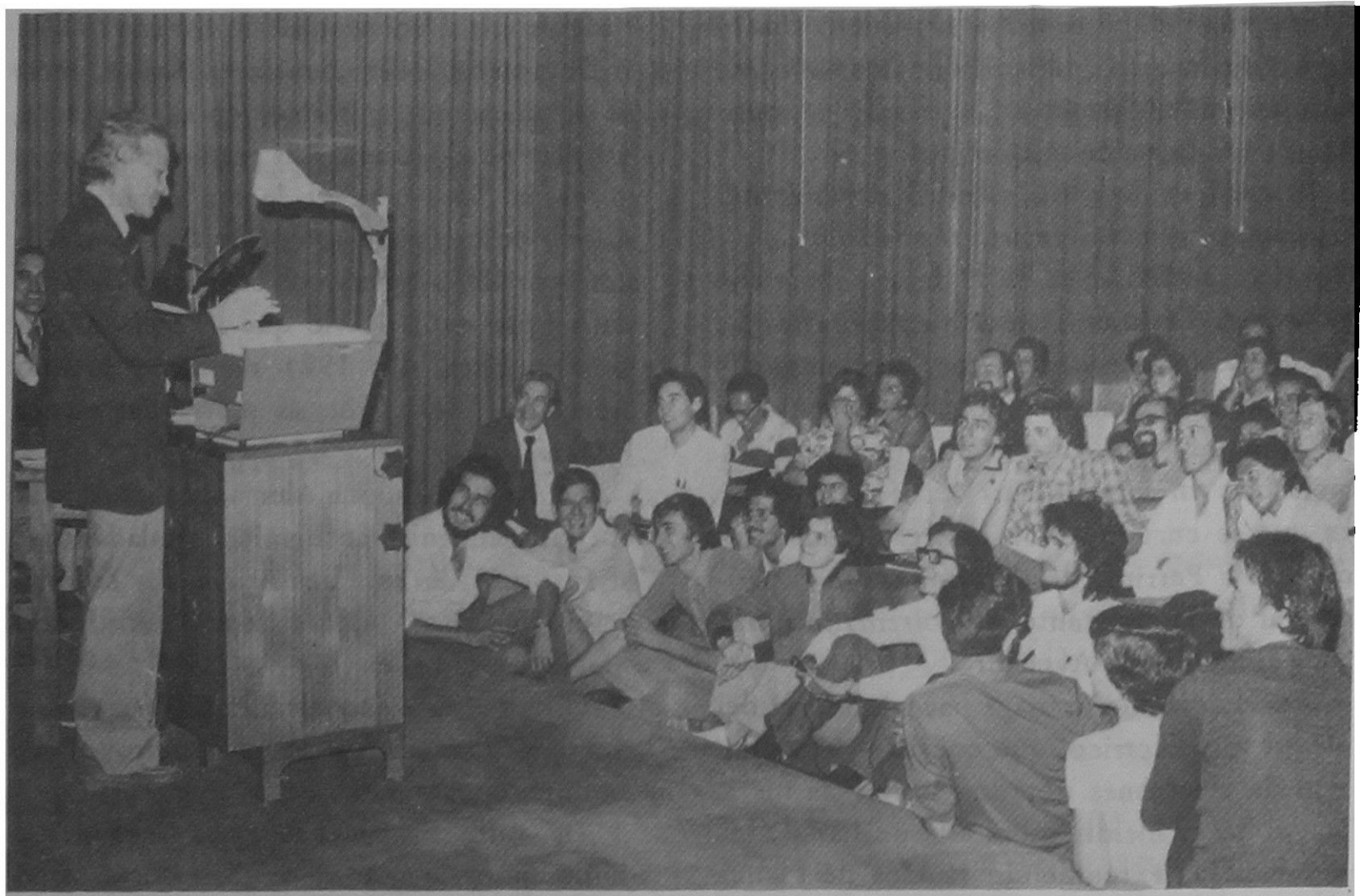
Igor Saavedra se refiere a la teoría de la relatividad especial de Einstein

Esta teoría, formulada por Einstein en 1905, esto es, a la edad de 26 años, tiene su punto de partida en una revisión profunda de los conceptos de tiempo y de espacio. En efecto, la física y la mecánica en parti-

que se entiende por tiempo y qué por espacio para que relaciones semejantes puedan tener significado.

Ahora bien, Newton no se detuvo a considerar en detalle estas nociones sino que, por el contrario, se limitó a aceptar sin discusión ideas de carácter metafísico —más allá de la física; no de carácter experimental— acerca de ellas. Así por ejemplo, para él *el tiempo absoluto, verdadero y matemático ... fluye uniformemente sin relación a nada externo*, en tanto que *el espacio absoluto, ... sin relación a nada externo, permanece siempre igual ...*

El análisis de Einstein demuestra que estas son insatisfactorias. La descripción correcta de los fenómenos físicos depende de la relación entre sus velocidades y la velocidad de la luz en el espacio vacío, que emerge así como una constante universal de carácter central en la naturaleza. La



Igor Saavedra, Investigador del Departamento de Física se refiere a la relatividad especial de Einstein.

cular, tienen como propósito el relacionar lo que ocurre en un lugar y tiempo dado (x_A, t_A) con lo que ocurre en otros lugares y otros tiempos: (x_B, t_B) , (x_C, t_C) , etc. Es indispensable, en consecuencia, precisar

teoría de Newton, y en particular sus conceptos acerca del tiempo y del espacio, resultan ser aproximaciones válidas sólo en el caso en que todas las velocidades del sistema en estudio son mucho menores que

la de la luz.

Einstein comienza su argumentación señalando que todas nuestras descripciones de hechos experimentales en las que aparece la idea de tiempo se refieren en realidad a sucesos que ocurren simultáneamente: *si digo, por ejemplo: ese tren llega aquí a las*

La masa resulta también dependiente de su estado de movimiento, y aumenta a medida que aumenta su velocidad. Aquí, como en todas las relaciones que fluyen de la teoría, la velocidad de la luz en el espacio vacío aparece como una magnitud límite, inalcanzable para objetos de masa no nula, la



El catedrático e Investigador, Igor Saavedra en el acto de homenaje al destacado físico Albert Einstein.

7, quiero decir algo así como *la posición de los punteros del reloj que señalan las 7 y la llegada del tren, son hechos simultáneos.*

Establecida esta equivalencia entre tiempo simultaneidad, Einstein procede a continuación a demostrar que este último es un concepto que depende del estado de movimiento del observador que describe el fenómeno en estudio. Dos sucesos simultáneos para un observador dado no lo son para otro en movimiento respecto del primero; simultaneidad es un concepto relativo, y por lo tanto el tiempo es relativo. Lo mismo resulta ser válido para el caso del espacio.

Tanto el espacio como el tiempo dependen del estado de movimiento del observador; las longitudes se acortan en la dirección del movimiento en tanto que el tiempo transcurre más lentamente para un observador en movimiento que para uno en reposo respecto de él.

velocidad máxima en el mundo físico como lo conocemos hoy.

Finalmente, la teoría descubre también la equivalencia de la masa y la energía, expresada a través de una ecuación que es tal vez la más célebre de la física contemporánea: $\text{energía} = (\text{masa}) \times (\text{velocidad de la luz})^2$, de profundas consecuencias tanto en lo científico como en lo tecnológico y aún, por la vía del nuevo concepto de guerra y de paz establecido por las armas nucleares, en el plano moral.

El profesor Tabensky se refiere a la relatividad general.

Una vez que Einstein construyó su teoría de la Relatividad Especial en 1905 se dió cuenta que ésta predecía, entre muchas otras cosas, que la energía no puede transmitirse

a una velocidad mayor que la velocidad luminosa. En aquella época se conocía tan sólo las fuerzas electromagnéticas y las gravitacionales. Las primeras satisfacían todos los requerimientos relativistas en cambio las gravitacionales no, por el simple hecho que estas fuerzas están dadas por la distancia entre los cuerpos, esto significa que el movimiento de un cuerpo afecta simultáneamente cualquier otro y se tendría propagación con velocidad infinita.

Así Einstein se vio nuevamente en la necesidad de tumbar a Newton. Esto lo consiguió, sólo después de 10 años de trabajo arduo, en 1916. El sucesor de la ley de gravitación de Newton es la Relatividad General. Esta es una teoría de 10 campos que determinan las propiedades métricas del espacio tiempo. La solución de esta teoría conduce nuevamente a la ley de Newton, pero ahora corregida. Lo espectacular es que estas correcciones, muy pequeñas por cierto, han sido medidas. Una predicción, por ejemplo, es que la luz se dobla un poco al pasar cerca del sol.

Esta teoría tiene además predicciones tan espectaculares como que el Universo necesariamente tuvo un comienzo apocalíptico, la existencia de agujeros negros y ondas gravitacionales. Muchos físicos están trabajando hoy en día para verificar estas predicciones con experimentos. Algunos hasta dicen que han visto ya un agujero negro. Einstein está aún muy vivo entre nosotros.

La elocución del profesor Carlos López sobre cosmología

Inmediatamente después de obtener las ecuaciones de la relatividad general, Einstein las aplicó al problema cosmológico, es decir, a la búsqueda de un modelo coherente que explique la estructura a gran escala del Universo observado. Este Universo debía estar en equilibrio estático a juzgar por la evidencia astronómica de la época (1916). Ahora bien, debido a que la fuerza de gravedad es atractiva, un tal equilibrio es imposible tanto en la teoría de gravitación de Newton como en la de Einstein. Para salvar esta dificultad, Einstein se vió obligado a modifi-

car ligeramente las ecuaciones de la relatividad general, introduciendo un término adicional, despreciable a escala del sistema solar, pero importante a escala cosmológica. Este término involucra una fuerza repulsiva que compensa a gran escala los efectos atractivos de la gravedad, lo que permite la existencia de un Universo en equilibrio estático. La particularidad más notable de este Universo de Einstein es que su volumen total es finito a pesar de no tener límites en ninguna parte. Matemáticamente se lo describe como la *superficie* tridimensional de una esfera sumergida en un espacio de cuatro dimensiones.

El modelo estático de Einstein debió ser abandonado en 1929 cuando los astrónomos Hubble y Humason descubrieron que las galaxias se alejaban unas de otras con velocidades proporcionales a sus distancias relativas. Esta expansión del Universo estaba implícita en las ecuaciones de la relatividad general sin el término cosmológico. Las soluciones que describen Universos en expansión (o contracción) habían sido encontradas por Friedmann en el año 1924.

Diez años después de la muerte de Einstein, en 1965, Penzias y Wilson descubrieron una radiación electromagnética en la zona de las microondas que inunda el espacio en forma perfectamente isotrópica. La importancia de esta radiación se debe a que su distribución espectral corresponde a un cuerpo negro a la temperatura de 2.73 grados absolutos. Esto significa que se originó en los primeros minutos de vida del Universo, cuando existía equilibrio termodinámico entre la materia y la radiación. Es como si estuviéramos viendo el Universo primordial que existió hace 15 mil millones de años. Parece estar próximo el día en que se pueda dar una respuesta científica a interrogantes que hasta hace poco estaban en el dominio exclusivo de la filosofía especulativa, como por ejemplo: ¿Cómo se originó el Universo? ¿Es finito o infinito? ¿Se expandirá indefinidamente o volverá a contraerse hasta que se produzca el colapso final.

Debemos agradecer al genio de Einstein el haber iniciado esta fantástica *aventura del pensamiento*.