

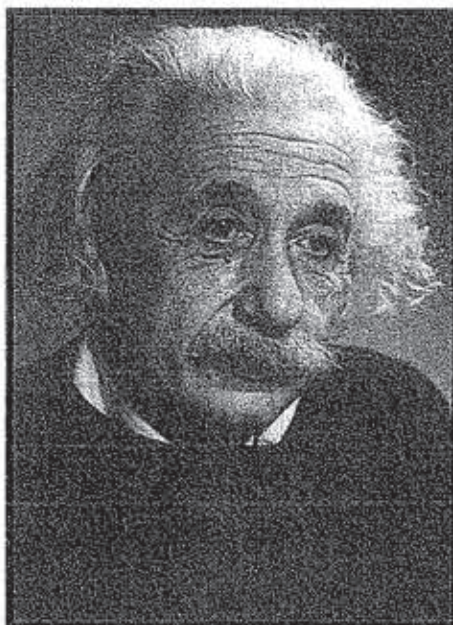
*En 1895 no consiguió ingresar en la Escuela Politécnica de Zurich*

## En el centenario del suspenso de Einstein

— Ramón Núñez —

*En 1895 Albert Einstein fue suspendido en el examen para entrar en la Escuela Politécnica de Zurich. Un agudo profesor ya le había anticipado el año anterior su triste futuro, cuando fue expulsado del colegio por sus malas notas, con una frase que ha pasado a la historia: «Einstein, tú nunca llegarás a nada».*

*Es difícil encajar una cosa así. En aquella temporada, el adolescente Albert se sintió muy mal. Sufrió. Tanto, que llegó a escribir en una carta a su hermana: «realmente me hubiera sido mejor no haber nacido». Hay veces, sin embargo, que la vida no se condiciona por los veredictos de los evaluadores académicos, y un siglo después de aquella torpe profecía podemos decir, por ejemplo, en clave anecdótica y comprensible por todos, que ningún científico del siglo XX ha ocupado tantas veces las portadas de las revistas como Albert Einstein. Ninguno en la historia fue tan conocido, fotografiado, copiado, biografiado, imitado o citado como él. Puesto a recordar, y centenario por centenario, éste de ahora sugiere cosas*



*diferentes. Además, que cualquier pretexto es válido —y bueno— para volver a hablar de uno de los mayores genios que ha producido la humanidad. Vaya este texto como homenaje a todos aquellos que algún día han suspendido. A todos los alumnos que han sido marginados por cualquier evaluador o tribunal y que, quizás, en su interior más profundo hubieran querido suspender a sus profesores sin que la situación se lo haya permitido. La verdadera evaluación la dará la vida.*

### El aprobado de la historia

De los fenómenos físicos conocidos a comienzos de siglo son pocos los que necesitan la teoría de la relatividad. Aparte de la controvertida existencia del «éter luminífero», que algunos suponían necesario para que las ondas de luz pudieran desplazarse, sólo el problema del anormal avance del perihelio del planeta Mercurio no quedaba completamente satisfecho por la mecánica de Newton. El astrónomo francés Leverrier había determinado en 1845 que el punto en que Mercurio está más cercano al Sol (su perihelio) avanzaba 40 segundos de arco más cada siglo de lo que podía preverse con las leyes newtonianas. Al aplicar luego las ecuaciones de la relatividad, la modificación del perihelio de Mercurio quedó completamente explicada. Pero resultó que desde que Einstein expuso sus ideas, los científicos han descubierto otros fenómenos y han encontrado comprobaciones de hechos que no tendrían posible explicación al margen de las ideas del gran revolucionario de la ciencia.

### La materia se puede convertir en energía

Aunque no la primera, la comprobación más dramática de esta afirmación de Einstein consistió en la realidad de la fisión nuclear mediante la bomba atómica. El 16 de julio de 1945, en Alamogordo (Nuevo México), científicos norteamericanos experimentan el primer ingenio nuclear. Por primera vez el hombre convierte una cantidad apreciable de masa en luz, calor, sonido y movi-



miento, cosas que llamamos energía. Días después otros harían explosión en Hiroshima y Nagasaki. Desde entonces, la ciencia ha buscado el utilizar las enormes posibilidades que supone la energía atómica en centrales nucleares y trata de resolver los problemas ecológicos que pueden ocasionarse.

### La luz se curva al ser atraída por una masa

La comprobación de esta afirmación de Einstein tuvo lugar durante una observación realizada durante el eclipse de Sol de 29 de mayo de 1919. En una expedición dirigida por Edington a las islas Príncipe, donde mejor podía apreciarse el eclipse, pudo observarse que el ángulo formado por los rayos de luz que llegan de dos estrellas colocadas en lados opuestos del disco solar era distinto que cuando el sol no se encontraba entre ellas. Esto es una prueba de que la masa del Sol modifica la trayectoria de la luz, curvándola.

### El tiempo se hace más lento al viajar a grandes velocidades

La primera comprobación experimental de la dilatación del tiempo la realizó H.E. Ives en 1936. Comparó la luz emitida por los átomos de hidrógeno a gran velocidad con la emitida por otros átomos de hidrógeno en reposo, encontrando que la frecuencia de vibración de los átomos en movimiento se retrasa conforme a las predicciones de Einstein. Hoy todos los físicos que trabajan con partículas subatómicas saben que la vida media de las partículas subatómicas saben que la vida media de la partículas inestables es más corta en reposo que si son aceleradas a grandes velocidades.

### La longitud de onda de la luz aumenta al aumentar el campo gravitatorio

La primera verificación de este hecho la hizo en 1925 el astrónomo Adams, que vio cómo en la Compañera de Sirio, una estrella de las llamadas enanas blancas, con campos gravitatorios extraordinariamente altos, se produce un cambio de posición de las líneas del espectro de absorción de la luz visible, acercándose a la zona del rojo, que es el color de mayor longitud de onda y menor energía.

Con mención especial de cinco años terminados en cinco

## Algunas fechas de su vida

- 1879. Nace en Ulm (Baviera) el 14 de marzo.
- 1882. Cuando ya tiene tres años aún no sabe hablar. Algunos familiares temen que esto sea signo de retraso mental.
- 1885. Cuando tiene 6 años, los padres de Albert hacen que éste tome clases de violín.
- 1888. Termina los estudios primarios.
- 1891. Albert conoce la geometría de Euclides, la única cosa de la vida escolar que acepta con agrado.
- 1894. A los quince años causa baja en el colegio debido a sus malas notas en latín y griego. El profesor le dice: «Einstein, tú nunca llegarás a nada».
- 1895. **Suspende el examen de ingreso en la Escuela Politécnica de Zurich.**
- 1896. Termina su bachillerato e ingresa en la Escuela Politécnica de Zurich para estudiar física. Sigue teniendo dificultades en su adaptación a la reglamentación escolar.
- 1901. Obtiene la licencia de física.
- 1902. Empieza a trabajar de asesor científico en una oficina de patentes en Berna.
- 1903. Se casa con Mileva Maristah.
- 1904. Nace su hijo Hans Albert.
- 1905. A los veintiséis años tiene su año genial. Obtiene el título de doctor y publica cinco trabajos que suponen tres avances importantes en ciencia: explicación del efecto fotoeléctrico, del movimiento browniano y planteamiento de la teoría de la relatividad especial.
- 1909. Es admitido como profesor de física en la Universidad de Zurich.
- 1910. Nace su hijo Edward.
- 1915. A los 36 años, publica un artículo sobre la teoría de la relatividad general.
- 1919. Se divorcia y se vuelve a casar.
- 1921. Recibe el premio Nobel por su trabajo sobre el efecto fotoeléctrico.
- 1923. Visita España y es recibido por Alfonso XIII.
- 1933. Hitler toma el poder. En Ulm, ciudad natal de Albert, una calle deja de llevar su nombre. Su casa ha sido registrada y sus bienes confiscados. Einstein es judío. A finales de año marcha a EE UU.
- 1936. Muere su segunda esposa, Elsa.
- 1939. Presionado por sus amigos, escribe una carta al presidente Roosevelt sobre el riesgo de que los nazis construyan una bomba atómica. Esta carta parece influir en la determinación del presidente de iniciar el proyecto Manhattan.
- 1945. A los 66 años, Einstein expresa su dolor y rechazo sobre la explosión de las bombas atómicas en el Japón.
- 1952. Le ofrecen la posibilidad de ser nombrado presidente de Israel. Einstein expresa su profundo rechazo del macartismo. Trabaja en su último sueño, la búsqueda de una teoría del campo unificado y disfruta tocando el violín.
- 1955. A los 76 fallece en Princeton (New Jersey).

## Cinco frases de Albert Einstein

- ✓ *Sólo quiero conocer el pensamiento de Dios. Todo lo demás son detalles.*
- ✓ *No existe cantidad de experimentación que me pueda demostrar que tengo razón, pero basta un solo experimento para demostrar que estoy equivocado.*
- ✓ *Lo importante es no cesar de hacerse preguntas.*
- ✓ *En investigación científica la imaginación es más importante que los conocimientos.*
- ✓ *Todo lo que es realmente grande e interesante lo crea quien puede trabajar en libertad.*



## Teoría de la relatividad general

En la teoría de la relatividad restringida, publicada en 1905, Einstein afirmaba la ausencia de espacio y tiempo absolutos y la constancia de la velocidad de la luz. En 1915 publica la Teoría de la relatividad general, en donde amplía y da forma matemática a sus ideas. He aquí algunas consecuencias de la relatividad sobre la luz, el espacio, el tiempo, la masa, la energía y sobre las leyes de la física.

### 1. Sobre la luz

La luz se propaga en el vacío siempre con la misma velocidad (ésta se representa por la letra  $c$ ), independientemente del estado de movimiento del cuerpo emisor.

Los rayos de luz están sometidos a la atracción gravitatoria y se curvan en presencia de un cuerpo.

Ningún móvil puede sobrepasar la velocidad de la luz.

En un campo gravitatorio muy intenso, las líneas del espectro de la luz se acercan al rojo.

### 2. Sobre el espacio

**Contracción de longitud**

$$l = l' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$l$  = longitud en la dirección del movimiento si el cuerpo se desplaza a una velocidad  $v$   
 $l'$  = longitud de un cuerpo en reposo  
 $c$  = velocidad de la luz

No hay un espacio absoluto.

La distancia entre dos puntos fijos de un sistema que se mueve se acorta en la dirección del movimiento. Un metro de madera que se moviese a una velocidad del 90 por ciento de la luz tendría, para un hipotético observador en reposo, una longitud de medio metro (pero un observador que fuese «cabalgando» sobre él no apreciaría ese acortamiento de la longitud).

### 3. Sobre el tiempo

**Dilatación del tiempo**

$$t = t' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$t$  = tiempo que transcurre para un cuerpo a velocidad  $v$   
 $t'$  = tiempo que transcurre para un observador en reposo

Cada sistema de referencia tiene su propio tiempo. No existe un tiempo absoluto.

La velocidad del paso del tiempo varía con la velocidad del sistema en movimiento.

Un reloj se retrasaría al aumentar su velocidad.

Si una persona viajara a velocidades próximas a las de la luz, los latidos de su corazón, su respiración y todos sus procesos vitales se retardarían, pero él no podría observarlo porque su reloj sufriría el mismo retardamiento. Sólo al volver a la Tierra se daría cuenta de que aquí habría pasado mucho más tiempo, y él podría ser más joven que sus hijos, por ejemplo.

### 4. Sobre la masa y la energía

**Conversión de masa en energía**

$$E = m \cdot c^2$$

$E$  = Energía  
 $m$  = masa  
 $c$  = velocidad de la luz  
 (en el vacío  $c = 299.792,5 \text{ km/s}$ )

**Variación de la masa**

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$m$  = masa de un cuerpo en movimiento con velocidad  $v$   
 $m_0$  = masa de un cuerpo en reposo  
 $c$  = velocidad de la luz

La masa de un cuerpo (o mejor dicho, la inercia) aumenta con su velocidad. Esto hace difícil que se pueda mover una nave espacial a velocidades próximas a las de la luz, porque su masa inerte sería muy grande.

Cuando un cuerpo absorbe una energía, su masa aumenta. La masa es equivalente a la energía. La energía tie-

ne masa (esto viene expresado en la ecuación más famosa de la historia:  $E = mc^2$ ).

### 5. Sobre las leyes de la física

Las leyes de la electrodinámica y la óptica son válidas en todos los sistemas de referencia en que se cumplen las leyes de la mecánica, es decir en los sistemas estacionarios (con un movimiento uniforme y rectilíneo).

La gravitación no es más que un efecto de la curvatura del mundo tetradimensional. El mundo tiene 4 dimensiones: tres de ellas relativas al espacio y una al tiempo. La masa de la Tierra curva el espacio - tiempo a su alrededor y hace que los cuerpos caigan sobre ella.

### Conclusión final

### Einstein frente a Newton

Las afirmaciones de la relatividad son, sin duda, sorprendentes: están en contra del sentido común. Pero recordemos que el sentido común está basado simplemente en nuestra experiencia, que se limita a ver objetos de tamaño ordinario moviéndose a velocidades pequeñas. En estas condiciones es perfectamente aplicable la mecánica de Newton, y la diferencia con la de Einstein es indetectable. Pero cuando estudiamos los interiores del átomo o la profundidad del Universo el sentido común ya no es guía. Hay una diferencia apreciable entre los dos puntos de vista y, en estos casos, la perspectiva de Einstein es más útil para la ciencia que la de Newton.