

“TEORIA GENERAL DE LA RELATIVIDAD”

PRIMERA CONFERENCIA PRONUNCIADA

POR

Don Manuel Velasco de Pando

EN LA

Asociación de Ingenieros Industriales de Bilbao.

29 de Octubre de 1924

Presentación del Conferenciante por D. Andrés Bengoa, Presidente de la Asociación de Ingenieros Industriales.

SEÑORES:

Continúa la Asociación de Ingenieros Industriales de Bilbao, con su plan de conferencias para que, laborando en todos los órdenes, nos pongamos en contacto con la vida industrial española. Vuelvo hoy a ocupar esta tribuna para ofreceros un tema de alta ciencia matemática, importante por sus derivaciones en la ciencia aplicada: la teoría de la relatividad.

Aparte de lo importantísimo del asunto y del aliciente de la novedad, se avalora la conferencia por el hecho de que podamos escuchar al Ilmo. Sr. y al muy ilustre Ingeniero Industrial D. Manuel Velasco de Pando, que dejando sus ocupaciones—que son muchas,—abandonando las comodidades de su casa, ha cruzado España de Sur a Norte para volver al pueblo donde hizo sus estudios y honrarnos con su elocuente palabra. Ello os dará la explicación de sus aficiones por el estudio. El desarrollo de su conferencia os demostrará el dominio de su tema y os permitirá apreciar sus cualidades que le han permitido ocupar un importante lugar,

no solamente en la ciencia general española, sino en la local de Sevilla tratando este mismo tema.

La Asociación de Ingenieros Industriales está muy agradecida por la atención que con ella ha tenido al aceptar nuestro requerimiento, pasando por todas las molestias consecutivas a tan largo viaje y abandonando el ambiente de consideración que tiene en su pueblo y que patentiza ese botón que veis en su soiapa. Viene aquí a ponerse en contacto con nosotros.

Y no digo más, porque el tema de la conferencia y el elocuente desarrollo de la misma os dirá mucho más de lo que yo pudiera expresar en estas deshilvanadas palabras.



SEÑORES:

Yo debo comenzar dando las gracias más expresivas al señor Bengoa, Presidente de la Asociación de Ingenieros Industriales, por las palabras tan halagüeñas que acaba de dirigirme y por los elogios que me ha dispensado, si bien yo los considero completamente injustificados.

No puedo negar que me siento sumamente honrado por la elección de la Asociación de Ingenieros al dirigirse a mí para desarrollar esta conferencia; y a la emoción que me produce este honor, se une la que siempre siento en Bilbao, recordando los felices años de la juventud aquí pasados, estudiando la carrera de Ingeniero Industrial y en que, al mismo tiempo que lecciones de Ingeniería, recibía las que en este medio, por decirlo así, están difundidas: lecciones de energía y de amor al trabajo. Quizá a esta influencia del medio, recibida en una época en que el hombre es todavía moldeable como la cera, se deba el que en estos momentos en que ya empiezan algunas canas a asomar en mi cabeza, en lugar de sentir la desesperación de que se quejaban los románticos, sienta, por el contrario, el optimismo del creyente.

Pero, señores, me veo obligado a aligerar en lo posible toda clase de exordios, porque el tema de la relatividad es tan abstracto y, hablando francamente, tan difícil de exponer, que es necesario que no haya minuto desaprovechado ni palabra ociosa.

La Teoría de la Relatividad tiene, para enseñarla, una dificultad fundamental: que el cálculo que en ella se emplea no se estudia hoy en ninguna carrera: es el Cálculo Tensorial (1), que emplea notaciones especiales, y por eso, los técnicos que han emprendido el estudio de la Teoría de la Relatividad se han encontrado con estas notaciones y, en su mayoría, han abandonado el estudio por esta dificultad formal, es decir, puramente de forma, pero dificultad muy importante.

La Mecánica clásica ha sido muchas veces comparada a un edificio. Siguiendo esa comparación, podríamos decir que los cimientos son los postulados; los teoremas (el teorema de las fuerzas vivas, el de las cantidades de movimiento, etc.) son como los postes o las vigas del edificio, es decir, como la osatura de un edificio moderno; las aplicaciones son algo así como las habitaciones amuebladas, preparadas para un uso determinado. Este hermoso edificio—hermoso desde el punto de vista del pensamiento humano, como triunfo del pensamiento humano—es la obra de una serie de sabios: Galileo, como precursor, Newton, sobre todo, Laplace, Lagrange y Poincaré; este último se puede considerar como el maestro de la generación que termina a fines del siglo XIX.

Entre los postulados en que se apoya esta ciencia de la Mecánica clásica, de la mecánica Newtoniana, entre los principios que podemos comparar a los cimientos del edificio de la Mecánica, hay uno que tiene singular importancia para la Teoría de la Relatividad: es el principio de la inercia. Según este principio, todo cuerpo abandonado a sí mismo, es decir, todo cuerpo libre, o está en reposo y entonces se conserva en reposo, o está en movimiento con una cierta velocidad inicial, y entonces conserva la velocidad inicial. De modo que quiere decir que el movimiento natural, espontáneo, libre, de los cuerpos que no están sometidos a la acción de una fuerza, es la descripción de una línea recta. El reposo es un caso particular: aquel en que la velocidad es nula.

A este principio de la inercia se le han hecho muchas críticas en todos los tiempos, y la principal, la fundamental, la que ha repugnado siempre de la inercia newtoniana a todos los críticos, ha sido que no es relativista, es decir, que no es un principio que

(1) *Calcul Tensoriel*, par G. Juvet.

se cumple con independencia del sistema de referencia elegido. Porque, *a priori*, tenemos todos la idea de que el movimiento es siempre relativo, es decir, que cuando se habla de movimiento, se habla siempre de variación de posición y de distancias geométricas con relación a un sistema escogido como de referencia; no se habla del movimiento con respecto al espacio absoluto. Si yo afirmo que ese tranvía cuya campana oímos desde aquí, se mueve, quiero decir que se mueve con respecto a las calles de Bilbao, no con respecto al espacio absoluto, que es una abstracción que carece de sentido; sólo podemos apreciar y medir movimientos relativos.

Nos dejarían más satisfechos los principios de la Mecánica si todas sus leyes, si todos sus postulados obedeciesen al principio de la relatividad, es decir, si fuesen independientes del sistema de referencia elegido. Pero no es así.

Que el principio de la inercia newtoniana no obedece al de la relatividad, es cosa que se vé enseguida. Para hacerlo palpable basta un caso particular. Supongamos que S es un sistema cartesiano en un plano, y M un cuerpo material que está en reposo. El principio de la inercia afirma que si M está en reposo respecto a S, continúa en reposo; esto es verdad para el sistema S y para todos los de referencia que estén invariablemente unidos con él; pero deja de serlo para cualquier sistema S' que se mueva con relación a S con velocidad variable. Un espectador que estuviese como en un *tío-vivo*, moviéndose con el sistema móvil, alrededor de un eje, por ejemplo, no vería fijo al punto M, sino que lo vería describir una *circunferencia*.

De una manera más general, se puede decir que la velocidad absoluta es la resultante de la velocidad relativa y de la velocidad de arrastre. Claro está que si la velocidad absoluta es una constante y la velocidad de arrastre es variable, la velocidad relativa resulta variable. Insisto en este punto porque es fundamental. *El principio de la inercia Newtoniana no es verdadero más que para ciertos ejes privilegiados; para los demás, no es verdadero.*

¿Cuál es en la realidad, en la práctica, hablando de una manera concreta, el sistema de ejes privilegiados para el estudio de la Mecánica? El de las estrellas fijas y todos los sistemas relacionados con las estrellas de una manera invariable. De modo que el conjunto de estrellas que desde tiempo inmemorial se viene observando en el firmamento y que guardan entre sí una relación invariable, es el sistema respecto al cual todo cuerpo libre, según Newton, describe una línea recta o está en reposo. Ese es el sistema

privilegiado. Los sistemas que se mueven respecto a las estrellas fijas, no lo son, a menos que se muevan trasladándose el sistema paralelamente a sí mismo, en cuyo caso sigue siendo privilegiado. La velocidad varía de valor, pero es constante también.

De modo que hay una familia privilegiada y quizás por eso algunos han dicho que la teoría de Einstein es revolucionaria, pero esto solo puede aceptarse en sentido metafórico; aunque hay relación entre todas las cosas, algunas relaciones son tan sutiles que para empeñarse en establecerlas hay que sacar las cosas de quicio. Yo no comprendo, cuando oigo relacionar la teoría de Einstein con la política, que haya alguien que deje de ser monárquico o republicano a causa de la Relatividad. Repito que hay relación entre todas las cosas, pero la que pueda existir entre la Relatividad y la política recuerda algo al famoso problema de «dada la eslora del barco calcular el diámetro de la cabeza del capitán». (Risas).

Una de las aplicaciones más importantes y más brillantes de la Mecánica, es la Astronomía, y dentro de esta, el estudio del movimiento de los planetas. Es una aplicación que, realmente, para este bajo mundo, tiene poca importancia inmediata, pero desde tiempo inmemorial vienen observándose los movimientos de los planetas con gran exactitud, pues aun antes de inventarse el telescopio, por medio cualquier aparato que permitiese dirigir visuales, se observaba la posición de los planetas y se conocían las leyes empíricas en esos movimientos y la posición de los planetas en todas las épocas del año; y lo primero que Newton tuvo a la vista, al establecer su Mecánica fué precisamente el explicar esos movimientos.

Debo advertir, ante todo, que los estudiantes, como comenzamos nuestros estudios con esa fé del que no sabe nada, muchas veces nos creemos que todos los postulados de la ciencia son evidentes y nos aferramos a la idea de que aquello es así y no puede ser de otra manera, y tengo la seguridad de que hay muchos alumnos de Mecánica que están convencidos de que la inercia, por ejemplo, es una verdad evidente, como dos y dos son cuatro, como cualquier principio de Análisis. La verdad es que no es evidente ni mucho menos; que sería una obcecación que creyéramos que era una verdad que se impone al espíritu como verdad «a priori», como verdad fundamental y necesaria. Una prueba de que no es una evidencia, (1) está en el hecho de que para los griegos, el

(1) C. Nordmann. Einstein y el Universo.

movimiento *corriente* de los cuerpos era el movimiento circular. Le llamaban el movimiento más noble y creían que un cuerpo abandonado a sí mismo giraría eternamente describiendo una circunferencia. Esto prueba que el principio de la inercia es un postulado, una base arbitraria que hubo de tomar Newton para formar su Mecánica. Pero como Newton había admitido el principio éste de la inercia en virtud del cual los cuerpos libres describen una recta, y como por otra parte los planetas describen alrededor del Sol, aproximadamente, según las leyes de Kepler, elipses de que el Sol ocupa uno de los focos, Newton tuvo que admitir la existencia de una fuerza especial que desviaba los cuerpos en dirección al Sol, o sea, tuvo que admitir que los planetas no eran cuerpos libres.

De modo que el movimiento real de los planetas era, en la Mecánica Newtoniana, la resultante de dos abstracciones arbitrarias: una, el principio de la inercia, en virtud del cual marcharían en línea recta, y otra la ley de la gravitación universal, en virtud de la cual los cuerpos, los planetas, el sol, todas las partículas de la materia, se atraen en proporción a las masas y en razón inversa del cuadrado de las distancias, y resultaba que el movimiento real lo descomponía en dos abstracciones: una, el movimiento en línea recta debido a la inercia, y otra, la fuerza centrípeta que tendía a aproximarlos al Sol. Y estas dos abstracciones son muy criticables y han sido siempre puntos flacos de la Mecánica, estudiado profundamente y con espíritu crítico; el de la inercia ya he dicho por qué: no es relativo porque no se cumple más que respecto a sistemas privilegiados. Hablando en términos de sentido común, ¿cuál es la causa física, la causa real de este privilegio? Esto ha chocado siempre y ha sorprendido a todos los que han pensado sobre ello.

Por otra parte, el principio de la atracción universal también es muy criticable: es una cosa que tampoco convence cuando se reflexiona sobre ello. Resulta que puntos materiales, planetas situados a distancias de muchos millones de kilómetros, se atraen, y se atraen instantáneamente. Es una cosa que, realmente, no es admisible; por lo menos, no gusta tanto, no satisface tanto, como una acción diferencial, una acción de «proche en proche», como dicen los franceses, de contacto, que son las que vemos en la superficie de la Tierra, en el choque de los cuerpos. En las máquinas, por ejemplo, vemos el vapor trabajar sobre un émbolo, de este va el esfuerzo a la biela, etc.; la cuerda, levantando un peso, trasmite el esfuerzo de uno de sus extremos al otro, pero no vemos esos fenómenos de una cosa que atraiga a otra a tres kilómetros y la haga

moverse en un cierto sentido (1). Es algo que no se comprende cuando se reflexiona sobre ello. Y esto era más grave después del éxito de la teoría de Maxwell en Electricidad.

De modo que el movimiento real lo descompuso Newton en dos abstracciones criticables. Y ¿por qué se ha seguido admitiendo esto si está sometido a tantas críticas? Por dos razones muy sencillas: porque concordaba con los hechos experimentales bastante bien y porque no había habido nadie que en frente de esa afirmación hubiese puesto otra teoría que concordase con los hechos experimentales. Había quien criticaba, pero no quien crease. Había quien decía: «No me satisface el principio de la inercia; no me satisface la ley de la gravitación universal», pero no había quien dijese: «frente a esa teoría de Newton aquí está esta otra que concuerda también con los hechos experimentales». Se ha buscado esta teoría nueva en todos los tiempos; se han propuesto nuevos enunciados de la ley de inercia por C. Neumann y por Mach, *verbi gratia* (2), pero no se formó nunca por nadie un cuerpo de doctrina completo. Este cuerpo de doctrina es la teoría de Einstein. He aquí por qué se pueden poner hoy sobre el tapete los defectos de la teoría de Newton: porque hay una teoría coherente que oponerle. Se trata ahora de una crítica negativa, pero seguida de una reconstrucción. El edificio que Einstein empieza a rehacer desde sus cimientos, lo construye con los mismos materiales, sin tener que rectificar más que un poco las líneas.

Y entonces, ¿cuál es la ley de la inercia de Einstein? ¿Cuál es la ley de inercia, el principio de inercia einsteniano que se opone al principio de la inercia newtoniano? Es muy sencillo, y tal como yo voy a decirlo parece una perogrullada. Eso que describen los planetas, la curva que describe un cuerpo libre abandonado a sí mismo, esa es la inercia. Si nosotros arrojamos una piedra en la superficie de la Tierra, la curva que describe la piedra, es la inercia. No hay descomposición real en dos cosas abstractas que no satisfacen al espíritu, sino que hay la realidad de la curva que describen los planetas y la curva que describe la piedra. Esa es la ley de inercia, porque el planeta o la piedra los consideramos como cuerpos libres. Y se puede decir que esto es ya la teoría de la Relatividad. Esto es lo fundamental, lo esencial. Ahora, ya desde este

(1) A. Einstein: *L'éther et la théorie de la Relativité*.

(2) Erwin Freundlich.—Los fundamentos de la teoría de la gravitación de Einstein.

momento, lo que tenemos que hacer es estudiar una serie de aclaraciones sobre este punto y contestar a las objeciones que se ocurren.

La primera es que, claro, la ley de inercia, planteada así, no sería ciencia; porque decir que la curva real que describe el planeta y la piedra, es la ley de la inercia einsteniana, daría motivo a que cualquiera preguntara: ¿Quiere usted hacer el favor de decirme qué curva es esa?, porque no la voy a tomar con un lápiz sobre el papel. Vamos a ecuaciones, a algo científico que traduzca eso. Por un lado no me gustaba la otra ley porque no era relativa, pero la nueva me parece demasiado compleja para que los cuerpos libres la describan.

¡Ah, señores!, es que a través de esa variedad fenomenológica, ha sabido Einstein encontrar una ley sencilla, relativamente sencilla, que comprende todos los casos. Algo así como esas ecuaciones que salen en la pizarra de la clase y en la que hay muchos términos y empiezan a reducirse unos con otros y al final nos queda una ecuación muy sencilla que nos satisface por eso mismo. En efecto, eso que los planetas y los cuerpos describen en cada caso, es la línea más corta del universo, la línea geodésica del universo; el cuerpo se va por el camino más corto en cada caso. Bien entendido, tenemos que abandonar la Geometría euclidiana, porque si no la abandonásemos, seguirían los planetas describiendo una línea recta, ya que en dicha Geometría, la línea recta es la geodésica. Einstein prescinde de la Geometría Euclidiana, no admite el postulado de Euclides, (1) pero además, debo advertir una cosa y es que no permanece Einstein en un espacio a tres dimensiones, sino que toma un espacio a cuatro dimensiones, y esto necesita un poquito más de reflexión.

(Continuará)

(1) P. Barbarin La Géométrie non euclidienne.