# "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.*

CONTINUACIÓN

La realidad física es para nosotros un resultado de cuatro variables independientes. Por ejemplo, un fenómeno se realiza dentro de esta habitación; un cuerpo se mueve desde aquel vértice y corre a este otro. En primer lugar, a medida que el cuerpo se mueve, va variando la distancia, y además, existe el tiempo. A las 12 estaba en aquel punto, a la 1 en este, a las 2 en otro. De modo que hay cuatro variables independientes. Generalmente, cuando se habla de espacio a cuatro dimensiones, se aturde uno un poco, parece que se trata de algo de magia, de algo diabólico. Pues se trata de la realidad; veamos algunos ejemplos. El problema que la realidad presenta al individuo que va guiando un auto y que va a pasar por entre otro auto y un tranvía, es un problema de cuatro dimensiones. Al principio, había un espacio entre el tranvía y el otro coche para poder pasar, pero ese espacio es variable con el tiempo, porque los coches marchan y el espacio se reduce y el conductor lo que tiene que ver es si pasa en un momento determinado, No es sólo un problema de las tres dimensiones de espacio, sino de otra más que es el tiempo.

La realidad bruta, digámoslo así, la realidad tal como nos la da la experiencia, depende de cuatro variables independientes (1); ahora que nosotros, respecto al espacio no tenemos intuición más que de tres, no concebimos más que le espacio a tres dimensiones; hay otra variable más, que es el tiempo y esto me parece que no tiene nada de misterioso. ¿Y quién nos asegura a nosotros, porque la geometría del espacio a tres dimensiones sea aproximadamente euclidiana, que la del espacio tiempo a cuatro dimensiones deba serlo también? Porque se han inventado otras geometrías que reunen todas las condiciones de coherencia apetecibles.

Hay mentalidades que rechazan como ilusorio esto de la geometría a cuatro dimensiones; y para los que así piensan será mejor emplear un lenguaje analítico. En el espacio a tres dimensiones en que vivimos, se cumplen un cierto número de relaciones, métricas; según la Geometría euclidiana, estas relaciones son exactas; según las Geometrías esférica y lobatchewskiana, aplicadas al espacio que nos rodea, estas relaciones son aproximadas; pero siempre hay que tenerlas presentes en las ecuaciones con 3 variables independientes que se emplean en la Geometría ordinaria. Pero en Mecánica, tenemos 4 variables independientes: ¿quién nos dice que las ecuaciones correspondientes obedezcan a las relaciones métricas del espacio corriente?

Tomemos dos puntos del espacio A y B. Unámoslos por un camino cualquiera A B. Dividamos el arco de curva A B en elementos d s;

$$\int ds$$

representa la longitud del arco A B. Expresemos que esta longitud es mínima: tendremos

$$\delta \int ds = o \tag{1}$$

Aquí no se trata de derivar una función, sino de variarla y el símbolo es un poco distinto del empleado en Cálculo Diferencial ordinario, porque no se está dentro de una función, sino que se trata de comparar una función con las infinitamente próximas.

La ecuación (1) traduce, cuando la aplicamos a 4 dimensio-

(1) H. Weyl. Über die.

nes, la ley de inercia einsteiniana: el cuepo libre describe la geodésica del universo de Minkowski, es decir, la geodésica del espacio-tiempo a 4 dimensiones.

Ahora bien, en laGeometría del espacio en que vivimos, esta ecuación representa una línea recta. ¿Quién nos asegura que ocurra lo mismo cuando se trata de cuatro variables independientes? ¿Quién nos asegura que la solución de la ecuación (1) ha de ser tambien lineal, equivalente a 3 ecuaciones de la forma $Ax + By + Cz + Du = o$? Pues no es así, no nos lo asegura nadie. En realidad la solución no resulta lineal, el símbolo geométrico no resulta recto y por lo tanto, lo que los cuerpos describen no es la linea recta, sino que es distinto de la línea recta. Esto lo he dicho para contestar a la primera objeción que se ocurre, que es la de que parece a primera vista que la condición de mínimo de la distancia, nos va a llevar otra vez a la Mecánica Newtoniana. Pero no resulta así, desde el momento en que rechazamos la geometría euclidiana.

Podríamos insistir sobre el hecho de que lo de las cuatro variables independientes no tiene ni presenta nada de extraordinario; podríamos multiplicar los ejemplos sobre este punto. Un ingeniero que quiere estudiar el horario de un tren, lo natural es que trace un diagrama, considerando los espacios como abscisas y levantando ordenadas proporcionales a un tiempo. Si en lugar de estudiar el movimiento de un tren, se trata de estudiar el movimiento de un punto en un plano, hay que representar las posiciones del punto en su plano y levantar cotas proporcionales al tiempo; resulta que el diagrama se convierte en una superficie. ¿Y si se trata del movimiento de un punto en el espacio? Entonces el tiempo es la 4.ª variable, el diágrama será como un cuerpo sólido. Lo que pasa es que para el espacio tetradimensional falta la intuición geométrica, pero viendo lo que pasa en tres dimensiones, la analogía nos permite formar una idea de lo que puede pasar en cuatro variables independientes y además tenemos la guía segura del Análisis.

Respecto a esto de que los planetas o los cuerpos abandonados a sí mismos describen una curva, se puede decir algo que todo el mundo comprenda, poniendo el ejemplo de lo que ocurre entre los dos puntos de una ciudad. La línea más corta es en teoría la línea recta, pero en la práctica puede no serlo; muchas veces hay que rodear un muro en vez de derribarlo. En la realidad se dan casos en que no se va en línea recta porque hay coacciones que lo impiden y que hacen más sencillo *y más corto* marchar contorneando los obstáculos. Pues algo así es lo que ocurre aquí. En el espacio hay una coacción geométrica y dentro de esa coacción, los cuerpos libres se adaptan describiendo la línea más corta posible, que no siempre es la recta.

Consideremos una superficie esférica, y admitamos que en esta superficie esférica viviesen unos seres que no recibiesen luz ni impresiones auditivas ni de ningún género más que de la superficie. Si viniera un rayo de luz, vendría a herir sus ojos en esta forma. Si estos seres fuesen inteligentes, ¿qué geometría inventarían? La trigonometría esférica. Su línea más corta sería el arco de círculo máximo, y este ser que he representado en la pizarra (y que me ha salido como si fuera un cangrejo, pero vamos a suponer que sea un cangrejo inteligente), para ir del punto A al punto B, describiría un arco de círculo máximo. La línea recta, como abstracción, existe siempre, pero para él no existiría. Su línea más corta sería el arco del círculo máximo.

Pues nosotros somos también seres que estamos viviendo en un espacio esférico a cuatro dimensiones y experimentamos también esa coacción geométrica que hace marchar los cuerpos libres por el camino más corto, dentro del espacio esférico en que vivimos:

$$\delta \int ds = o.$$

Esta ecuación es lo único que sabemos hasta ahora y hay que desarrollarla. Para ello Einstein se encontró con mucho trabajo hecho. Hubo un hombre de mucho talento, Riemann, un verdadero genio, que había escrito un trabajo del que nadie hizo caso; lo escribió en alemán, para mayor claridad para nosotros. Este trabajo lo conocían solamente algunos aficionados a las cosas curiosas; era una tesis de habilitación para el profesorado, y a Einstein le ha venido como anillo al dedo todo lo que Riemann había preparado. Riemann se había fundado en Gauss, que fué su profesor, y que se había propuesto un problema mucho más práctico: estudiar fórmulas para la triangulación geodésica. Parece ser que consultaron a Gauss algún punto sobre medición de la tierra y pensó algo sobre ello, discurriendo sobre la teoría de las superficies. Gauss se propuso el siguiente problema: ¿Qué propiedades tiene una superficie en sí misma, propiedades intrínsecas de la superficie, no propiedades que resulten del espacio en que la consideremos colocada? Y tuvo que comenzar por idear el instrumento analítico apropiado. Consideraba dos puntos muy próximos de la superficie y le llamaba a esa distancia d s; y tomando un sistema cartesiano de referencia, se tenía

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2.$$

Definamos cada punto de la superficie por dos parámetros $x_1$, $x_2$ (1); esto es siempre posible, por lo menos para una porción de la superficie. De modo que tendremos

$$x = \varphi_1 (x_1 , x_2)$$
$$y = \varphi_2 (x_1 , x_2)$$
$$z = \varphi_3 (x_1 , x_2)$$

y por tanto,

$$dx = \frac{\partial \varphi_1}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial \varphi_1}{\partial x_2} dx_2$$

$$dy = \frac{\partial \varphi_2}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial \varphi_2}{\partial x_2} dx_2$$

$$dz = \frac{\partial \varphi_3}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial \varphi_3}{\partial x_2} dx_2$$

Sustituyendo estos valores en el de ds, obtenemos una expresión de la forma

$$ds^2 = g_{1\,1}\, dx_1^2 + g_{1\,2}\, dx_1\, dx_2 + g_{2\,2}\, dx_2^2\, ;$$

las cantidades g son funciones de $x_1$ y $x_2$.

Pues, bien; de sus profundas reflexiones sobre los fundamentos de las Geometrías, Riemann dedujo que una expresión análoga se cumple para cualquier número de dimensiones en todos los continuos; de modo que en el espacio - tiempo de la Mecánica tendremos

$$ds^2 = \sum_1^4 g_{\mu\nu}\, dx_\mu\, dx_\nu$$

Y sustituyendo esta expresión en la condición (1) se llega a 4 ecuaciones de la forma

$$\frac{d^2 x_\sigma}{ds^2} + \sum_{\mu\nu} \begin{Bmatrix} \mu\nu \\ \sigma \end{Bmatrix} \frac{dx_\mu}{ds} \frac{dx_\nu}{ds} = 0 \tag{2}$$

Este es el resultado del cálculo, en cuyos pormenores no puedo entrar porque exige conocimientos de Cálculo Tensorial, y porque resulta demasiado pesado.

(1) M. Born. La Teoría de la Relatividad de Einstein y sus fundamentos físicos.

En la ecuación (2) (que nos origina cuatro, dando a $\sigma$ los valores 1, 2, 3 y 4) el símbolo de 3 indices

$$\left\{ \begin{matrix} \mu\ \nu \\ \sigma \end{matrix} \right\}$$

representa la función de las cantidades g

$$\left\{ \begin{matrix} \mu\ \nu \\ \sigma \end{matrix} \right\} = \frac{1}{2} \sum_{\alpha} g^{(\sigma\alpha)} \left( \frac{\partial g_{\mu\alpha}}{\partial x_{\nu}} + \frac{\partial g_{\nu\alpha}}{\partial x_{\mu}} - \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_{\alpha}} \right).$$

La analogía de la ecuación (2) con las de la Mecánica clásica, resultará patente si multiplicamos por la masa $\mu$ y hacemos

$$\mathfrak{f}_{\sigma} = -\mu \sum_{\mu\nu} \left\{ \begin{matrix} \mu\ \nu \\ \sigma \end{matrix} \right\} \frac{dx_{\mu}}{ds} \frac{dx_{\nu}}{ds}$$

con lo cual, la (2) toma la forma

$$\mu \frac{d^2 x_{\sigma}}{ds^2} = \mathfrak{f}_{\sigma} \tag{3}$$

que recuerda perfectamente la ecuación

Masa $\times$ Aceleración $=$ Fuerza,

con la complicación de que $\mu$ es variable, y de que el tiempo está substituído por el intervalo s.

De la (3), que rige para los cuerpos libres sometidos solamente a la coacción geométrica del medio, se pasa enseguida a las ecuaciones del movimiento de los cuerpos no libres; basta agregar al 2.º miembro el término $\bar{\mathfrak{f}}_{\sigma}$ representativo del enlace o acción, resultando

$$\mu \frac{d^2 x_{\sigma}}{ds^2} = \mathfrak{f}_{\sigma} + \bar{\mathfrak{f}}_{\sigma} \tag{4}$$

Y ahora, expongamos una segunda observación, una segunda objeción mejor dicho, que se ocurre pensando un poco sobre la teoría de la inercia einsteniana, o mejor dicho, sobre la Mecánica Relativista en general, y es la siguiente: Es algo raro que los planetas, abandonados a sí mismos, describan precisamente curvas que tengan una relación constante con el Sol, es decir, que el Sol ocupe precisamente uno de los focos de la elipse. ¿No parece extraño que el Sol y los planetas libres guarden siempre entre sí una relación determinada?

Es que aquí, señores, Einstein, para completar su teoría, tuvo una idea verdaderamente genial, cuyos fundamentos están ya en la obra de Riemann. A cada cual, lo suyo. Esa idea verdaderamente genial, fué la de que esas cantidades g, que se prestan tan amablemente a darnos el movimiento real, dependían precisamente de la configuración material del universo, es decir, de la materia en presencia.

De modo que se cumplen relaciones de la forma

$$G_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} G = - X T_{\mu\nu} \quad (1)$$

en que las G son ciertas funciones de las g que considero inútil escribir. Por esto a las cantidades g se les llama *potenciales gravitatorios.*

Supongamos que estamos estudiando el movimiento de un cuerpo o de un planeta en un cierto punto. Pues bien, este movimiento depende de la configuración del universo y por eso hay aquellas relaciones, porque los potenciales gravitatorios g, que son fundamentales en la ecuación del movimiento, dependen precisamente de las masas en presencia; y aun cuando a primera vista parece que hay aquí una acción a distancia, no es así. No la hay, porque las ecuaciones de Einstein que nos determinan las cantidades g son diferenciales y comprenden al tiempo, o mejor dicho, al intervalo (2); porque su forma es tal, que la acción no es instantánea, sino que es una acción paulatina; hay una onda gravitatoria; de modo que del Sol salen ondas gravitatorias, como podrían salir ondas de telegrafía sin hilos, es decir, como podrían salir ondas hertzianas. Salen ondas que van muy de prisa, a 300.000 kilómetros por segundo, pero que no van instantáneamente. La objeción de una acción instantánea a distancia desaparece.

Sale del Sol una onda y cuando llega al planeta ejerce la coacción geométrica en virtud de la cual los planetas se mueven siguiendo la línea más corta, y si hay otro planeta en presencia, sale de éste otra onda que se encuentra con la que sale del sol y estas dos determinan el camino que sigue el planeta. Es como un corcho flotando en un lago que se encuentra con las olas que vienen de dos centros distintos y sufre la influencia de ambas (3).

¿Cuál es el mecanismo de estas ondas? De eso no se habla nada, porque de eso no se puede saber nada. No se trata más que de observaciones y de hechos. Tampoco sabemos lo que es la

---

(1) J. M.ª Plans y Freyre. Nociones Fundamentales de Mecánica Relativista.

Respecto a la manera de obtener estas ecuaciones como consecuencia de un principio hamiltoniano o de mínimo véase la obra magistral Th. de Donder.—La Gravifique einsteinienne.

(2) E. Picard.—La Théorie de la Relativité et ses applications a l'Astronomie.

(3) H. Weyl.—Raum, Zeit, Materie.

materia (1), ni lo que es la onda hertziana que se oye en el aparato de telefonía sin hilos—muchas veces no se oye, pero se da el caso de que se oiga también—(Risas).

Pero lo que me parece más importante es remachar el clavo sobre el hecho de que esta Mecánica de Einstein es relativista, porque no vaya a resultar que hayamos salido de Scila para entrar en Caribdis, porque después de habernos puesto en esto de las cuatro dimensiones y de haber hecho tanto destrozo en la ciencia clásica, no vaya a resultar que sigamos fuera de la relatividad.

La teoría de Einstein es relativa y ello se ve por la ecuación fundamental. ¿De qué depende esta ecuación? De una distancia. De ahí sale todo; manejando los símbolos y dándoles vueltas, como hacen los gusanos de seda con el hilo para formar el capullo, salen todas las ecuaciones de la Mecánica; no es más que cuestión de pizarra y de tiempo. Si A B es la distancia (y esto es fundamental), yo pregunto lo siguiente: si el sistema de referencia es este, por ejemplo, y yo cambio el sistema de referencia en la forma que quiera, es decir, que de estos ejes de referencia paso a otros ejes de referencia, ¿la distancia se altera? No. Seguirá siendo la misma por mucho que cambie el sistema de coordenadas. No es en rigor una distancia, sino un intervalo en un espacio de cuatro variables, lo que Einstein considera. Pero me parece que así se comprende mejor y quiero insistir todavía para hacer comprender que la Mecánica de Eistein es completamente relativista.

Tomemos nuevamente la expresión de d s:

$$ds^2 = \sum g_{\mu\nu} dx_\mu dx_\nu \tag{5}$$

y supongamos, para fijar las ideas, que las 3 variables $x_1$, $x_2$, $x_3$ son dimensiones de espacio y que $x_4$ es el tiempo. Cambiemos de variables, de la manera más general posible, es decir, escribamos de una manera general

$$X_\sigma = f_\sigma \left( x'_1, x'_2, x'_3, x'_4 \right).$$

Esto envuelve hasta cambios de tiempo, hasta combinaciones con el tiempo. Se toman sistemas móviles, todo lo que se quiera; el cambio más general del sistema, no ya dentro de los sistemas cartesianos, sino un sistema de coordenadas esféricas, cilíndricas, que se deforma como se desee, como si fuera un molusco, según lo llamaba Einstein, con frase gráfica, en un folleto de divul-

(1) H. Weyl.—Was ist Materie?

gación (1). Las nuevas variables X' — no puede ya decirse que sean espacio ni tiempo, son simples parámetros que determinan los fenómenos, de una manera relativa. Hagamos los cálculos y veremos que llegamos a otra expresión de la misma forma (5). Después de haber hecho un cambio tan general como se quiera, la estructura de (5) es tal que se vuelve a otra ecuación de la misma forma. Las ecuaciones son completamente invariables para la transformación más general que se pueda imaginar. Esto es la relatividad del movimiento.

¿Y qué pasa si en lugar de suponer un cambio de coordenadas, suponemos que aparece una masa creando un campo gravitatorio? Pues resulta que varían las cantidades g, pero se llega a otra expresión de la misma forma con cantidades g cambiadas, Los movimientos relativos producen, pues, los mismos efectos que los campos gravitatorios. Voy a poner un pequeño ejemplo que aclarará esto.

Supongamos que esto es la cabina de un ascensor; esta cabina tiene un gancho que por medio de una cuerda cuelga de un punto superior. Supongamos que dentro de esta cabina hay un experimentador, una persona dedicada a apreciar la intensidad de la gravedad. Imaginemos la cabina quieta en la superficie de la tierra; la persona que está dentro se entretiene en hacer experiencias sobre la gravedad. Coge un cuerpo cualquiera, una piedra, por ejemplo. (Hagamos abstracción de la resistencia del aire, supongamos que se ha hecho el vacío). Deja caer esta piedra que baja con una aceleración de 9,88 metros por segundo cuadrado. El que está dentro y que suponemos que no ve nada del exterior deduce que hay un campo gravitatorio. Los cuerpos caen hacia abajo y caen con dicha aceleración. Pero supongamos ahora que por un fenómeno, muy difícil en la práctica, pero posible teóricamente, trasladamos esta cabina del ascensor a un sitio donde no hubiese gravedad, muy alejado de la Tierra y del Sol, y abandonamos allí la cabina. Allí la ley de inercia newtoniana y la einsteiniana coinciden (para ciertos sistemas de referencia), la cabina y sus habitantes o están en reposo o se mueven con movimiento uniforme; los cuerpos que el observador abandona se mantienen invariables a cualquier altura, con relación a las paredes de la cabina. Admitamos ahora que empezamos a tirar del gancho de la cabina

(1) A. Einstein.—La Théorie de la Relativité restreinte et généralisée.

hacia arriba con una aceleración de 9,88 metros por segundo$^2$. El habitante de la cabina abandona una piedra a sí misma y como el ascensor sube, la piedra (que se queda quieta), baja a razón de 9,88 metros por segundo$^2$; el habitante de la cabina diría: Ya estoy otra vez en la Tierra. De modo que son estos fenómenos completamente indistinguibles; la diferencia entre un campo gravitatorio y un movimiento acelerado del sistema de referencia es experimentalmente incognoscible. El individuo que está dentro de la cabina no tiene criterio para distinguirlos, pues la piedra cae con igual aceleración relativa en los dos casos.

¿Y por qué es imposible distinguir estos dos fenómenos? Pues por un principio, que es ya comprobado en Física elemental: todos los cuerpos abandonados a sí mismos (cualesquiera que sean su volumen y su masa), caen con igual aceleración en el vacío. En la Mecánica clásica, se traducía este hecho diciendo que la fuerza de atracción era proporcional a las masas; de aquí que la masa fuese un factor común de la ecuación

$$\text{(6)} \qquad \text{Masa} \times \text{Aceleración} = \text{Fuerza}$$

y quedase la aceleración igual para todos los cuerpos en cada punto de un campo gravitatorio. Pero había en la Mecánica clásica una diferencia de concepto: la masa del primer miembro de la ecuación (6) era la *masa inerte*, definida al principio de la Mecánica; la masa del segundo miembro era la *masa pesante*, introducida como aplicación particular en el estudio del movimiento de los cuerpos graves y de los celestes. Ambas masas eran iguales (1); esto aparecía como una coincidencia; en la Mecánica relativista, esta igualdad es fundamental. Gracias a ella los movimientos relativos producen iguales efectos que los campos gravitatorios.

La diferencia de concepto que en la Mecánica clásica tenían la masa inerte y la masa pesante, o sea, la inercia y la gravitación, ligadas en la Mecánica relativista en un sólo concepto y una sola ley, me parece queda muy aclarada por esta reflexión. En la Mecánica clásica, se ponían frecuentemente a los alumnos problemas en que la ley de atracción no era la newtoniana, y realmente tenían posibilidad de resolverlos. En cambio, si se preguntase a un alumno de Mecánica, ¿qué movimiento tomaría un cuerpo en tales y cuales condiciones si se admite que abandonado a sí mismo, en vez de describir una línea recta, describiría una circunferencia? El alumno

(1) Lo comprobó minuciosamente Eötvos en sus célebres experiencias hechas con la balanza de torsión.

podría contestar: «Usted no me ha puesto un problemade Mecánica; me pide usted que establezca una nueva Mecánica».

Y para terminar, quiero decir dos cosas, nada más, sobre la teoría de Einstein. La primera, me parece muy oportuna en país de tan reconocido espíritu práctico como Bilbao: ¿Es importante y puede tener aplicación la teoría de Einstein? ¿Puede ser de resultados interesantes y prácticos para el hombre? Desde el punto de vista de la Mecánica habitual, de la Resistencia de Materiales, de las máquinas, de las locomotoras, de los tornos, por el momento, no. Las velocidades que se emplean en esos sistemas son demasiado pequeñas para que las diferencias entre la Mecánica relativista y la Mecánica Newtoniana, puedan ser apreciables. Las vigas se pueden seguir calculando por la Resistencia habitual de materiales, así como los edificios, las locomotoras y las máquinas en general. En la teoría de los rayos catódicos y de los electrones, la cosa varía; las velocidades son considerables y las diferencias resultan importantes. Por lo tanto, esto es de sentido común: El investigador que se ponga a trabajar sobre la cuestión delos Rayos X, que a tanto se presta, si va a penetrar en el interior del átomo armado de la vieja Mecánica clásica, no decubrirá nada. Es como el que va a la guerra armado de un azadón y una pala. A la guerra no se debe ir, pero en caso de necesidad, debe irse armado de las mejores armas, y las que para la lucha con la naturaleza suministra la teoría de Einstein, no dudo que han de dar como resultado inmediato descubrimientos importantes.

Para la Mecánica corriente, no tenemos necesidad de esto, pero existen el Electro-magnetismo y la Optica, cuyos fenómenos no concuerdan con la Mecánica clásica. De modo que, en resumen: la Mecánica newtoniana es siempre la primera aproximación de la relativista; esta aproximación es siempre suficiente en la Mecánica ordinaria, casi siempre suficiente en Astronomía, pero insuficiente en el Electro-magnetismo y en la Optica.

Otra pregunta, es la siguiente: ¿Será definitiva la teoría de Einstein? Esto es algo así como la pregunta que se hace uno respecto al esperanto: ¿se generalizará o no? Porque si no llega a generalizarse, no me tomo el trabajo de estudiarlo. ¿Será definitiva la teoría de Einstein? La verdad es, señores, que en la ciencia no hay nada definitivo: quizá dure tanto como la de Newton, que ha durado tres siglos.

Es comparable la ciencia a una ruta ideal. Marchan por ella los metafísicos, con sus abstracciones filosóficas; los matemáticos, tan absortos como Ampère, escribiendo una ecuación en la trasera de un simón que salió corriendo de pronto; marchan por ella los físicos, haciendo sus observaciones; los químicos, cargados de matraces, de hornos y de piróscopos; y de pronto, a esta caravana romántica, Einstein les ha mostrado un encantador altozano, desde el cual el camino serpentea iluminado por una claridad meridiana y los hechos que se distinguen en el último punto visible del horizonte, se clasifican de una manera armónica. Vale la pena de tener allí un momento de descanso; pero el camino sigue y hechos nuevos se agregan sin cesar a la ciencia.

¿Hasta qué punto seguirá la teoría de Einstein permitiendo clasificar esos hechos y hasta qué punto se podrá conservar esa armonía? Siempre quedará el nombre de Einstein marcado allí con un hito brillante, pero dentro de unos cuantos siglos, ¿quién podrá saber lo que será la ciencia humana? (Grandes aplausos).

## ERRATAS OBSERVADAS

Boletín de Abril.—Página 74, línea 3, dice *sigue* siendo *privilegiado;* debe decir *siguen* siendo *privilegiados;* en la misma página, línea 24, *en* esos movimientos, es *de* esos movimientos; página 75, línea 1, *corriente,* sustitúyase por *espontáneo;* página 77, línea 24, *planetas,* léase *cuerpos libres;* página 78, línea 2, *Wey*, es *Weyl;* línea 12, *el campo electro magnético*, complétese con el *campo gravitatorio y el campo electro magnético.*—Boletín de Junio.—Página 102, a la nota de esta página. *H. Weyl. Über die,* añádase *physikalischen Grund lagen der erweiterten Relativitats theorie.*