

CAPITULO VI

NOCION DE LA VERDAD FISICA

§ 26.—LA VERDAD EN MARCHA

(El resumen sistemático de nuestros conocimientos fisiológicos con respecto al tiempo y espacio — el “ambiente de los animales” — los órganos del hombre — la proyección extracorporal y la autoproducción — nuevos sentidos — el rol de la fisiología — verdades y teorías fisiológicas y físicas — la trabazón de las teorías físicas — Sócrates y el optimismo del físico)

Las deducciones fisiológicas que en los capítulos precedentes se han dado metódicamente, nos han permitido llegar con respecto al tiempo y al espacio, a algunas conclusiones positivas, que pueden reunirse en el siguiente resumen sistemático:

1) Tiempo y espacio son — como todo lo que ya los animales han percibido — *imágenes sensoriales instintivamente arraigadas* y sensorialmente indestructibles.

2, a) La forma en la cual nos aparece el tiempo, es necesariamente la de un *organismo que tiene una sensación de su vida*.

b) La forma en la cual nos aparece el espacio, es necesariamente la de un *animal visual con una visión restringida*.

3) Por una ampliación de nuestra esfera sensorial con ayuda de *órganos artificiales* (telescopio, interferómetro) aumentan nuestros conocimientos del mundo real, sin cambiar en lo más mínimo nuestro mundo sensorial e instintivo: *lo que se percibe con un sentido natural tiene siempre representabilidad, mientras los datos de los sentidos artificiales no la tienen necesariamente*.

De aquí surge una discrepancia creciente entre el *mundo sensorial y representable* (el mundo realmente relativo que es sensorialmente absoluto) y el *mundo intelectual y físico* (el mundo absoluto de la física que es sensorialmente relativo).

4) Las “verdaderas” formas de tiempo y espacio, por completo desconocidas sensorialmente (esto es a los sentidos naturales) no tienen más semejanza con nuestras formas sensoriales que la *impresión subjetiva del color rojo con las vibraciones objetivas de la física.*

5) Sin embargo, un análisis profundizado nos muestra que de nuestras percepciones sensoriales naturales, debidamente interpretadas, se deduce ya una *interdependencia entre tiempo y espacio.*

6) Tal demostración no es solo negativa, pues — una vez conocidos los postulados de la física — nos puede dar la certidumbre de que los nuevos conceptos objetivos de tiempo y de espacio son *compatibles con nuestro viejo mundo subjetivo*, y que la repugnancia instintiva contra ellos, aunque necesaria por nuestra constitución biológica, no es esencial (justamente porque ella es solo biológica) y puede *superarse intelectualmente.*

A pesar de la casi optimista aserción del apartado 6 las garantías de las cuales hablé parecerán a muchos insignificantes; pero otras no hay y los buscadores de la verdad, que quieren aserciones más positivas, deben aprender que una verdad en el sentido general no existe y que la pregunta de Pilatos se contesta lo mejor con *William James* que “la verdad es solo lo que da satisfacción”. Cada uno cree lo que quiere. Sin embargo esta renuncia a una verdad general no es incompatible con la comprobación de que se pueden distinguir en física las legítimas y objetivas relaciones de las subjetivas e ilegítimas. Eso debe bastarnos.

El mundo subjetivo de cada ser depende de sus sentidos; el mundo de un animal que tiene solo una sensación táctil será diferente del mundo visto con ojos, aunque, naturalmente, se trate del mismo, y si los modernos fisiólogos hablan de animales olfativos (como el perro) y animales ópticos (como el águila) quieren decir con esto, además de la comprobación anatómica, que psicológicamente los mundos de los dos animales difieren. Existe un solo universo objetivo, pero innumerables universos subjetivos; tantos, cuantas especies, y podría aun decirse individuos hay. Cada ser orgánico tiene, según su organización, otro mundo, otro “ambiente”, como lo ha llamado v. *Uexküll* con feliz expresión. Este ambiente biológico no es idéntico al ambiente real, sino que corresponde sólo a la parte del mismo, más o menos importante, que impresiona al animal, o en otros términos, es aquél con el cual el animal debe ponerse en equilibrio.

El hombre, y solo el hombre, ha comenzado a reducir esta necesidad biológica por la consciente y espontánea introducción de órganos artificiales que se ha creado él mismo. Un perro nunca sabrá del mundo más de lo que abarcan sus sentidos; para el hombre en cambio los límites no son ya inmutables: puede perfeccionar sus ojos con microscopios y telescopios, su tacto con balanzas y estesiómetros, su gusto y olfato por procedimientos químicos, su sentido calórico con termómetros, etc. Además puede crearse nuevos sentidos: podemos "ver" los rayos X y los rayos ultravioletados, podemos "ver" la materia en su estado radiante, podemos "oir" las vibraciones del éter por la radiotelefonía! Esta prolongación voluntaria de los órganos fisiológicos fuera de nuestro cuerpo animal, esta "proyección" *extra corporal*", como la ha llamado por primera vez *Lazarus Geiger* en 1868 en su bella pero casi olvidada obra sobre el origen y el desarrollo de la lengua e inteligencia humanas, es la más honda raíz del milagroso desarrollo de nuestra especie. A esta *autoproducción* (*F. Lasalle*) debemos nuestro saber y nuestra libertad, nuestra cultura y nuestra ciencia.

En este concepto el interferómetro de *Fresnel* es también un nuevo sentido, que semejante a cualquier otro, nos permite ampliar nuestro ambiente y ver algunas cualidades del espacio anteriormente desconocidas. Desde su invención, nuestro ambiente, nuestro universo subjetivo es otro.

Este nuevo mundo subjetivo no lo es ya más en la vieja significación de que podemos representárnoslo intuitivamente; para eso nos falta la costumbre milenaria; los nuevos conceptos abstraídos solo lógicamente no se han transformado tan pronto en instintos, lo que no cambia nada de lo esencial, pues la abstracción lógica es en sí mismo solo una última abstracción de los sentidos, como lo explicaré más adelante (§ 35) y el nuevo mundo sigue siendo subjetivo como todo lo que observamos, solo que el subjetivismo es menos restringido, más adecuado, y más semejante a este único universo objetivo que se busca.

Podemos comparar el momento actual con aquellos tiempos remotos en que se formaron los primeros ojos: el cambio del "ambiente" no es ciertamente menor; y para valorar justamente su efecto debemos recordar que el nacimiento de los ojos se cumplió paulatinamente en unos millones de años. Primero se pudo distinguir la luz y la sombra, surgieron entonces en las nieblas de la visión unas manchas, formas vaguísimas, hasta que al fin el mun-

do de los cuerpos se destacó. Las sucesivas generaciones animales tenían tiempo para acostumbrarse al cambio lento, y entretener lo nuevo con lo viejo ya digerido, mientras que ahora, igual cambio radical se ha operado en pocos años. Claro que la inesperada luz intensa nos deslumbra, y que para orientarnos en este mundo nada habitual, al menos provisoriamente, hay que combinar lo nuevo con lo conocido; lo que será más fácil buscando los defectos del mundo que nos es dado por la visión y las lagunas de nuestros conocimientos actuales, en las que puede haber lo nuevo.

En el descubrimiento de tales lagunas y en su descripción y definición consiste a mi juicio el papel que la psicología fisiológica puede desempeñar en este mundo. Creo en su utilidad, después de haberlo comprobado en mí mismo; pues al pensar y escribir este libro, poco a poco las fórmulas abstractas de la teoría, que apenas comprendía intelectualmente, se han cambiado en imágenes claras y netas, casi concretas, que comienzan a vivir su vida propia y me parecen ya naturales y evidentes. Muchas cosas que el hombre cree con ingenuidad comprender perfectamente por sus sentidos las buscará con la misma ingenuidad en la nueva teoría y, no hallándolas, ésta le parecerá defectuosa. Pero desde que yo sé que el “ansia de la realidad”, o de la verdad como se llama también era sólo un engaño y que las realidades aparentes, como las del tiempo y espacio sensoriales tampoco existen en el mundo viejo, no las echo de menos, no siento más la falta de algo. En el análisis fisiológico de las viejas verdades he descubierto el criterio de lo que se puede esperar de una “noción del mundo”, he desechado algunas pretensiones irracionales y desde entonces puedo ver en la teoría relativista realidades menos acostumbradas, es cierto, pero no menos comprensibles en el fondo que el incomprensible mundo de nuestra visión. Sabiendo que el tiempo y espacio comunes eran ciertamente errores, la mente está abierta para recibir nuevas imágenes, que, aunque quedando intelectuales pueden participar en la formación de un nuevo concepto del mundo una vez limpiado el viejo concepto de todas las imágenes sensoriales, probando así que por un esfuerzo intelectual puede lograrse en un tiempo relativamente corto una seguridad para la cual se necesitaban sensorialmente períodos casi indefinidos.

Además, de las consideraciones anteriores resulta que existía la posibilidad de que la fisiología, antes de *Einstein*, se hubiese planteado el problema de la unidad de tiempo y espacio (y lo mismo de las fuerzas y masas como veremos más tarde en el § 35). La fisiología no se lo había propuesto, y si acaso lo hubiera hecho, la



solución escapaba a su competencia, porque ella nunca podría atravesar los límites de lo representable, que he ensayado trazar, y que dependen enteramente de nuestros sentidos. La fisiología primeramente hubiese tenido que alargar sus límites, lo que hubiera sido idéntico con una ampliación de nuestra esfera sensorial, con otras palabras: ¡faltaba el nuevo sentido!

El interferómetro, base primordial para ver más allá de nuestra organización, significa la creación de un nuevo sentido; pero la teoría basada sobre él significa también la creación de algo nuevo.

Lo verdaderamente nuevo no está en los hechos, aunque ellos sean su presuposición necesaria. Todo lo que se descubra en el mundo, será para nosotros un fenómeno sin importancia, contingente y extrínseco hasta tanto que sea incorporado y entretejido en el conjunto de nuestras nociones. Tal incorporación los filósofos la consideran en general como su tarea especial, pero el físico, naturalmente, puede realizarla también y la hará con más conocimiento de las cosas. Sólo no debe olvidar que ensayándola no es ya físico puro e infalible descubridor y descriptor de fenómenos, sino un hombre sujeto al error. Los hechos no le sirven gran cosa; únicamente le muestran donde están los obstáculos. Aquí el hombre no tiene otro acompañante que su *lógica y su fantasía*, que son en el fondo lo mismo; generalizaciones de sensaciones anteriores. Solo que la fantasía, en que lo inconsciente desempeña un papel mayor, es la más poderosa.

Aquí se encuentra la obra del físico con las especulaciones filosóficas. Una hipótesis es el punto de partida necesario para todo razonamiento experimental, dice un maestro de la experimentación, *Claudio Bernard*, y ciertamente tiene razón; pero hay más: *lo nuevo que podría abstraerse de los hechos, será también siempre una libre intuición, una idea anticipada como cualquier teoría pura.* Las teorías sanas y malsanas difieren solo *cuantitativamente*; pero tanto, que parece casi lícito hablar de una *diferente calidad.* *El físico busca lo nuevo tan próximo de lo ya conocido como puede, el filósofo especulativo tan lejos como le es posible.* Para cada una de sus teorías el físico espera hasta que las observaciones estén tan avanzadas, que pueda confiar en que ya la próxima (como en nuestro caso el próximo eclipse del sol) compruebe o rechace su modo de ver. También hace especulaciones, es cierto, pero las hace "*a corta vista*", teniendo en cuenta de antemano el problema de la comprobación, del cual depende la suerte de lo que ha imaginado, mientras que los filósofos especulan "*a*

larga vista”, con generalizaciones tan amplias que nuestras observaciones las alcanzarán solo en un futuro completamente desconocido, si las alcanzan alguna vez. Cada nueva teoría es un salto hacia lo oscuro; solo que el físico no se atreve a dar largos saltos. Suponiendo que la suma de lo conocido represente un metro, lo aún desconocido llenaría el espacio hasta Sirio (o hasta el fin del mundo). Ahora bien, la sana teoría, digna de ser llamada física, se bastará con el próximo centímetro o aún el próximo milímetro; la malsana en cambio, va hasta Sirio o hasta el fin del mundo.

De esta diferencia se comprende que las *verdades filosóficas* son eternas o cambian solo con el espíritu general de la época, porque faltan los hechos observables que pueden hacerlas caer. La *verdad física* (en el sentido de una explicación teórica de los hechos, no en el sentido de los hechos mismos) es menos dichosa y mucho más pasajera. No sería paradójico decir que una verdad teórica en física vale tanto más, cuanto más pronto es sobrepasada; pues esas teorías que provocan un trabajo intensísimo — y son las mejores — conducen pronto a descubrimientos que necesitan su revisión; solo las teorías estériles, lejanas al trabajo del día, pueden durar. La vida efímera de las doctrinas sanas es ampliamente recompensada por el hecho innegable de que las sucesivas teorías físicas forman una armoniosa trabazón en que cada una, colocada sobre los hombros de la anterior, es una mejor aproximación al entendimiento completo, una más amplia sustitución del mundo sensorial por el mundo lógico y real. La línea del progreso en física es una asíntota a la verdad (lo que es posible); al contrario la filosofía busca la verdad directamente (cosa irrazonable por que aquí lo que parece el camino más corto no lo es).

También por otras razones más, la verdad teórica es transitoria en física; si no es rechazada por mucho tiempo, pierde poco a poco su índole teórica; se vuelve una verdad común, un hecho. ¿Quién piensa aún hoy en día que hubo tiempos en que se discutió si la tierra era disco o esfera y si estaba en el centro del mundo?

La verdad física se halla por libre intuición, pero una vez salida del cerebro pensador no es más libre, sino que está sujeta a leyes objetivas. La teoría más lógica y más coherente nada vale el día en que ocurre una nueva observación que no es explicable por ella! Pero, al contrario, si la sostienen los nuevos descubrimientos, nadie habla de una teoría sino de un hecho. Esta posibilidad de probarla en el crisol de la experiencia le da un cierto valor objetivo, y al mismo tiempo al descubridor la satisfacción de sentirse

verdaderamente divino, porque a la mañana siguiente puede examinar su obra con ojos como de un extraño y ver, como Dios al término de la Creación, si todo es bueno — lo que el pensador filosófico no puede hacer jamás, ya que sabemos todos que *su* obra será siempre incontestablemente buena!

Sin embargo, no debemos olvidar que una teoría nunca dejará de ser teoría; puede durar unos siglos como la teoría de la atracción *newtoniana*, unos milenios como la teoría de las paralelas de *Euclides*, unos millones de años como la teoría del tiempo de la amiba, pues ella, a pesar de sus escasos conocimientos teóricos, ha procedido sin saberlo, según las mismas reglas que usaron sus descendientes más sabios. Todo lo que traspase la simple descripción será teórico y puede ser quebrantado por cada nuevo hecho. Una sola observación incompatible con una teoría basta para destronarla, al menos, debería bastar; pero una larga experiencia enseña que el hombre, conservador por costumbre, buscará siempre sostener lo viejo y conocido, mediante la fuerza en la vida política de los pueblos y con teorías forzadas en la ciencia.

Al fin cae lo viejo. Por lo común cuando una nueva generación ha reemplazado a los contemporáneos: treinta años después de *Priestley* y *Lavoisier*, los flogistas desaparecieron de las cátedras de las universidades; y hoy que hace más de un cuarto de siglo se conocen las propiedades del radio, comienza a desaparecer lentamente la vieja noción de la substancia, quebrantada ya desde el descubrimiento de *Mme. Curie*.

Pero para poder hallar la nueva fórmula, el nuevo equilibrio, el nuevo ambiente, es necesario dudar desde un principio de lo viejo. Aquí se comprende el valor de la definición de la verdad física, como asíntota. Pues para el físico también existe una verdad absoluta — sin tal creencia sus esfuerzos serían superfluos — solo que él se ha resignado a no alcanzarla jamás teóricamente, bastándose con la seguridad de poder acercarse a ella, en la práctica, indefinidamente! Y como la posibilidad de despreciar valores indefinidos depende de la escala que se elige, el físico más escrupuloso tiene el derecho de hablar en este sentido de las verdades físicas, pues sabiendo lo que esto significa no olvidará que se trata, *sensu strictiori*, de una verdad en marcha; ha comprendido la profunda sabiduría de *Sócrates*: la *seguridad de no saber nada de seguro es el primer paso del saber*. Pues solo esta seguridad de no saber nada de absoluto nos libera de los prejuicios que son inherentes a cada creencia en lo absoluto. Libres del lastre intelectual o sensorial as-

cendemos la montaña de lo desconocido y aún reconociendo que estamos todavía en las profundidades de la ignorancia, sabemos al menos que nos levantamos y adelantamos con cada paso y con cada día.

§ 27.—LO VERDADERO Y LO DUDOSO EN NEWTON

(Copérnicus y Galilei — Newton, el dogmático dudador — el hallazgo de la ley de atracción — lo dudoso en la teoría: tiempo y espacio absolutos, fuerzas a distancia — las colas de cometa — diferencia entre fuerza y masa — el progreso técnico — la revisión de sus leyes prometida por Newton y olvidada por sus sucesores — la teoría de la relatividad embrionariamente en las leyes de Newton: Newton consumado por Einstein)

Muchos han dudado de lo evidente y de este modo han hecho adelantar la ciencia.

Copérnico era uno de estos grandes escépticos; dudaba de que la tierra estuviera fija. Demostrando esta aparente fijeza como una ilusión de los sentidos, relativando así nuestra posición en el espacio, daba a la tierra un movimiento alrededor del sol, que le parecía absoluto.

También *Galilei* había dudado. No creía que nuestra experiencia cotidiana, (de que donde hay movimiento haya también una fuerza) fuera, como enseñaba la autoridad de *Aristóteles*, la verdadera ley fundamental. Relativando así la seguridad del animismo humano, que ve en su cuerpo, inmóvil sin gasto de fuerzas, la norma del mundo real, hallaba la ley de la inercia, que modificada por *Newton*, fué durante doscientos años la base de la ciencia moderna.

Por último recordemos a *Newton* que nos interesa más, porque sus dudas y creencias — él las tenía también — fueron predominantes y casi dictatoriales para la ciencia moderna. Teóricamente dudaba de mucho; era, por decirlo así, el *dudador por excelencia*: en él la duda se hacía principio, “*hypotheses non fingo*” era su orgulloso lema, con lo cual quería afirmar, que le bastaba una descripción de los hechos, dudando siempre de la posibilidad de buscar o hallar sus causas. Pero su palabra fué anticipada: se puede relativar una cosa tras otra, una cualidad de las cosas después de la otra; pero no se debe creer jamás que hayamos llegado ya al fin, y que todo está relativado, es decir hecho absoluto. La esperanza de prescindir del uso de hipótesis, es dogmatismo,

es una falta de la duda en sí mismo; y esta duda es justamente aquélla con la cual la ciencia comienza.

Newton fué uno de estos grandes físicos, que adelantaron la ciencia, menos por el hallazgo de nuevos hechos, que por genial intuición filosófica (en el sentido explicado en el párrafo anterior) que sabía subyugar diferentes fenómenos bajo la ley de una fórmula común. Se encontraba frente a dos recientes e importantes descubrimientos: *Galilei* había formulado las leyes según las cuales caen los cuerpos, y *Kepler* las que gobiernan el movimiento de los planetas. Nadie pensó que estos dos fenómenos, tan interesantes por sí mismos, podían ser ligados entre sí; pero *Newton*, en ese tiempo un muchacho de poca edad, conjeturaba tal posibilidad, acostado, como la leyenda lo relata, sobre el célebre césped exuberante de su patria, Inglaterra, mirando al sol y viendo caer una manzana. La leyenda, como tantas veces, tiene más razón que la historia. La idea en sí era solo una asociación semifantástica y casi juguetona, un aforismo de una ociosa tarde de verano. Lo genial en ella estaba únicamente en que el aforismo, cuando el joven lo atacaba con la gruesa artillería matemática, resultaba ser *verdad*. *Newton* había hallado, por casualidad, como lo dice tan modestamente, caminando hacia el océano inmenso de lo desconocido, un guijarro un poco más luciente que los encontrados por otros paseantes: nosotros diríamos un caracol de oro. Creemos en la leyenda y en sus palabras: era su hada genial!!

En todo caso, este guijarro bastaba para fundamentar sobre él toda la ciencia. Y en esto la ciencia no se equivocó ni tuvo nada que revocar: es un hecho que la manzana que cae y la luna que gira están sujetas a la misma ley. Pero *Newton* no se contentaba con la comprobación del hecho; *quería* — y por eso *creía* — que con este hecho *el universo se explicase* sin reserva ninguna, lo que era una equivocación: había un enigma menos en el mundo, pero no estaba develado el último.

Como el hecho por sí solo no bastaba para la explicación, debió añadir hipótesis. Como tales, tomaba las que a él, como a todo el mundo, le parecían evidentes; las tomaba como los matemáticos habían tomado sus axiomas.

Hoy sabemos que nada es evidente; ni en matemáticas ni en física. En tiempos de *Newton* la creencia en lo absoluto sensorial era aún más general, y de este modo él ha introducido bastante de hipotético en la grandiosa trabazón de su doctrina. Hay la suposición del espacio y del tiempo absolutos, y hay aún una suposición de algo, no solamente inimaginable, sino además ilógico: la

suposición de una fuerza a distancia. Había descubierto que un cuerpo no es pesado en sí, sino por que es atraído por otros cuerpos semejantes; si esta fuerza atractiva pasara realmente, como creía *Newton*, por el vacío, donde nada existe, salvo el espacio de la geometría euclidiana y de las sensaciones directas, se seguiría lógicamente de tal premisa newtoniana, que el espacio mismo transmite la gravedad, lo que naturalmente puede solo consistir en una transmisión de movimiento, pues materia no existe en el vacío; de modo que se podía ya deducir como una *consecuencia de la doctrina de Newton la teoría de la relatividad general, en que el espacio se movía y alteraba.*

Pero esta consecuencia de que el espacio no es absoluto e inalterable, sino relativo y alterable, parecía tan increíble al sentido común y aún absurda, que ningún mortal osaba sacarla. Y Newton mismo estaba tan lejos de advertir la posibilidad de tal consecuencia, que nunca notó que había fingido su teoría del espacio absoluto justamente para evitar esta increíble consecuencia de su propia doctrina!

Siempre hubo algunos — como *Stallo* en Inglaterra, *Mach* en Austria, *Poincaré* en Francia, — que objetaron estas faltas. No se les quería oír; al contrario, vistos los grandes éxitos de la nueva mecánica terrestre y celeste, que la acreditaban más con cada nuevo descubrimiento, ella parecía adecuada para explicarlo todo. La explicación mecánica del mundo fué el axioma y el sueño de muchos físicos, principalmente en el siglo XIX. Esta tentativa megalomaniaca en la explicación mecánica de la óptica, mostraba claramente su insuficiencia por primera vez.

Pero ya antes conocíanse en su propia esfera mecánica algunos defectos. Cuando *Copérnico* murió y despuntaba la gloria de *Galilei* y *Kepler*, *Tico de Brahe* estaba en la cumbre de su vida: era por idiosincrasia un enemigo de las novedades y por eso amigo de los poderosos, quienes le regalaban los mejores instrumentos, mientras *Galilei* estaba en la prisión y *Kepler* vivía y moría en la pobreza. Afortunadamente sus valiosas investigaciones hechas con los buenos instrumentos no se perdían: *Kepler* sacaba de ellas sus célebres leyes. Pero *Tico* no quería aceptar los frutos de sus propias observaciones y colocaba nuevamente la tierra en el centro del universo, rechazando las leyes de *Kepler*. Al fin, cuando más se afirmaban las leyes, el viejo astrólogo, envuelto en razones siempre más fuertes, tenía la astucia de declarar que aún cuando todo obedeciese a estas leyes diabólicas, las colas de los cometas no eran subyugadas y esto le bastaba para rechazarlo todo. No estaba mai

la objeción y era formalmente justa: un hecho en contradicción hace tambalear toda una teoría. Pero realmente no tenía razón, le faltaba el instinto de la realidad, la facultad de balancear lo mayor contra lo menor, pues cada teoría, cada progreso tendrá siempre sus colas de cometa, es decir defectos menores que sin embargo no deben ser causa para rechazar lo nuevo, sino solo causas para perfeccionarlo hasta que *estas* colas se expliquen también y hasta que “nuevas colas” aparezcan, más sutiles, como estímulos a nuevas observaciones; pues una ciencia perfecta y acabada no ha existido ni existirá jamás.

No era buena la explicación que *Newton* quería dar más tarde sobre las colas de cometa, por la gravitación, lo que era imposible. Hubiese sido mejor decir: aquí hay un problema a resolver, aunque no son estas colas causa suficiente para negar el inmenso progreso que *Kepler* y *Newton* aportaban.

Pero lo cierto es que estas y otras “colas” existían siempre, y con el tiempo se acentuaban más: se trataba de unos movimientos inexplicables de los planetas y de la luna, entre los cuales la perturbación secular de Mercurio mostrada por *Leverrier* en el año 1845, era la más célebre, que resistía a todos los ensayos de explicación por la teoría clásica. Se lo creía un “defecto exterior”, esperando explicarlo por una investigación futura más exacta. Se olvidó la plabra del maestro mismo, que, reconociendo como única base real de sus leyes las observaciones de *Tico Brahe* y los cálculos de *Kepler*, había declarado que él sería el primero en rechazar su teoría, “si resultase un error en las observaciones de Tico o los cálculos de *Kepler*”.

Los cálculos eran buenos, pero las observaciones, como es natural, se afinaron con la introducción de mejores instrumentos; y tal perfeccionamiento fué grandísimo en aquel tiempo. *Tico* y *Kepler* debían conformarse con relojes de arena y de agua, pues *Huyghens* construyó el primer reloj a péndulo solo un cuarto de siglo después, y aún cien años más tarde *Harison* recibió una cantidad enorme por su reloj que fallaba por día solo medio segundo (!). Aunque *Kepler* usaba un telescopio nuevo, que desde aquel tiempo recuerda su nombre, su potencia superaba no en mucho al de *Galilei* y hasta la muerte de *Newton* los telescopios con un aumento de cien veces eran rarísimos (el gran cambio se efectuó únicamente con los trabajos de *Herschel* y *Frauenhofer* cerca de 1800; los aparatos de hoy permiten un aumento hasta de cuatro mil). Todos los instrumentos modernos de auxilio les eran desconocidos; no había sextantes; sus cuadrantes carecían de telescopio;

faltaba la retícula, que es indispensable para observaciones exactas. A *Galilei* le bastaba una exactitud de 8 minutos angulares; en el siglo XVIII se alcanzaba una de segundos; y hoy se miden los centésimos. Además no eran conocidas ni la velocidad (1676), ni la aberración de la luz (1728), ni Urano (1781), ni Saturno (1846), ni los Planetoides (1801).

Fué una maravilla que todo lo nuevo se encuadrara en el viejo sistema, y se comprende que la ciencia viese en *Newton* como a un segundo creador, que había fijado las leyes de la naturaleza para la eternidad. *Laplace* por ejemplo habla de la *imposibilidad* de concebir algo en la filosofía natural mejor comprobado que el principio de la gravitación!

¿Qué valía contra todo eso que el asunto de Mercurio quedara aún en suspenso y que la gravedad, obrando en el vacío, estuviera en contradicción manifiesta con la lógica? Estos claros no eran bien palpables; la gravedad permanecía ignota en su esencia. ¿Quién sabía como llegaría a aclararse el asunto? Y de los trastornos de Mercurio, el descubridor mismo *Leverrier* conjeturaba, que podían ser causados por un planeta desconocido intermercurial. Necesitábase mucho trabajo de los astrónomos para probar que tal explicación, lo mismo que algunas otras hipótesis, eran falsas; de modo que se puede conceder que estas objeciones no fueron tales que postularan forzosamente un cambio, aunque es censurable que la mayoría de los físicos, recelando el terrible tiempo de un interregno sin teoría coronada y aprobada, fingieran ignorar estos claros que les disgustaban.

Sin embargo del punto de vista epistemológico, se podía objetar más. Además del tiempo y espacio absolutos y de la fuerza a distancia, había una muy curiosa proporcionalidad entre peso y masa.

Con la palabra un kilogramo designamos por una parte una cierta cantidad de substancia, p. ej. un kilogramo de azúcar. Esta cantidad es caracterizada por sus propiedades físicas, ella basta para endulzar tantas tazas de café, puede producir cierta cantidad de ácido carbónico, etc. Todas estas son cualidades de la substancia misma y no dependen de ningún modo de otros factores como p. ej. del lugar en que la substancia se encuentra.

De otra parte designamos, por pobreza del lenguaje, con la misma palabra kilogramo un peso, eso es, la fuerza con que la tierra atrae un kilogramo de masa; fuerza que, evidentemente, es menos una cualidad de la substancia sino de la tierra y cambia en verdad con el lugar, es decir con la intensidad de la gravita-

ción: en el sol sería casi 30 veces mayor, en la luna 6 veces menor y entre luna y tierra en una distancia de unos 300 mil km. donde las dos atracciones se igualaran, sería nula.

Estos dos fenómenos son cosas completamente diferentes y nadie podría confundirlas. Si no obstante los hombres les han dado el mismo nombre, lo que es un signo seguro de que les han confundido, es a consecuencia de la contingencia de que vivimos en una superficie casi esférica. Si viviéramos en un globo perfecto, la fuerza atractiva sería en todos los puntos igual en absoluto. En nuestro elipsoide de rotación ella es en los polos, y en las montañas también, un poco menor, pero la diferencia alcanza apenas $\frac{1}{2}$ % y, como el hombre puede evaluar sensorialmente solo diferencias de 20 % aproximadamente, claro está, que ningún terrícola en su estado natural podía averiguar tan pequeñas diferencias. Para los hombres el peso de un kilogramo es inseparable de la masa de un kilogramo, y por necesidad fisiológica debe confundir estos dos conceptos. Los identificamos y confundimos instintivamente.

De esta imprescindible identificación fisiológica, cuya fuerza impresionante es aquí tan grande como en todos los otros casos que hemos ya tratado, surgen las dificultades; pues cuando los físicos descubrieron un verdadero lazo entre la masa y la fuerza atractiva, que es absolutamente otro que la aparente identidad en que pensaban los terrícolas y de la cual hablaremos en seguida, no se veía que aquí había un problema. ¿Por qué buscar una explicación especial para un fenómeno, que parecía tan natural a todos los hombres naturales?

El lazo que une peso y substancia es el siguiente:

Entre las diversas propiedades de la substancia (su dulzura, su extensión, su dureza, etc.) los físicos distinguían una que llamaban inercia. Con este nombre se designa la calidad de la substancia que determina sus movimientos. Esta calidad como calidad de la substancia misma sería naturalmente inherente a ella e invariable. Para dar a un kilogramo de masa cualquiera una velocidad de diez metros por segundo, se necesita en cualquier lugar, siempre la misma fuerza (aproximadamente la de un hombre). Esta inercia que impide los cambios de movimiento y hace igualmente difícil el empujar un coche que el detenerlo, no tiene en sí ninguna relación con la fuerza atractiva. *Sin embargo es siempre proporcional a ella*: un kilogramo de azúcar es una cantidad (una masa inerte) invariable, y tiene masa pesada que varía con el lugar; pero siempre y en todos los lugares es su peso variable idéntico al de un

kilogramo de plomo que esté en el mismo lugar y que varíe de la misma manera. Donde quiera que se pongan estas masas de azúcar y de plomo en los platillos de una balanza, el astil quedará horizontal y la variación de peso se puede medir por eso únicamente con una balanza de resorte. Esta proporcionalidad que es la otra condición imprescindible para que el lenguaje pueda confundir las dos clases de kilogramos y para que el mercader nos distribuya la *cantidad* pedida con una balanza que mide únicamente la *fuerza*, es en los últimos tiempos probada por el húngaro *Eötvös* con los métodos más exactos. Ya *Newton* conocía esta proporcionalidad (o igualdad como se dice muchas veces también) pero ni él ni la mayoría de los físicos que le siguieron se cuidaron de este hecho tan singular. ¿Por qué, se decían, en el gran número de fuerzas, que obran sobre la masa inerte, y que, como la electricidad, la elasticidad, el magnetismo, la presión, la fuerza mecánica etc., no son nunca proporcionales a la masa, no ha de existir también una fuerza—la gravedad—que sea, por contingencia, proporcional a la masa? Si masa y electricidad hubiesen sido iguales, nadie habría dudado de la existencia de alguna íntima relación esencial entre los dos fenómenos; porque se sabe que en la naturaleza no hay casualidades, sino únicamente leyes. Y si los físicos en el caso de la masa y del peso no dedujeron de la igualdad una causa única y común, sino que se conformaron con la gratuita explicación de una concordancia casual, una noción tan contraria a lo fundamental de su profesión, solo se comprende por la sugestión invencible de nuestros sentidos. Sensorialmente masa inerte y masa pesada son idénticas para seres que viven como nosotros en un globo, y como el hombre las maneja todos los días, esta identidad le parece instintivamente muy natural. La voz de la ciencia al decir que ello de ningún modo es natural, sino algo muy curioso, era impotente contra los postulados de nuestra organización, que hacía valer sus pretensiones tan categóricamente que durante dos siglos, nadie vió siquiera que aquí había un problema.

Sin esa omnipotencia de los sentidos, hubiera sido muy natural, hace ya mucho tiempo que alguien hubiese arribado a la conclusión siguiente: si masa y energía gravitativa son siempre, y bajo todas las condiciones, proporcionales, parece bien probable que estos dos fenómenos, que tienen en la formulación de nuestras leyes físicas una significación diferente, sean en verdad los predicados de una misma cosa; ¡una cosa que no es ni masa, ni fuerza, sino una síntesis de las dos! Hubiera sido por eso muy natural que esta consecuencia de la teoría de la relatividad fuera preconizada

ya por *Newton* mismo. Si la ignorancia ha llamado talvez a *Einstein* destructor de la obra newtoniana, se ve lo erróneo de esta calificación. No la ha destruído, sino que la ha consumado!

Nuestra organización psico-fisiológica, en armonía con la forma esférica de nuestra morada, ha impedido ver aquí un problema, porque sensorialmente el problema no existía. La revisión necesaria no podía venir antes, porque nuestra constitución física, y en ella principalmente nuestro tamaño (ver Cap. II) no permitía que la ciencia pasara a las alturas modernas, sin quedarse su rato en las ideas newtonianas. *Newton* no fué solo un fenómeno grandioso de la ciencia, fué también una necesidad fisiológica.

§ 28.—LA VERDAD MATEMÁTICA Y LOS PRECURSORES
DE EINSTEIN

(El comienzo empírico de la geometría — Euclides y los axiomas — la exactitud dudosa de la geometría — ensayos para deducir los axiomas — el axioma de las paralelas — los espacios curvados de Lobatschefski y Bolyai. — Riemann y lo infinito — la geometría vuelve a ser empírica — ¿es esférica la curvatura del espacio?)

Fuera de los precursores filosóficos entre los cuales no hay más que este único *Czolbe* que podría mencionarse, hay otros, sin los cuales la teoría de la relatividad, que considera el espacio como tetradimensional, hubiese sido imposible: son los matemáticos que habían probado la posibilidad de una geometría no-euclidiana en un espacio tetradimensional. ⁽¹⁾

Ya hemos visto que la tetradimensionalidad sería por completo *compatible* con todas las impresiones que recibimos de este mundo aparentemente tridimensional, pero esta compatibilidad de ningún modo prueba que tal formación tetradimensional sea *real* (lo que podría probar solo la física) ni aún que sea *posible*, pudiendo resultar la imposibilidad de causas ajenas a la esfera fisiológica. Compatible con nuestra organización sería p. ej., en tanto que podemos verlo, el movimiento perpetuo, que es sin embargo imposible según las leyes de la física. Pero dejando aún aparte la cuestión de la posibilidad, claro que era más fácil reconstruir una

(1) Una excelente introducción a este tópico que yo puedo tratar solo muy superficialmente, se halla en el libro de Roberto Bonola traducido por L. G. Arroyo (Madrid Calpe 1923).

nueva física en un nuevo espacio, si al menos las leyes del espacio fueran ya conocidas. En este sentido los matemáticos habían preparado bien la teoría de la relatividad; las leyes del espacio tetradimensional fueron determinadas hace casi un siglo.

La geometría comenzó por medir la tierra y conserva aún en su nombre el recuerdo de esta labor (gea = tierra, metron = medida). De estas agrimensuras se sacaron con el tiempo reglas prácticas, p. ej. la de que un campo rectangular de cien por cincuenta varas tiene una superficie de cinco mil varas cuadradas y entonces que cada rectángulo es igual al producto de los dos lados. Quien no ha medido jamás por sí mismo un terreno, tiene en general una estimación exagerada de la exactitud de tales procedimientos; leyendo en sus títulos que es propietario de tantos milímetros, creerá que al menos los centímetros son exactos, ignorando que muchas veces hay errores de metro. Yo sé de un terreno de 783 m², los títulos le dan solo 633 m², lo que es un error del 17 %! Los peritos me han dicho que muchas veces hay aún errores mayores, y como la ley argentina tolera un error de 1 % esto podría calificarse de usual.

Podría ser que los viejos griegos y egipcios midieran un poco mejor que los modernos ingenieros, pero no mucho, y no queda duda de que la base empírica era harto incierta, cuando, unos siglos antes de nuestra era, la agrimensura se convertía en ciencia declarando que todas estas fallas eran solo contingentes, y que en el caso irrealizable de una medida verdaderamente exacta, las leyes, a las que los ingenieros se aproximan, valen rigurosamente. El cuadrado de la hipotenusa es siempre rigurosamente igual a la suma de los cuadrados de los catetos; la suma de los ángulos en un triángulo es siempre rigurosamente igual a dos rectos, etc.

En el fondo, esta proclamación de la geometría axiomática como ciencia era anticientífica, negando la necesidad de una base empírica o al menos disimulándola. Esta pretensión de que la ciencia aparentemente más exacta—sin duda la ciencia matemática—no necesitase una fundamentación experimental, sino que pareciese pura, apriorística y más valiosa que toda experiencia, ha embrollado y complicado muchísimo el desarrollo de la epistemología. La humanidad hubiera debido sentirse aliviada con la comprobación de que las ciencias matemáticas eran empíricas como las otras y es de admirarse como los trabajos de *Bolyai* hasta *Einstein* hayan encontrado en este sentido tan escasa repercusión. Pero en lugar de alivio los hombres sentían algo de miedo, como si con la relativación de las matemáticas perdieran ya el suelo firme bajo sus

plantas. *Las ideas eternas les eran tan familiares, la realidad tan extraña, que la falla de la base empírica les pareció un mérito!* Esto no fué siempre así, y *Euclides*, que en los tiempos de la naciente ciencia vivió en Alejandría y que por primera vez reunió sistemáticamente las diversas reglas de la geometría, sentó como un defecto lastimoso, que los teoremas de la nueva ciencia carecían de prueba o al menos que él no podía hallarla. Él, o como la investigación histórica pretende, sus sucesores (lo que no nos interesa ya que consideramos los hechos y no las personas) viendo que los fundamentos de la geometría debían regularse como tales, sin posibilidad de una averiguación empírica, les llamaba por eso “postulados” o “axiomas”, es decir, afirmaciones que son por todo el mundo postuladas o estimadas como verdades. Se comprueba una gran modestia en esta designación; no eran ya los axiomas, como se dice hoy, evidentes por sí, sino solo reglas aceptadas por consentimiento general, o como se diría mejor, por tradición.

Euclides no dice por qué o por quién eran postuladas estas verdades. Hoy y según lo que he expuesto en los capítulos anteriores podemos llenar esta laguna y añadir que eran únicamente postuladas por nuestra organización biológica; el espacio euclidiano con todas sus propiedades es el “ambiente” del hombre, y para el teorema del camino más corto he demostrado en el § 11, detalladamente, su desarrollo biológico. Como todas las sensaciones el espacio debía aparecernos segurísimo.

De modo que desde un principio la geometría era una “verdad” solo en apariencia, y ahí surge la pregunta: ¿de dónde viene entonces su ilimitada exactitud? En primer término hay que dejar constancia de que de tal exactitud ilimitada se sabe muy poco. Verdad que hoy en día se puede tomar una medida bastante mejor que en los tiempos de los viejos egipcios y en la práctica de los ingenieros se lograba en algunos casos medir kilómetros con una exactitud de milímetros, es decir con fallas menores que un millonésimo. Hasta este límite las leyes clásicas resultaban siempre justas y hasta este límite nada en ellas ha cambiado en los últimos dos milenios; de modo que en Inglaterra los alumnos aprenden, aún hoy, la geometría en el texto euclidiano. Pero, ¿si las leyes son justas hasta un diez millonésimo también? nadie lo sabe! Hubiera sido discreto decir que las leyes de la geometría valen hasta la sexta decimal y nada más. Pero los hombres no suelen ser tan discretos; seducidos por una envidiable confianza en sí mismos, arrastrados por un anhelo irresistible de saber algo de absoluto, lo creerán siempre, si lo contrario no puede probarse.

Y como en veinte y cinco siglos nunca se encontró la más mínima falla, la opinión se arraigaba más y más en que nuestras leyes geométricas eran las verdaderas del espacio; la filosofía buscando y hallando causas generales que probaran que el error inevitable fuera verdad eterna prolongaba el error, hasta que *Kant* le fija como inalterable condición previa de la razón misma.

Tan fuerte era el prejuicio que, aún ellos, a quienes se debe en último término el renacimiento del espacio empírico, apenas osaban dudar; al contrario, querían demostrar la naturaleza apodíctica de los postulados y solo de la infructuosidad de sus esfuerzos nació al fin la nueva geometría, un poco contra la voluntad de los propios descubridores.

Lo que se elige como postulado es arbitrario. La geometría es una trabazón armoniosa y en ella se puede comenzar con cualquier teorema, o, mejor dicho, con un cierto número de ellos sentados previamente como evidentes y entonces deducir los demás. Pero, como es muy natural, los hombres partían de teoremas a que estaban acostumbrados por las condiciones de su vida, y que por eso les parecían evidentes a simple vista: que la suma de los ángulos en un triángulo sea igual a dos rectos, era difícil de concebir intuitivamente; por tal causa se tomaba un caso especial, en que la suma de dos ángulos alcanzaba ya a dos rectos y en consecuencia el tercero debía ser nulo, es decir que estos dos lados no se cortarían jamás.

Así resulta el llamado axioma de las paralelas, el quinto de *Euclides*: si una línea recta, que corta a otras dos, forma ángulos in-

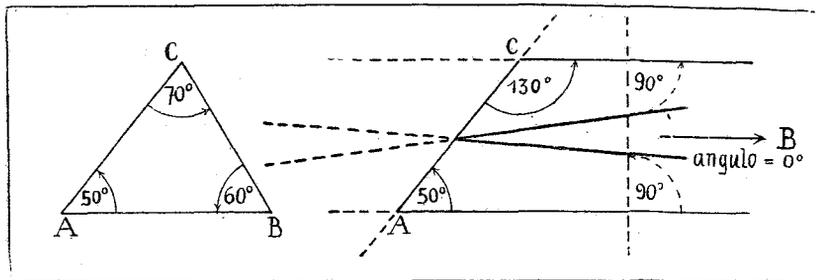


Fig. 54 — El axioma de las paralelas

ternos del mismo lado de la secante (los que están señalados en la figura 54) cuya suma es menor que dos rectos, aquellas dos líneas, prolongadas hacia este lado se encuentran. Si la suma es igual a dos rectos no se encuentran, y se encuentran del otro lado si la suma es mayor. Este teorema servía después como base para

demostrar v. gr. que en un triángulo la suma de los ángulos es siempre igual a dos rectos.

Las paralelas parecían más evidentes que el triángulo. Sin embargo algunos opinaban siempre que tampoco en esta forma era bastante evidente para aceptarlo sin demostración. Comenzaron por eso, poco después de Euclides, los ensayos de deducirlo como consecuencia de otras proposiciones. Los más famosos matemáticos se han preocupado de este asunto: en la antigüedad *Gemino*, *Posidonio*, *Ptolomeo* y *Proclo*; *Al Nirizi* y *Nasir-Eddîn* entre los árabes; y muchísimos desde los tiempos del Renacimiento. Creyeron todos que de una u otra manera se podría demostrar que las paralelas no se cortan. Su obra fué en general, aunque inconscientemente, combinatoria, por decirlo así; ensayaban, en el fondo, solamente la posibilidad de combinar los otros axiomas de Euclides, de modo que el quinto resultara demostrado. ⁽¹⁾ El gran valor de sus obras consiste en que por ellas se fijaba la convicción de que esto no era posible y que era necesario aceptar el axioma de las paralelas como evidente; pues sin él no se podía construir la geometría. *Resultaba así que un axioma que, según los más prominentes matemáticos no era evidente en sí, debía aceptarse como tal!* Lo que no podía dejar de impresionar a los hombres en el sentido de que de tal no-evidencia de un fundamento, surgía ya de por sí la no-evidencia de toda la geometría. Y en verdad, en el siglo XVIII comenzó a nacer esa duda. *Saccheri* admite ya la posibilidad de que en un triángulo, la suma de los ángulos no sea igual a dos rectos y *Lambert* y *Legendre* discuten, lo que era para el futuro de la mayor importancia, la cuestión de la influencia del tamaño. Se preguntaban si necesariamente las grandes figuras son en todo respecto semejantes a las pequeñas, y aunque al fin todos concluían, todavía, en que el teorema de las paralelas era justo, se había al menos enunciado la cuestión de cómo sería la geometría si, en verdad, a distancias inaccesibles a nuestras observaciones, muy lejos, las paralelas se encontrarán.

En la aurora del siglo XIX, cuando en todos los dominios del conocimiento los métodos empíricos se estrenaban con su triunfo definitivo, las matemáticas volvíanse también empíricas. La infructuosidad de las tentativas hechas desde la época griega durante más de dos milenios, despertó, como decía *Lobatschefski* en el año 1835, la sospecha de que en los mismos datos no estuviere conteni-

⁽¹⁾ Uno de los últimos que han ensayado lograr este fin era un cordobés: el talentoso estudiante *Victorio Urcinolo* 1922.

da la verdad total que se había querido demostrar, y que para su confirmación y hallazgo pudieran servir, como en el caso de otras leyes naturales, las experiencias, a ejemplo de las observaciones astronómicas.

Comenzábase, en otras palabras, a dudar de la concepción platónica o kantiana, de que el espacio fuera una idea pura, con leyes a priori e indiscutibles; no era ya el espacio el necesario presupuesto de toda experiencia, sino al contrario, sujeto y dependiente de ella. Al menos la cuestión de las paralelas no se podía esperar resolverla por especulaciones matemáticas, sino solo por el estudio del mundo real; y correspondía principalmente a la astronomía buscar métodos para distinguir cómo se comportan las líneas muy lejos de nosotros. Esta opinión que nos parece muy natural, una vez reconocido el origen empírico de nuestra noción del espacio, en esta época del auge general e incomprensible de la filosofía anti-empírica de *Kant*, era revolucionaria, copernicana; era un cambio fundamental del punto de vista.

Ahora estaba el camino abierto; la vieja alternativa, de si los axiomas eran evidentes o probables dejó de existir; los axiomas habían vuelto a su significación original: eran postulados. Si se les acepta resultará la geometría euclidiana, si no, resulta otra geometría u otras, que tienen la misma posibilidad de ser. Antes de haber consultado la realidad, las matemáticas podían solo investigar de antemano cómo sería el nuevo espacio empírico que se descubriera.

A este respecto mostraba *Lobatschefski* y lo mismo el húngaro *Bolyai* que con fórmulas que a nosotros, que tratamos la cuestión solo en general, no nos interesan, se podía construir otra geometría, con otras leyes; pero con la misma seguridad. Substituyendo las paralelas, que no se cortan jamás, con otras que se cortan, resultaba un espacio curvado, donde lo que llamamos línea recta es en verdad curva con un radio demasiado grande para poder averiguarlo con nuestros métodos habituales.

Los matemáticos habían hecho lo que podían, habían demostrado la posibilidad lógica de que el espacio podía ser otro del que parecía. Ahora tenían la palabra los físicos: ellos basándose en hechos debían juzgar lo que, de estas múltiples posibilidades, correspondía a la realidad. El problema parecía netamente planteado, pero hace cien años no se lo veía así. No debemos olvidar la lentitud con que las nuevas ideas ganan terreno. Es muy probable que *Lobatschefski* mismo no estuviera del todo seguro de su acto revolucionario. Sin ello no hubiera llamado "imaginaria"

a su nueva geometría. En esta denominación duerme aún la duda de que pueda ser *realidad* lo que él mismo había demostrado como *matemáticamente posible*. Teóricamente era libre, pero en lo íntimo de su alma, creía siempre que el espacio vulgar de Euclides y de nuestros sentidos era el verdadero, privilegiado por el predicado de la realidad entre los espacios “imaginables” y posibles que había descubierto.

Se ve bien aquí cómo se forman las nuevas ideas y que el fuerte roble de la tradición no cae jamás al primer golpe.

Sobrevino *Riemann*, quien demostró que era también matemáticamente posible otra geometría a más de la de *Lobatschefski* y *Bolyai*. Pero más importantes para la cuestión que nos interesa fueron sus deducciones generales sobre el rol que desempeñan las distancias absolutas en la geometría. Ya había *Gauss* ensayado inútilmente (como lo hemos demostrado en el § 11) de comprobar este rol por medidas terrestres y *Lobatschefski*, más cuidadosamente, hablaba de la posibilidad de averiguarlo por la astronomía; pero *Riemann* profundizó la cuestión: por primera vez hizo la distinción entre lo infinito y lo ilimitado (ver § 51) y se ocupó intensamente de la influencia del tamaño sobre la geometría, demostrando que las geometrías de espacios curvados son, en una región limitada, siempre casi-euclidianas, como un corto pedazo de una circunferencia es también sensiblemente una línea recta. Sin esta propiedad la nueva geometría difícilmente hubiera podido ser real. Pero con las deducciones de *Riemann*, la objeción de que nadie había visto las fallas de la vieja geometría, perdió su importancia. Así como un *pequeño* cuadrado sensiblemente perfecto se puede trazar sobre la superficie de un lago — aunque su superficie es en verdad parte de una esfera — puede construirse también en un espacio curvo un *pequeño* cubo sensiblemente perfecto.

Del conjunto de todos estos estudios precursores y de otros más se fortaleció paulatinamente la convicción de la posibilidad de que en la realidad las líneas rectas lo son únicamente a cortas distancias. En el universo son curvas; por eso en nuestro mundo restringido vale la geometría euclidiana, “la de lo próximo”, pero en el universo puede valer otra geometría, “la de largo alcance” la del espacio curvo.

Como no sabemos nada de positivo de este espacio curvo, no podemos tampoco saber qué curvatura tiene; podría ser elíptico, hiperbólico, esférico etc. En general, los matemáticos han considerado solo los espacios esféricos, seguramente, en último término por causa de su simplicidad y además por un hecho muy notable

que consiste en que entre todas las superficies de curvatura constante solo la esfera tiene la facultad de poder moverse sobre sí misma de igual modo que el plano; un cuadrado de papel puede ponerse en cualquier parte de una mesa, pues siempre se superpone al plano, lo mismo que un segmento esférico puede ponerse en cualquier parte de la esfera. En un elipsoide esto no es ya posible. Esta propiedad de la esfera parece una necesidad para el espacio, porque sin eso las propiedades de congruencia valdrían siempre solo para regiones limitadas. La consecuencia física de un espacio curvo, pero no-esférico, sería una polarización del mismo, (este es un espacio que tiene diferentes propiedades en las diferentes direcciones, lo que aparentemente no existe). Cuando el espacio tenía solo la propiedad de la extensión, tal polarización parecía casi absurda. Pero hoy, cuando se opina que el espacio engendra por sí mismo lo que llamamos la atracción (ver el cap. XI) tal opinión no parece del todo absurda. El espacio, ciertamente, no es tampoco simétrico; hay al menos perturbaciones locales, como la provocada por nuestro sol y descubierta en el último eclipse (ver § 47). De modo que no me parece estrictamente necesario que los relativistas modernos cuenten también en general, solo con un espacio esférico; ¿Quién sabe si en lo grande el espacio en total no sería polarizado? De esto hablaremos más tarde, tratando la infinidad del mundo.

La geometría de estos espacios esféricos se ha acabado casi por entero en los últimos años, de modo que todo estaba preparado para que los físicos hicieran el experimento crucial de cual geometría valdría en verdad. Tal experimento especial, que pruebe uno u otro espacio, no existe hasta ahora; pero en su lugar se ha tomado toda la base experimental de la física; ella no se puede ya explicar por el espacio euclidiano — pero sí por el curvo. — Es esto el contenido de la teoría general de la relatividad.

Además, las observaciones del último eclipse del sol han probado que los rayos de luz, nuestras líneas rectas, pueden ser curvas. Y aunque esta curvatura no es la general del espacio, sino solo una curvatura local, ella prueba la posibilidad de que en lo grande del cosmos ocurra lo mismo que se ha observado en lo pequeño de nuestro sistema planetario, tanto más cuanto que podemos calcular la curvatura del espacio, hallando un valor numérico tan pequeño que podemos decir con certeza absoluta que tal curvatura no se observará jamás directamente, hasta que no haya métodos incomparablemente más perfeccionados que los de hoy.

§ 29.—LA GÉNESIS DE LAS NUEVAS IDEAS

(El alejamiento de la ciencia de la realidad — la reconstrucción de la unión entre las dos — el modo de pensar cosas nuevas — el cerebro más inteligente que el portador — monos y japoneses — la máquina de calcular — la vida latente de las ideas — duda y acción — la duda legítima — la supremacía de la ciencia — el entusiasmo por Einstein: cultura o snobismo — felices dudadores)

Todo estaba preparado: la relatividad del espacio por la contracción de *Fitz-Gerald*, la relatividad del tiempo por el tiempo local de *Lorentz*, la curvatura del espacio por las geometrías de *Lobatschewski* y *Riemann*. Pero todo esto existía solo en las fórmulas, a las que faltaba la relación con la realidad, y en las que sus propios inventores no creían mucho. Las fórmulas no son la realidad y no lo eran para los físicos tampoco. Deslumbrados por la concisión de su lenguaje, habían olvidado buscar tras la palabra la cosa misma. Se les había repetido tantas veces, y habían asegurado ellos mismos, que los fenómenos sensoriales eran falaces, que confundiendo, o al menos no separando bastante las dos realidades, sensorial y absoluta, habían acabado por desesperar totalmente de penetrar el corazón del mundo. No veían que en la muerte de la una estaba la vida de la otra; creían necesario conformarse con fórmulas y no ocuparse de ninguna realidad.

De la verdad de que la ciencia destruye la realidad construyendo en su lugar una trabazón de fórmulas, se veía en general solo la parte negativa, y no la positiva, de que las fórmulas pueden revelarnos una nueva realidad absoluta.

La realidad había dejado de interesar a los físicos y su ciencia, a pesar de sus progresos reales, corría el peligro de volverse un juego de fórmulas que nadie tomase en serio; nadie creía en el éter; pocos creían en los átomos. Recuerdo a mi maestro *W. Kühne*, el célebre fisiólogo-químico que nos decía con respecto a los átomos que solo un tonto podría creer en la realidad de “estas imágenes introducidas para facilitarnos la comprensión de las reacciones.”

Este aislamiento teórico de la ciencia y la imposibilidad de ponerla en contacto con la vida real traía como consecuencia la imposibilidad de tener un concepto general de la vida. En Alemania, otrora país de la filosofía y de las concepciones generales (*Weltanschauungen*), se sonreían maliciosamente de quien osaba profesar alguna. Tenían razón los peritos; solo los “peritos a la viole-

ta” podían ensayar construirse una noción general del mundo, basándose en la ciencia del siglo XIX! Pero de otra parte era una superficialidad también el atribuir a la ciencia del siglo XIX un valor absoluto; *esta* ciencia no podía engendrar ideas generales; pero la ciencia en sí lo puede e instintivamente muchos de los hombres populares de las “Weltanschauungen” tenían más razón que sus doctos colegas.

De tales ideas generales hablaré un poco en el último capítulo; por el momento me basta con la constatación de que realmente, en los últimos tiempos, se efectuó una nueva armonía entre ciencia y realidad; hoy en día ella está ya reconstruyéndose de nuevo. Creemos otra vez en la realidad de nuestras imágenes de los átomos y de la energía, de la luz y del universo. Muchos han trabajado en este sentido de la simplificación de la ciencia. La soldadura íntima de los fenómenos ópticos y electro-magnéticos, el descubrimiento de las sustancias radioactivas, las fórmulas estereométricas de la química, los rayos catódicos y canales con sus consiguientes fundamentos de la estructura de la materia y del átomo mismo, fueron etapas en este camino. De ellos hemos hablado en otro lugar.

Pero el hombre que ha reunido todas estas corrientes de ideas diversas y muchas veces divergentes, y formado con ellas un nuevo y poderoso haz de luz es *Alberto Einstein*.

¿Cómo lo ha logrado? — ¿cómo alcanza a dar al mundo un nuevo aspecto? Ya hemos visto las bases experimentales en que se funda; pero hemos visto también que esto no basta, que esto solo da datos negativos, y que el acto creador quedaba exclusivamente reservado a la acción libre del genio. No podemos penetrar en este misterio. El descubridor mismo no lo sabría.

Pero, en fin, un nuevo pensamiento genial no se forma esencialmente de otra manera que los pensamientos comunes. Pensar es asociar, reunir cosas anteriormente aisladas. Un ejemplo lo demuestra: reuniendo la forma esférica con el color rojo y amarillo, con cierta fragancia delicada, con cierta sensación táctil fresca, suave como una seda, y con un sabor agrio, dulce y aromático, se forma el concepto de un durazno. Aunque uno creyera que las ideas preexistentes de *Platón* sean de un modo o de otro reales, estas ideas ciertamente no tienen nada de común con las que brotan en un cerebro humano. Estas son *reuniones y combinaciones de percepciones más simples y sus partes debían existir ya antes*. ¡Aún más! Si no queremos divagar en fantásticas especulaciones debían existir ya en nuestro cerebro los caminos para tales combi-

naciones antes que el hombre pudiera concebirlas; pues, aunque la estructura cerebral no sea la idea completa, es al menos su condición necesaria.

Sorprendente consecuencia tiene tal raciocinio. El pensamiento como hecho real, como formación del cerebro, existe antes de que se haya hecho pensamiento! El cerebro es — para usar una expresión un poco osada — más inteligente que sus portadores. Pero la realidad comprueba esta opinión, y en ningún cerebro las facultades de que es capaz, son utilizadas hasta su máximo rendimiento. El antropoide, por ejemplo, tiene en su cerebro la facultad de comer con cuchillo y tenedor, de vestirse, de andar en bicicleta, de manejar los más diferentes aparatos e instrumentos, como lo demuestran los célebres chimpancés de los jardines zoológicos; pero jamás darán semejantes pruebas de capacidad por sí mismos. El hombre común, incapaz de producir nuevas y grandes ideas, tiene, sin embargo, en su cerebro la facultad de pensarlas fácilmente, una vez enunciadas por un genio; y aún todo un pueblo, como el japonés, tiene cerebros que pueden asimilarse en pocos decenios toda la cultura occidental, para cuyo desarrollo Europa misma ha necesitado millares de años. No puedo en este momento agotar este tema tan interesante, pero es forzoso conceder que todas las grandes ideas, de las cuales la humanidad está tan orgullosa, no son precisamente engendradas por el intelecto humano con su buena voluntad, sino paulatina e inconscientemente desarrolladas bajo la calota de nuestros cráneos, mucho tiempo antes de que sean enunciadas por primera vez. Eran ya una incontestable realidad, aunque nadie hubiese pensado jamás conscientemente una cosa semejante; del mismo modo que en el mecanismo de hierro de una máquina de calcular las operaciones: $213 \cdot 3 \ 367 = 777 \ 777$ o la otra: $8108, 1081 \cdot 45679, 0123 = 123456789, 87654321$ están ya incluidas en él desde su fabricación, aunque jamás estos cálculos se hayan efectuado. Nacen estos mecanismos inconscientemente para nosotros, como nace inconscientemente en la abeja la facultad de construir células hexagonales, o como nace en el hueso la facultad de formar su estructura maravillosa según las leyes mecánicas que, conscientemente nosotros podemos comprender solo con un sutil análisis matemático. Años y años existen estos mecanismos, estos verdaderos carriles, sobre los cuales el convoy de un nuevo pensamiento podrá moverse. Un día la actividad cerebral de un pensador se extiende hacia estas regiones ya preparadas, aunque hasta entonces desiertas y en este momento, memorable para nuestra conciencia y para el recuerdo de la agradecida

humanidad, el nuevo concepto se engendra, mientras en la realidad nada de nuevo ha sucedido: solo que un fenómeno inconsciente se ha transformado en un fenómeno consciente. La mejor prueba de esta vida latente de las nuevas ideas consiste en que no hay casi nada de grande, que no haya sido descubierto simultáneamente por varios hombres que no sabían nada uno de otro. En la primavera brotan las violetas; en su tiempo brotan las ideas. La colectividad humana las engendra, no el individuo.

Así, mismo, vivían las ideas de *Einstein*, virtualmente ya en los últimos decenios del siglo pasado. Inconscientemente todo el mundo, incluso los sabios, anhelaban una simplificación de la vida demasiado complicada. Ella tenía que venir, y ha venido por todas partes. En la vida política este anhelo se ha realizado, como suelen realizarse las ansias de los pueblos, por una catástrofe, rompiendo en la guerra mundial y en la revolución rusa la maquinaria de la cultura europea que les resultaba demasiado pesada en su maravillosa complejidad. Pero en la historia de las ciencias no hay catástrofes — ya lo hemos dicho en otra ocasión— aquí la simplificación fué la consecuencia de los trabajos científicos de un siglo lleno de descubrimientos como ninguno de los anteriores; vino cuando los frutos estuvieron maduros y por eso no fué revolución que destruye siempre, al menos parcialmente, sino última conclusión y reforma constructiva.

Esta última fusión de *Einstein* con su siglo, no disminuye en nada su gloria. Los más grandes son siempre los que saben dar la más perfecta expresión a las ideas de su tiempo.

Y otra vez nos preguntamos, ¿cómo podía suceder esto? ¿Por qué se condensaba la idea nueva, que está destinada a renovar el mundo (no solamente el mundo científico) justamente en él?

Es porque osaba dudar, dudar de todo. Y más profundamente que todos los demás.

Entre dos polos opuestos oscila la vida de los hombres, entre la acción y la duda; en la mayoría anulándose mutuamente—la duda impide la acción, y el anhelo de ser activo no permite dudar de veras—puede ser la acción o la duda, aislada e intensificada al máximo posible, un móvil de la humanidad. Los genios de la acción, los llamados héroes, fueron en tiempos pasados los guerreros y profetas, más tarde los caudillos políticos, y hoy los industriales y banqueros, (los hay también en la ciencia: *Lombroso*, *Edison*, *Haber* pertenecen a tal tipo). Ellos necesitan el efecto inmediato. las muchedumbres como órganos de resonancia, y la órbita de la tierra no les parece suficiente. Los otros, los genios de la duda,

son menos ruidosos: un papel y un lápiz, una silla y una mesa en una cámara pequeña bástanles casi siempre como medios externos. Sin embargo son ellos, los que con la palanca poderosa del raciocinio mueven la inercia humana y ensanchan con esto su reino invisible más allá de la tierra, del sol, de las últimas estrellas.

¿Cuáles valen más? Debería ser difícil afirmarlo, ya que la preferencia depende de las perspectivas, de las cuales hablaremos también al fin del libro. Pero lo cierto es, que la obra de los modestos dudadores es más duradera. Los activos gastan su fuerza en el brillo del día, estremecen la tierra sin dejar vestigios. ¿Qué queda del laurel *Alejandro*, de la obra inmensa de un *César*, de la gloria efímera de un *Haber* que con sus gases asfixiantes alcanzó a matar más aún que sus antecesores? ¡Su nombre!, y si tienen suerte, algo que les interesa menos: Alejandría donde el ingenio griego, mezclado a la vieja práctica egipcia, preparó el renacimiento!, de César, el calendario juliano!, y de Haber, quizás un sustituto del estiércol, aunque ni eso ha descubierto de veras.

Mas, desde que *Pitágoras* relacionó por primera vez los cuadrados de los lados del triángulo rectángulo, esta relación queda en la historia humana, y aunque su nombre pereciera, la obra le sobreviviría! Podría ser, que si un día, los chinos gobernaran la tierra, *Homero*, *Cervantes* y *Goethe* fueran olvidados, el friso del Partenon y los cuadros de *Leonardo* rotos, *Mozart* un recuerdo muerto, pero el teorema de *Pitágoras* vivirá siempre "aere perennius". Ninguna cultura podrá prescindir de él. *Pitágoras* y todos los que siguen sus huellas han sobrepasado su personalidad con su obra impersonal y objetiva en más alto grado que puede hacerlo un artista o poeta, en que su personalidad e individualidad será siempre la más preciosa de sus facultades. *Las personas y las teorías pueden perecer; su obra objetiva, el contenido real de sus teoremas no.*

La vida eterna les está asegurada, aunque ellos mismos mueran desconocidos como ocurre con frecuencia, pues es naturalmente difícil que los que avanzan a su siglo sean comprendidos por la muchedumbre o los poderosos. Es acaso la primera vez que una obra puramente teórica como la teoría de la relatividad, ha estremecido al mundo. La teoría de *Darwin* que en su tiempo alcanzó una ruidosa popularidad que podría compararse con la de *Einstein*, fué mucho más comprensible — además su popularidad debióla en gran parte a las discusiones sobre sus consecuencias con respecto a la religión, cosa esencialmente práctica. Es comprensi-

ble que novelas o poesías, el cinematógrafo y el aeroplano; la telegrafía sin hilos o un nuevo remedio, un boxeador o un general hagan ruido; el pueblo espera algo agradable, útil o atroz. ¿Pero la teoría de la relatividad? ¡Una cosa teórica, sin valor práctico, que nadie comprende! ¿Es esto signo de que renace el instinto cultural? ¿O es solo signo del snobismo, una nueva sensación que interesa justamente, porque no se la comprende? ¿Es ella para el público nada más que un espiritismo disfrazado? ¿Una nueva "cuarta dimensión", que halaga la pasión vana de lo sobrenatural? Ciertamente un poco de todo hay en la gloria de *Einstein*; pero lo que predomina en este entusiasmo popular ¿quién puede saberlo?

En todo caso, la teoría de la relatividad es el fruto precioso, crecido de la raíz más honda y más fértil de la inteligencia humana, que es la duda de lo que a los demás parece evidente. La duda, creciendo con el saber, lo engendra recíprocamente; es su madre, como la madrastra de la creencia ciega. Si ella nace en una inteligencia común, vuélvese un escepticismo científicamente estéril, que es, como el de los fieles, los neovitalistas y los filósofos nativistas, equivalente a la fé, porque, desesperando de la posibilidad de explicar el mundo se conforma con una ayuda mística, sea dios, fuerza protoplasmática o inteligencia pura; pero si ella nace en una inteligencia superior, engendra un genio del análisis, que hace época en la historia de la ciencia humana.

La duda es lo más íntimo del hombre, es su personalidad misma. Sus ideas positivas, como he dicho, deben estar ya preparadas en su cerebro, las tiene en común con todo su siglo. Pero la duda, la destrucción de las viejas vías sobre las cuales pasan las viejas ideas, nace espontáneamente.

Felices dudadores, pues la duda no es remordedora en sí, sino solo en el caso de que por conveniencia no se le permita desarrollar su poder libertador. Pero dando su alma enteramente a la duda, se siente la íntima voluptuosidad de romper las cadenas de antiguos prejuicios.

Feliz será siempre aquél que dude; pero útil para la humanidad solo si tiene la capacidad de llenar el vacío que se ha creado así, con algo positivo! *Einstein* sabe cumplir lo uno y lo otro.