

VISIÓN CIENTÍFICA, DIALÉCTICO-MATERIALISTA, DEL UNIVERSO

DÉCIMA SEGUNDA PARTE

■ Gabriel Robledo Esparza*

EL TIEMPO Y EL ESPACIO SEGÚN MINKOWSKI

La concepción “filosófica” de Einstein acerca del tiempo y del espacio encuentra su expresión geométrica en los postulados de Minkowski de una nueva geometría no euclidiana, de una *hipergeometría*.

En su trabajo clásico, *Space and Time*¹, Minkowski anuncia, en primer término, para abrir boca, el portento matemático y geométrico que está a punto de dar a luz, para asombro del mundo.

En el más puro estilo einsteiniano, expresa, con una patética modestia: Caballeros: Las visiones del espacio y el tiempo que quiero presentarles surgen desde los dominios de la física experimental y en ello radica su fuerza. De ahora en adelante el tiempo en sí mismo [absoluto] y el espacio en sí mismo [absoluto] irán reculando completamente para quedar convertidos en meras sombras y únicamente un tipo de unión entre los dos continuará todavía siendo independiente en sí mismo.

En seguida establece las definiciones básicas de su “teoría”.

- El *punto mundo* es un punto en el espacio en un tiempo dado: x, y, z, t .
- El *mundo* es el múltiple de todos los posibles sistemas de valores x, y, z, t .
- La *sustancia* es algo perceptible que existe en donde quiera y en cualquier tiempo.
- La *línea mundo* de un *punto mundo sustancial* se puede reconocer a través del tiempo.

- El movimiento del punto sustancial en un tiempo dt es igual a dx, dy y dz .
- Una *curva en el mundo* es el curso del *punto sustancial* en *el mundo* [sucesivos movimientos dx, dy, dz en sucesivos dt], una *línea mundo* cuyos *puntos* pueden ser relacionados a la coordenada t desde $-\infty$ hasta $+\infty$.
- Todas *las leyes de la física* pueden ser expresadas como relaciones entre *líneas mundo*.
- Si la *línea mundo* es dividida por un punto aleatorio en donde $x, y, z, t = 0$, la sección superior sería $t > 0$ y la inferior $t < 0$.
- El origen del sistema tridimensional de coordenadas (x, y, z) sería el punto de origen de la coordenada del tiempo.
- Si se mantiene fijo el origen del espacio, entonces es posible someter a los ejes x, y, z en $t = 0$ a rotaciones arbitrarias en torno al origen que correspondan a transformaciones lineales de la expresión $x^2 + y^2 + z^2$.
- También se puede reemplazar x, y, z, t por $x\alpha - t, y\beta - t, z\gamma - t$, en donde α, β, γ son unas constantes cualquiera.
- A la coordenada del tiempo se le puede dar entonces una dirección arbitraria t' en la mitad del mundo que es igual a $t > 0$.

El problema que se alza entonces frente a la capacidad intelectual de Minkowski es, en sus propias palabras, el siguiente: *Cómo conciliar la ortogonalidad del sistema de coordenadas con una línea del tiempo de dirección cambiante*. O, dicho de otra manera, cómo concertar la racionalidad de las coordenadas cartesianas tridimensionales con el absurdo del espacio-tiempo cuatridimensional.

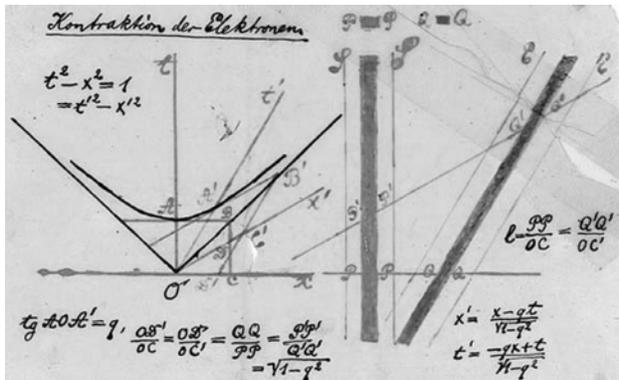
El interrogante que se le presenta a Minkowski no es tanto de concepto, sino matemático-geométrico; ninguna duda tiene el maestro de Einstein acerca de la verdad de los desatinos de su alumno: *la contracción del espacio y la dilatación del tiempo*, y en última instancia, la *hipergeometría* que funda tiene como propósito principal dotar a los disparates de su más adelantado pupilo de un vistoso ropaje matemático y geométrico.

*Licenciado en Derecho egresado de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de la UANL.

¹ Minkowski, Hermann, *Space and Time*, Minkowski's Papers on Relativity, Translated by Fritz Levertoff and Vesselin Petkov, Edited by Veselin Petkov, Free version, Minkowski Institute Press.

Un sistema de coordenadas tiene como finalidad específica la localización espacial de un punto, ya sea en un plano bidimensional o en un espacio tridimensional; no importa lo que físicamente el punto sea, lo único que tiene interés es *su representación* en un sistema de coordenadas, el cual por definición es espacial, y el espacio por necesidad es tridimensional.

Minkowski parte del imperativo que le impone su teoría del espacio-tiempo de crear un sistema de coordenadas con cuatro dimensiones, algo que es una imposibilidad física.



Propone la adopción de un sistema de coordenadas basado en un hiperboloide de dos hojas. La ecuación con la que Minkowski inicia su argumentación es la siguiente:

$$c^2t^2 - x^2 - y^2 - z^2 = 1.$$

La ecuación canónica del hiperboloide de dos hojas es:

$$+x^2/a^2 + y^2/b^2 - z^2/c^2 + 1 = 0;$$

Éste es el instrumento matemático por el cual se puede definir un punto *en un cuerpo tridimensional* que es el resultado de la revolución de una hipérbola, $y^2 - x^2 = 1$, en torno de su eje mayor.

Pero Minkowski desnaturaliza por completo este cuerpo geométrico al agregarle una dimensión más, ct , que no tiene ningún lugar, ni matemático ni geométrico, en el hiperboloide. En la figura geométrica del hiperboloide, que por definición es un cuerpo tridimensional, *no se puede representar ninguna otra dimensión además de las clásicas x, y, z .*

Inmediatamente abandona Minkowski

sus ambiciosas pretensiones y se conforma, como después lo hará Einstein, con un espacio bidimensional en el que hace a las variables y y z igual a 0 y trabaja sólo con ct, x y el brazo superior de la hipérbola de 2 hojas, al que atribuye el valor $c^2t^2 - x^2 = 1$.

Hay aquí también un enorme error de concepto; c^2t^2 (velocidad por tiempo) es una medida de espacio y no una variable como y en la forma clásica de la ecuación de la hipérbola, ni una de tiempo como Minkowski pretende que sea. El artilugio de Minkowski es un contrahecho sistema de coordenadas que tiene sólo dos, una vertical que representa el tiempo *pero* en la cual se utiliza una variable que simboliza un espacio: ct , velocidad por tiempo, y una horizontal que corresponde a sólo una de las tres dimensiones espaciales.

Hay en este deformado sistema de coordenadas otro burdo error. Ya señalamos que la coordenada del tiempo es una mezcla híbrida del tiempo y el espacio, ct ; pues bien, la coordenada x , que es espacial por definición, también implica necesariamente el tiempo t . Esta perniciosa duplicidad introduce en el modelo minkowskiano un verdadero embrollo, del cual no puede salir nada racional, ni, desde luego, como pretende nuestro físico, una nueva visión, plena de cientificidad, del tiempo y el espacio.

El portento anunciado por Minkowski de un nuevo sistema coordenado que incluiría una nueva dimensión, el tiempo, t , junto a las tradicionales del espacio, y que reflejaría una naturaleza desconocida, por él descubierta, del espacio y el tiempo, queda reducida a una ridícula representación bidimensional que, por un lado tiene una coordenada que representa el tiempo, pero en una forma híbrida (ct), es decir, por medio de un espacio, y por otro una *que sólo representa una de las dimensiones espaciales y que en sí misma incorpora al tiempo*. Resaltan, frente al clásico sistema cartesiano de tres coordenadas, la pobreza (únicamente una coordenada espacial) y el sucio juego de manos (sustituir el tiempo con el espacio) del sistema de Minkowski.

A las dos coordenadas agrega Minkowski una hipérbola de dos caras -es lo que queda del pretencioso hiperboloide que representaría al mundo-. Esta figura geométrica, también bidimensional, tiene en este punto de la argumentación de Minkowski el papel de una curva de referencia que proporciona,

en el punto en que es cortada por la línea del tiempo t' , en un cambio de coordenadas $x \rightarrow x'$, $t \rightarrow t'$, en el cual el ángulo que tienen las coordenadas primas ($'$) en relación con las originales representa la velocidad de su desplazamiento, la tangente que determina el nuevo tiempo t y la nueva distancia x del evento B visto desde la perspectiva del observador en movimiento.

Esto es, desde luego, un artificio por completo fuera de lugar. Se ha establecido con el exclusivo propósito de dar forma geométrica al desatino relativista de la contracción del espacio y la dilatación del tiempo, los cuales, como ya vimos, constituyen un magno disparate, un error descomunal, faltos por completo de carácter científico.

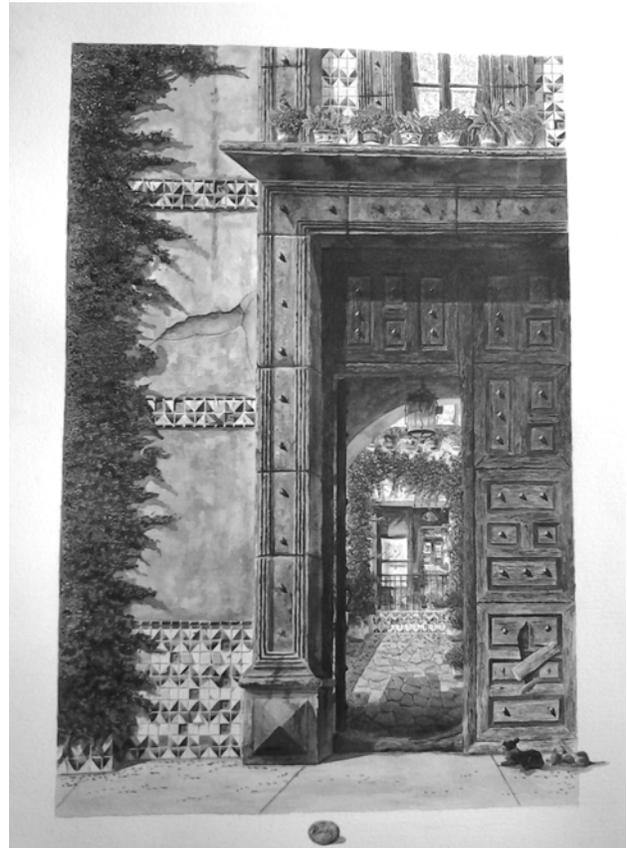
El origen de la ecuación que es el punto de partida de las cavilaciones de Minkowski, $c^2t^2 - x^2 - y^2 - z^2 = 1$, es una extensión de una vieja conocida nuestra, $c^2t^2 = x^2 + y^2 + z^2$, en la cual ct es la distancia recorrida por un rayo de luz en el tiempo t , en un espacio tridimensional, extensión que se obtiene por medio del teorema de Pitágoras:

$$ct = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

Si a $c^2t^2 = x^2 + y^2 + z^2$ la convertimos en $c^2t^2 - x^2 - y^2 - z^2$, ésta última es siempre por definición = 0. Bajo ninguna circunstancia puede ser igual a ninguna otra cantidad. De aquí se sigue que, ya se exprese como igual a 0 o a cualquier otra cantidad, desde este punto no se puede ir adelante por ningún camino matemático ni geométrico.

Veamos ahora la evolución del esquema de Minkowski. Primero, propone como escenario del espacio-tiempo ideado por Einstein un sistema simple de dos coordenadas ortogonales, t (ct) y x en el cual inserta un cuerpo geométrico casi desconocido, un hiperboloide de dos hojas; luego, abandona abruptamente su proposición original y sustituye el hiperboloide con la hipérbola de dos hojas que es su generatriz; después, termina utilizando una sola de las hojas, la cual se define por la ecuación $y^2 - x^2 = 1$ (en donde las constantes a y b de la ecuación canónica tienen el valor de 1).

El sistema básico de la "hipergeometría" de Minkowski está constituido por dos coordenadas ortogonales, x y y , de las cuales la segunda representa el tiempo t por medio de un híbrido, ct ; es evidente



Puerta con bugambilias

que en este reducido y simplísimo sistema no sólo no se pueden representar los valores de cuatro coordenadas, x , y , z y t , como quiere Minkowski, pero ni siquiera los de las tres coordenadas clásicas de un sistema cartesiano tridimensional; cada punto de los cuatro cuadrantes únicamente podrá ser definido por el valor de la coordenadas x y t correspondientes, lo que simple y llanamente significa que su localización espacial plena quedará por completo fuera del sistema. Ni el tiempo ni el espacio representados por el esquema básico de Minkowski tienen una naturaleza distinta de la que la física clásica les ha atribuido, y el sistema representativo no va más allá de ser un elemental gráfico bidimensional. Un *punto mundo* corresponde a la situación de un evento en relación únicamente con el eje de las x y en un tiempo que se encuentra determinado en el eje t ; una *línea mundo* es una sucesión de *puntos mundo* cercenados (unidimensionales) que puede ser una línea paralela al eje de las x (eventos simultáneos), o al del tiempo (un evento en reposo), una línea recta con una inclinación cualquiera o

una curva que expresan una evolución renqueante (bidimensional) de un *punto mundo* en el tiempo y en el espacio unidimensional, con movimiento uniforme o acelerado, respectivamente.

En su esquema básico, que es un sistema de referencia en reposo, sin ninguna relación con algo físico (la tierra, por ejemplo), respecto de lo cual se encontraría inmóvil, *sino un producto exclusivamente mental*, Minkowski coloca un *punto mundo* B en el punto (1,1) de su sistema de coordenadas. En seguida, concibe otro sistema minkowskiano de coordenadas, tan o más falto de sustento físico que el anterior, que se traslada, en el mismo espacio-tiempo, a una velocidad determinada v , en un movimiento rectilíneo uniforme, y en él sitúa a un observador. La *línea mundo* del *punto mundo* B es una recta paralela al eje t y la del observador en movimiento se puede representar con una línea que parte del origen y tiene una inclinación determinada por la velocidad.

Para el observador adherido al punto B, el valor de este lugar geométrico en el eje de las x será siempre el mismo con el paso del tiempo; para el observador en movimiento, su propia posición en x irá cambiando con el transcurso del tiempo, pero el valor x del punto B será siempre igual.

Conforme a las definiciones teóricas y al sistema cojo de coordenadas propuestos por Minkowski, de acuerdo a las cuales se trazan las *líneas mundo* de su ejemplo, *el tiempo y el espacio tienen la misma naturaleza que en la mecánica clásica y el punto B se encuentra siempre en el mismo lugar, ya sea para el observador en reposo o para el que se desplaza con cualquier tipo de movimiento y velocidad.*

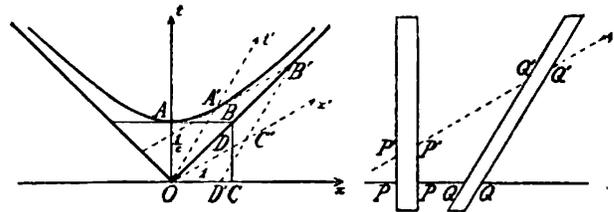
Hasta aquí, Minkowski no ha podido acreditar la anunciada novedad conceptual del espacio y del tiempo y sólo ha desarrollado un contrahecho y mutilado sistema de coordenadas que, a pesar de todo, confirma lo que Minkowski se empeña en negar: *la plena validez de la teoría clásica sobre el tiempo y el espacio.*

El propósito fundamental de Minkowski es dotar a las aberraciones de su adelantado alumno Alberto Einstein (sobre la contracción del espacio y la dilatación del tiempo) de un ingenio matemático-geométrico que les de la apariencia de una racionalidad que no tienen. A lo más que había

llegado su pupilo era al diseño de un esquema de dos sistemas de coordenadas cartesianas tridimensionales, que en la práctica quedaban reducidas a sólo dos ejes horizontales superpuestos, x y x' , en los cuales representaba las ecuaciones del erróneo factor de Lorentz.

Minkowski da un audaz paso adelante. En su esquema básico de coordenadas injerta una hipérbola de dos hojas, cuya ecuación canónica es $y^2/a-x^2/b=1$.

Para establecer la conexión tomamos un parámetro positivo c y vemos la estructura $c^2t^2-x^2-y^2-z^2=1$



“Minkowski1” by Hermann Minkowski - Raum Zeit (Minkowski). Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Minkowski1.png#/media/File:Minkowski1.png>

Ésta consiste de dos hojas separadas por $t = 0$ por analogía con un hiperboloide de dos hojas. Consideramos la hoja en la región $t > 0$ y ahora tomaremos estas transformaciones lineales homogéneas de x, y, z, t en cuatro nuevas variables x', y', z', t' de tal manera que la expresión de esta hoja en las nuevas variables tiene la misma forma. Obviamente, la rotación de espacio alrededor del origen pertenece a estas transformaciones. Una total comprensión del resto de éstas puede ser obtenida considerando aquellas para las cuales y y z permanezcan sin cambios. Dibujamos en la figura 1 la intersección de esta hoja con el plano de los ejes x y t , esto es, el brazo superior de la hipérbola $c^2t^2-x^2=1$ con sus asíntotas. Después dibujamos desde el origen O un radio vector arbitrario OA' de este brazo de la hipérbola; entonces agregamos la tangente al punto A' de la hipérbola para intersectar la asíntota derecha B' ; desde $OA'B'$ completamos

el paralelogramo $OA'B'C'$; finalmente, ya que lo necesitaremos después, extendemos $B'C'$ para inteseccionar el eje de las x en D' . Si ahora consideramos OC' y OA' como ejes para nuevas coordenadas x', t' con la escala de unidades $OC'=1$, $OA'=1/c$, entonces este brazo de la hipérbola también obtiene de nuevo la expresión $c^2t'^2 - x'^2 = 1$, $t' > 0$, y la transición de x, y, z, t a x', y', z', t' es una de las transiciones en cuestión. Estas transformaciones más los arbitrarios desplazamientos del origen del espacio y del tiempo constituyen un grupo de transformaciones que aún dependen del parámetro c y al cual yo llamo G_c .

Si incrementamos c hasta el infinito de tal manera que $1/c$ converja a 0, es claro de acuerdo a la figura que el brazo de la hipérbola tiende más y más hacia el eje de las x , que el ángulo entre las asíntotas se hace más grande, y en el límite esta transformación especial se convierte en una en donde el eje de las t' puede ir en cualquier dirección hacia arriba y x' se aproxima a x cada vez más cercanamente. Tomando esto en cuenta se hace claro que el grupo G_c en el límite $c = \infty$, que es el grupo G_∞ , es exactamente el grupo completo que está asociado con la mecánica newtoniana...

En la gráfica original de su *esquema*, insertada anteriormente, Minkowski establece un sistema básico de dos coordenadas ortogonales en un espacio bidimensional; el eje vertical t representa el tiempo y el eje horizontal x una sola de las tres dimensiones espaciales. En ese diagrama, localiza el *punto mundo* B en las coordenadas $(1(t), 1(x)$, que también “representa” a y z).

En seguida plantea el problema cardinal de la física relativista: la transformación de un sistema de coordenadas en otro, x, y, z, t , que se encuentra en reposo, en x', y', z', t' , que se desplaza a la velocidad v con respecto al primero y, desde luego, la del *punto mundo* B en B' ; esto es, la determinación de la localización espacial y temporal del *punto mundo* B en el sistema de coordenadas x', y', z', t' .

En esta esquematización, queda completamente indefinida la dirección del movimiento del segundo sistema de coordenadas, aunque su punto de partida coincide con el origen del primero. La completa indeterminación de la dirección del

movimiento, que está íntimamente ligada con la falta de especificación de las coordenadas y y z (*un valor determinado de x puede corresponder a un número infinito de valores de t, y y z*), hace imposible cualquier tipo de cambio de coordenadas; no hay manera alguna de fijar las coordenadas de B en términos de las coordenadas del sistema en movimiento.

Supongamos que en su “thought experiment” Minkowski estableció tácitamente la dirección del movimiento del segundo sistema a lo largo del eje de las x del primer sistema. En este caso, x' será por definición igual a $x-vt$, es decir, que la localización de B en x' (B') estará separada de la localización de B en x por la distancia vt que el segundo sistema ha avanzado en la dirección $x-x'$ en el tiempo t . En las luminosas palabras de Minkowski, *la línea mundo* del *punto mundo* B será una línea paralela al eje del tiempo que va desde $(1(x), 0(t))$ hasta $(1(x), 1(t))$ y la *línea mundo del punto mundo* B' será la misma de B pero desplazándose hacia la izquierda en el sistema de coordenadas en reposo.

Del estrafalario sistema de Minkowski, de acuerdo con sus propios conceptos y presuposiciones, a través de los retorcidos vericuetos de su argumentación, lo único que es posible extraer es lo siguiente: el *punto mundo* B posee una determinada naturaleza física y una localización espacio-temporal específica en *el sistema de coordenadas fijas; el sistema de referencia móvil no tiene ninguna influencia, física ni de ningún otro tipo, sobre la cualidad ni la localización de B*.

Minkowski expresa que mediante su esquema se pueden hacer transformaciones de las coordenadas fijas a las coordenadas de cualquier sistema móvil siempre y cuando la velocidad de este último sea menor que la de la luz. En su “thought experiment”, produce un sistema de coordenadas completamente inmaterial, que no está anexado a ningún objeto físico. Este sistema fantasmagórico tiene un desplazamiento *a través* del espacio, lo cual implica que ocupa espacios sucesivos en tiempos consecutivos; el absurdo supuesto de Minkowski es que el incorpóreo sistema se desplaza en un medio material y con su movimiento contrae y dilata las porciones infinitesimales del espacio y el tiempo que recorre en su traslación espacial y temporal. La “hipótesis” de Minkowski requiere necesariamente de un espacio y un tiempo completamente elásticos, que primero se contraen y se dilatan y luego recobran

sus dimensiones normales, una vez que el sistema avanza un tramo infinitesimal en su locomoción. Es en este sentido que Minkowski dice que existen múltiples espacios y tiempos.

...De aquí en adelante tendríamos entonces en el mundo no más el espacio, sino un infinito número de espacios análogamente como hay un infinito número de planos en el espacio tridimensional. La geometría tridimensional viene a ser entonces un capítulo en la física cuatridimensional. Ahora se ve porque dije al principio que el espacio y el tiempo retroceden hasta convertirse en meras sombras y solamente existirá un mundo en sí mismo.

Al igual que su pupilo más conspicuo, Minkowski pretende que el espacio y el tiempo no son lo que la mecánica clásica siempre consideró, sino que tienen una naturaleza distinta, la cual había permanecido oculta para la ciencia hasta que vinieron estos Júpiter

tonantes del relativismo a desvelarla.

En las partes correspondientes de este trabajo hemos dejado establecido reiteradamente lo anticientífico, absurdo y grotesco que es este "concepto" relativista del espacio-tiempo.

Aquí solamente señalaremos que el propósito fundamental de Minkowski es dotar a los aparatos einsteinianos de una vestidura matemático-geométrica pretendidamente científica.

Ya vimos cómo nuestro físico estableció el marco general de su sistema de coordenadas, el cual resultó ser un verdadero fiasco, un disminuido sistema de sólo dos coordenadas, completamente inoperante para representar cualquier fenómeno físico. Posteriormente produjo un sistema de coordenadas metafísico, sin objeto material alguno, al que hizo desplazarse en un espacio real.



limones reales

Desde luego que todo esto es suficiente para desacreditar por completo y sin apelación la geometría minkowskiana, la cual se evidencia así como un gran fraude científico.

Sin embargo, seguiremos analizando detalladamente las restantes proposiciones anticientíficas de Minkowski porque junto con las anteriores constituyen el basamento de la cosmología relativista que tiene su máxima expresión en la teoría del “bing bang”.

Cumplida la primera parte de su edificante tarea, Minkowski se abocó, pertrechado con su enorme poder intelectual, a diseñar la geometría de la transformación del sistema básico en reposo en un sistema móvil, cuyas coordenadas son, respectivamente, x, y, z, t y x', y', z', t' .

La ecuación “canónica” de la transformación de coordenadas lorentzeinsteiniana es, como lo habíamos establecido, la siguiente:

$$x' = \frac{(c - v)t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad t' = \frac{\left(1 - \frac{v}{c}\right)t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Lo que Minkowski intentará en la continuación de su trabajo es dar una forma geométrica a este axioma matemático. Su primer paso en ese sentido es injertar en su modelo básico de coordenadas la representación de la constante c , esto es, de la velocidad de la luz, considerada esta materia en la teoría de la relatividad como lo *absoluto*, como lo único cuyo movimiento no tiene relación con ningún otro, como el único cuerpo “que no da sombra”. Para ello, atribuye una métrica especial a las dos coordenadas: a la del tiempo, le da a cada unidad de medida un valor de 0.00000003333 segundos o de 1 segundo y a la del espacio, de 1 metro o 300,000,000 de metros, de tal manera que las unidades de cada coordenada coincidan exactamente con las de la otra.

Con el pensamiento, que en él es un instrumento poderosísimo, Minkowski hace surgir, desde un punto determinado, dos rayos de luz que se desplazan en sentidos opuestos; la representación geométrica de este ejercicio mental sería, en un sistema de coordenadas tridimensional, una línea sobre el eje de las x , la cual tiene un valor positivo hacia la derecha del origen y negativo hacia la izquierda.

En el derrengado sistema de coordenadas de Minkowski, esos dos rayos se representan como dos líneas, una en cada uno de los cuadrantes superiores, que parten del origen y tienen una inclinación de 45°. Es evidente que estas líneas no representan ninguna realidad física.

Añade después la hoja de una hipérbola cuya ecuación es $t^2/a - x^2/b = 1$, en donde las constantes a y b son las mismas unidades de las coordenadas t y x , por lo que la fórmula queda así: $t^2 - x^2 = 1$.

Esta hipérbola puede ser, en el sistema de Minkowski, el gráfico de la *línea mundo* de un punto mundo en movimiento curvilíneo; sin embargo, no representa nada físico específicamente, ni constituye un elemento geométrico que defina de manera alguna el espacio y el tiempo especiales que el físico está empeñado en mostrar.

En lo que sigue veremos el papel que Minkowski hace desempeñar a este ingenio geométrico en la determinación del sistema de coordenadas x', y', z', t' . En el marco básico de su sistema de coordenadas, una vez colocado el referente geométrico de la constante c (las dos líneas con inclinación de 45°) y la insustancial hoja de hipérbola, Minkowski fija un punto mundo estacionario B cuyas coordenadas son (x, t) . En seguida determina un sistema de coordenadas en movimiento (x', t') , el cual parte del origen y al tiempo t_0 coincide en todas sus partes con el sistema en reposo; el sistema móvil es representado en el sistema en reposo por dos líneas rectas que corresponden, una al eje de coordenadas t' , y otra, al eje x' , las cuales obtiene de una manera muy peculiar: en sus propias palabras, para localizar la coordenada t' “dibujamos desde el origen O un radio vector arbitrario [subrayado por GRE] OA' de este brazo de la hipérbola; entonces agregamos la tangente al punto A' de la hipérbola...”.

El radio vector OA' no es tan arbitrario como pretende Minkowski; en realidad, conforme a la lógica interna de su esquema, es la representación, en el sistema fijo, del desplazamiento del sistema móvil; en el lenguaje “filosófico” del físico, es la *línea mundo* de la estructura de coordenadas en movimiento, la cual define a través de la tangente del ángulo formado por AOA', que es igual a x/t y expresa la velocidad v del sistema móvil. Es claro que de esta manera no se establece el eje t' del sistema móvil, como pretende Minkowski, sino *la línea mundo del sistema como un todo*, y también es evidente que para determinar eso que él llama t' no es necesaria para nada la hoja

de hipérbola, la cual es completamente superflua, pues al mismo resultado se puede llegar con sólo el conocimiento de los valores x y t del sistema móvil en el fijo, con lo cual es posible encontrar la tangente del ángulo O_t-O_x y, por tanto, la velocidad de la estructura.

En resumen, hasta aquí Minkowski nos ha deslumbrado con la configuración del esquema básico de un sistema de coordenadas absolutamente inoperante, mutilado, deforme, caricaturesco, totalmente ineficaz para representar la realidad física, la inclusión en él de dos líneas mundo que simbolizan dos rayos de luz que discurren en sentidos opuestos y que también son por completo innecesarias, la implantación de una figura geométrica desconocida, un hiperboloide de dos hojas que después se degrada a una hoja de hipérbola, la cual es decididamente inaplicable en este caso, la determinación del eje de coordenadas t' mediante el procedimiento de utilizar la velocidad del sistema móvil como la tangente que proporciona la inclinación de t' en relación con t , pero que en realidad sólo da la posición de todo el sistema móvil, y no del eje t' , en el sistema en reposo.

Una vez que Minkowski ha trazado el ficticio eje de coordenadas t' , lo hace intersectar a la hipérbola; después toma el punto de cruce y dibuja la tangente correspondiente. A esta línea le atribuye el carácter de coordenada x' del sistema móvil; a partir de aquí, a una línea paralela a la anterior, que tiene, respecto del eje x del sistema fijo, la misma inclinación que t' con relación a t , le asigna el papel de eje x' del sistema de coordenadas móvil.

La representación del sistema de coordenadas x' , t' en x , t es por entero incongruente con los supuestos básicos de Minkowski (los cuales, hemos demostrado suficientemente, son absolutamente anticientíficos): 1) la *línea mundo* de la traslación del sistema móvil es investida de una naturaleza que de ninguna manera tiene, *ser el eje t'* del mismo; 2) el eje x' es determinado con base en ese eje t' inexistente, por lo cual tampoco tiene entidad alguna. En consecuencia, en esta situación es imposible que el sistema x' , t' se establezca; el principal objetivo de la hipergeometría de Minkowski, esto es, transformar unas coordenadas en otras en las que se represente la supuesta naturaleza distinta del tiempo y el espacio (que el espacio se encoja y el tiempo se dilate) no puede ser logrado de ninguna manera.

La maravilla científica que debería de asombrar al mundo, la desvelación de una naturaleza oculta del tiempo y el espacio, ha desembocado en la invención de un mísero sistema representativo que ni siquiera alcanza a configurar el espacio y el tiempo normales y que, por el contrario, los deforma grotescamente, y en el tejido de un nido de insolubles contradicciones. Minkowski continúa con su deslumbrador “thought experiment” y ahora se afana en la localización geométrica de los eventos B y B’; para ello hace que el punto B esté colocado en (1, 1) de la línea C derecha (que representa un rayo de luz que parte del origen) y B’ en la intersección de la tangente que pasa por el punto A’ de la hipérbola con la misma línea C, de tal manera que $BB'=OB$. El punto B’ tiene las coordenadas A’(t’, que en realidad es $v = x/t$), C’(1’) (que es el conjugado de A’). OB representa la distancia desde el origen hasta el evento B medida por la velocidad de la luz; OB’ la distancia desde el mismo punto de partida al evento B’ (es decir, al mismo evento B pero en su localización respecto al sistema de coordenadas móvil); la sección BB’ es la representación geométrica, según Minkowski, de la transformación de coordenadas de t, x a t', x' ; de esta suerte, de acuerdo con las ecuaciones “canónicas” de la transformación de coordenadas, C’ (x') es

igual a $x - vt \sqrt{\frac{1-v^2}{c^2}}$; $x-vt$ tiene una representación geométrica plenamente identificable en el esquema de Minkowski, aunque éste no lo señale en forma alguna: es la parte de la línea AB que está situada hacia la derecha del punto de cruce con la línea mundo del sistema móvil, esta última erróneamente denominada *eje t'* ; sin embargo, la otra parte de la ecuación, $\sqrt{\frac{1-v^2}{c^2}}$ que es la que determina el paso de x a x' (de B a B’), *no tiene ninguna representación geométrica en el sistema minkowskiano*.

De la totalidad de los fenómenos naturales, a través de sucesivamente mejores aproximaciones, es posible deducir con más precisión un sistema de referencia x, y, z, t , espacio y tiempo, por medio del cual estos fenómenos pueden ser representados de acuerdo con ciertas leyes. Pero este sistema de referencia es no menos ambiguamente determinado por el fenómeno. *Se puede cambiar arbitrariamente el sistema de referencia de acuerdo con las transformaciones del grupo Gc sin cambiar la expresión de las leyes de la*

naturaleza en el proceso (subrayado por GRE).

Por ejemplo, de acuerdo con la figura representada arriba se puede llamar t' al tiempo pero entonces necesariamente, en conexión con esto, definir el espacio por el "múltiple" de tres parámetros x', y, z en los cuales las leyes de la física tendrían entonces exactamente las mismas expresiones ya sea por medio de x', y, z, t' o de x, y, z, t . De aquí en adelante tendríamos no más *el espacio* sino un infinito número de espacios, análogamente como hay un infinito número de planos en el espacio tridimensional. La geometría tridimensional viene entonces a ser un capítulo en la física cuadrimensional. Ahora se ve por qué dije al principio que el espacio y el tiempo retroceden hasta convertirse en meras sombras y solamente existirá un mundo en sí mismo.

Minkowski ha formado un hacinamiento de extraños e inútiles trebejos matemático-geométricos con los cuales pretende establecer una forma general de transformación de las coordenadas de un sistema de referencia fijo en las de uno en movimiento, pero con la restricción de que en este último el espacio y el tiempo sufren necesariamente una alteración que no afecta a las leyes físicas mismas; ordena estos elementos al *buen tun tun* y asevera que ahí se encuentra plenamente manifestada la geometría de esa mutación. Ya vimos anteriormente que con esa *hipergeometría* Minkowsky no habría podido ni siquiera localizar el punto en el que estaba parado. Pero la estulta soberbia relativista primero da por hecho aquello que ni siquiera ha intentado y después se jacta de que aquél no hacer le ha permitido poner a la vista la verdadera naturaleza del tiempo y el espacio, esto es, el *espacio-tiempo*, una sustancia maleable, compuesta por infinitos tiempos y espacios, tantos como transformaciones de coordenadas sea posible hacer.

...Si por cualquier punto mundo x, y, z, t hay una línea mundo que pasa por él y la encontramos paralela a algún radio vector OA' de la previamente mencionada hoja hiperboidal, podemos introducir OA' como un nuevo eje del tiempo y con los nuevos conceptos de espacio y de tiempo así dados, la sustancia en el punto mundo en cuestión aparece en reposo. Ahora queremos introducir este axioma fundamental: con un marco apropiado de espacio y tiempo

la sustancia existente en cualquier punto mundo puede ser siempre considerado como estando en reposo. Este axioma significa que en cualquier punto mundo la expresión:

$$c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

es siempre positiva, lo cual es equivalente a decir que cualquier velocidad v es siempre más pequeño que c . Entonces c sería un límite superior para todas las velocidades sustanciales y este es precisamente el profundo significado de la cantidad c . En este entendimiento el axioma es a primera vista algo desagradable. Se debe notar, sin embargo, que una mecánica modificada, en la cual la raíz cuadrada de esta expresión diferencial de segundo orden entra, está ganando campo, de tal manera que los casos con velocidad superluminal jugarán solamente un papel como el de las figuras con coordenadas imaginarias en geometría.

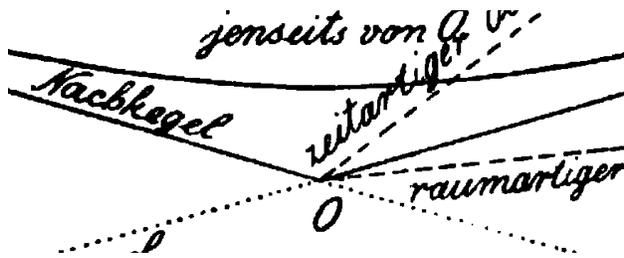
Después de considerar que ha dado cima a su cometido de ilustrar geoméricamente la transformación de coordenadas, con lo que supuestamente habría mostrado en forma gráfica la veracidad de los dislates einsteinianos de la contracción del espacio y la dilatación del tiempo, Minkowski sigue adelante con su misión de revelar los misterios eleusinos del espacio y el tiempo.

A través del postulado del mundo un tratamiento idéntico de las cuatro cantidades identificadas $x, y, z, y t$ es posible. Quiero explicar ahora de qué manera, como resultado de esto, hemos obtenido una mejor comprensión de las formas bajo las cuales las leyes de la física se presentan. Especialmente el concepto de aceleración adquiere un acusado carácter prominente.

Usaré un modo geométrico de expresión, el cual se presenta inmediatamente cuando implícitamente se ignora z en el triple x, y, z . Un punto mundo arbitrario puede ser como el origen del espacio-tiempo. El cono

$$c^2 t^2 - x^2 - y^2 - z^2 = 0$$

con O como el ápice consiste en dos partes, una con valores $t < 0$, y la otra con valores $t > 0$.



“Minkowski2” by Hermann Minkowski - Raum Zeit (Minkowski). Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Minkowski2.png#/media/File:Minkowski2.png>

El primero, el cono de luz del pasado de O consiste, podemos decir, de todos los *puntos mundo* que “envían luz a O”; el segundo, el cono de luz del futuro de O consiste de todos los *puntos mundo* que “reciben la luz de O”. El área limitada únicamente por el cono de luz del pasado puede ser llamada antes de O, mientras que el área limitada solamente por el cono de luz del futuro, después de O. Situada después de O se encuentra la ya considerada hoja hiperboloidal

$$F = c^2t^2 - x^2 - y^2 - z^2 = 1, t > 0.$$

El área entre los conos está llena con las estructuras hiperboloidales de una estructura

$$-F = x^2 + y^2 + z^2 - c^2t^2 = k^2$$

para todos los valores positivos constantes de k^2 .

Esenciales para nosotros son las hipérbolas con O como centro localizadas en las estructuras laterales. Los brazos individuales de estas hipérbolas pueden ser llamados brevemente *hipérbolas internas con centro O*.

Tal hipérbola sería pensada como la línea mundo de un punto sustantivo, el cual representa su movimiento que se incrementa asintóticamente a la velocidad de la luz c para $t = -\infty$ y $t = +\infty$.

Si ahora nosotros llamamos, por analogía con los vectores en el espacio, a una línea directa en el “múltiple” x, y, z, t un vector, tenemos que distinguir entre los vectores como-tiempo, con direcciones desde O a $+F = 1, t > 0$, y los vectores

como-espacio con direcciones desde O a $-F = 1$. El eje del tiempo puede ser paralelo a cualquier vector de la primera clase. Cada punto mundo entre el cono de luz del futuro y el cono de luz del pasado de O puede ser considerado, mediante la elección del sistema de referencia, como simultáneo con O, así como anterior a O ó posterior a O. Cada punto mundo dentro del cono de luz del pasado es necesariamente siempre anterior a O. La transición al límite $c = \infty$ correspondería a un pliegue completo de la sección con forma de cuña entre los conos en el “múltiple” plano $t = 0$. En las figuras esta sección está hecha con diferentes anchos.

Descomponemos cualquier vector, tales como esos desde O a x, y, z, t en cuatro componentes. Si las direcciones de dos vectores son, respectivamente, la de un radio vector OR desde O a una de las superficies $\pm F = 1$, y la de una tangente RS al punto R en la misma superficie, los vectores son llamados normales uno al otro. De acuerdo con esto

$$c^2tt_1 - xx_1 - yy_1 - zz_1 = 0$$

es la condición para que los componentes x, y, z, t y x^1, y^1, z^1, t^1 sean normales uno al otro.

Las unidades de medida de las magnitudes de los vectores en diferentes direcciones pueden ser fijadas asignando siempre al vector como espacio desde O a $-F = 1$ la magnitud 1, y a un vector como tiempo desde O a $+F = 1, t > 0$ la magnitud $1/c$.

Imaginemos un punto mundo P(x, y, z, t) a través del cual pasa la línea mundo de un punto sustantivo; entonces la magnitud del vector como tiempo dx, dy, dz, dt a lo largo de la línea será

$$d\tau = 1/c \sqrt{c^2dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2}$$

La integral $\int d\tau = \tau$ de esta magnitud, tomada a lo largo de la línea mundo desde un punto de partida fijo P_0 al variable punto final P, la llamamos el tiempo propio del punto sustantivo en P. En la línea mundo consideramos x, y, z, t , esto es, los componentes del vector OP, como funciones del tiempo propio τ , denotando sus primeras derivadas con respecto a τ por $\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}, \dot{t}$; sus segundas derivadas con respecto a $\tau, \ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z}, \ddot{t}$, y llamamos a los vectores correspondientes, la derivada del vector OP con respecto a τ el vector de velocidad en P y la

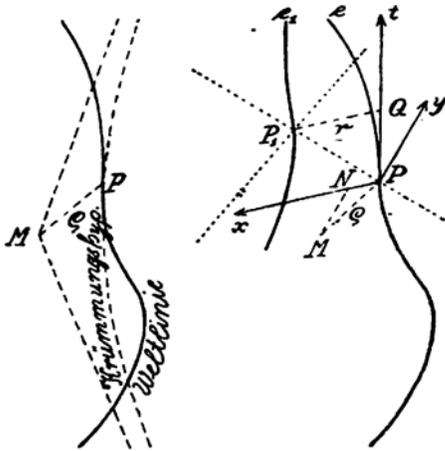
derivada del vector de velocidad con respecto a τ el vector de aceleración en P.
Ya que

$$c^2 t^2 - x^2 - y^2 - z^2 = 0$$

se sigue que

$$c^2 \ddot{t} - \ddot{x}x - \ddot{y}y - \ddot{z}z = 0$$

esto es, el vector de velocidad es el vector como tiempo de magnitud 1 en la dirección de la línea mundo P, y el vector de aceleración en P es normal al vector de velocidad en P, éste, ciertamente, es un vector como espacio. Ahora tenemos, como se puede ver fácilmente, un brazo específico de la hipérbola, el cual tiene tres puntos infinitamente adyacentes en común con la línea mundo en P, y cuyas asíntotas son generadas de un cono de luz del pasado y un cono de luz del futuro (ver figura 3). Este brazo de la hipérbola será llamado la curvatura de la hipérbola en P. Si M es el centro de esta hipérbola, tenemos aquí una hipérbola interna con centro M. Sea p la magnitud del vector MP, así reconocemos el vector de aceleración en P como el vector en la dirección MP de magnitud c^2/p .



"Minkowski34" by Hermann Minkowski - Raum Zeit (Minkowski). Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Minkowski34.png#/media/File:Minkowski34.png>

En esta parte de su disertación, Minkowski utiliza el mismo esquema básico: un sistema fijo bidimensional de coordenadas cartesianas con ejes perpendiculares t (y) (vertical) y x (horizontal). Establece, como punto de partida, de la misma manera que en la argumentación anterior, una figura geométrica tridimensional, en este caso un cono cuyo vértice se encuentra en el origen y su superficie es generada por la rotación del doble triángulo rectángulo que forman el eje t , las coordenadas del eje x y las líneas c colocadas en los dos cuadrantes superiores del sistema, las cuales tienen 45° de inclinación respecto de los dos ejes. En la parte inferior del plano cartesiano el físico coloca una réplica invertida de ese cono y, tras denominar al origen $t = 0$, da a la parte superior el valor $t > 0$ y a la inferior $t < 0$.

La ecuación canónica del cono es $y^2/b^2 + z^2/c^2 = x^2/a^2$; esto quiere decir que cualquier punto del cono es definido por esa relación entre tres coordenadas espaciales. Pero lo que Minkowski propone en su ecuación es una figura inexistente, un cono cuadridimensional que puede ser definido con cuatro coordenadas. Con esa fórmula no es posible localizar ningún punto en cono alguno; no existe uno ni, en general, un sólo cuerpo geométrico, que posea cuatro dimensiones. Cualquier cosa que a Minkowski se le ocurra representar en este par de conos cuadridimensionales que ha inventado quedaría irremediable y totalmente distorsionada; la imagen geométrica sería una monstruosa deformación de la realidad.

Al cono de la parte superior le da Minkowski la denominación de "cono de luz del futuro" y lo define como "todos los puntos mundo que "envían luz a O"; al de la parte inferior le da el nombre de "cono de luz del pasado" y lo reputa como constituido por "todos los puntos mundo que "reciben la luz de O".

En el cono de la parte superior y en los espacios situados entre ambos conos ubica sendas hojas hiperboloidales, también dotadas de cuatro dimensiones, que al igual que el cono, no pueden de manera alguna representar figura geométrica tridimensional alguna.

Llama a estas hojas "hipérbolas internas con centro O" y les concede una importancia extrema en su esquema. Geométricamente las considera como *líneas mundo* que representan un movimiento que

se incrementa asintóticamente a la velocidad de la luz c para $t = -\infty$ y $t = +\infty$. Es una *línea mundo* que viene del pasado, en donde inició su trayectoria con una velocidad que al principio es prácticamente la de la luz y posteriormente desciende hasta alcanzar en $t = 0$ su punto mínimo; desde ahí empieza a incrementarse y se proyecta hasta el futuro, en donde adquirirá de nuevo la velocidad de la luz. Se trata de un movimiento que en su primera parte es constantemente desacelerado y en la segunda constantemente acelerado.

Pero es evidente que estas líneas mundo (hipérbolas internas), no tienen ningún papel aún en el abstruso sistema minkowskiano; son, simple y sencillamente, un elemento incluido con el único propósito de hacer más fastuoso (y también más ininteligible) el esquema de Minkowski.

Esta parte de la “hipergeometría” de Minkowski es muy importante, porque en ella se basa directamente toda la artificiosa construcción, hecha por los paladines de la teoría del “big bang”, de los períodos de la supuesta evolución del universo, desde su origen hasta el estado actual del mismo.

Se califica a esta representación gráfica como un instrumento cognoscitivo que aporta los elementos necesarios (y muy poderosos, se vanaglorian los físicos relativistas) para establecer la verdadera y real causalidad entre los diversos “puntos mundo” (por ejemplo, entre las diversas fases de la evolución del universo).

En esta nueva función del esquema minkowskiano el origen del sistema es un evento determinado; de ahí parten a todos los puntos del plano cartesiano *vectores* que representan



los nopales

los posibles movimientos del suceso mismo o de sus efectos físicos en el espacio-tiempo. Estas traslaciones pueden ser hacia los puntos de los conos superior e inferior y reciben el nombre de vectores “como-tiempo”; o pueden dirigirse hacia los espacios interconos y entonces se les da el apelativo de vectores “como espacio”.

Los vectores “como-tiempo” representan los movimientos, ya sea del mismo suceso o de sus efectos físicos, que tienen una velocidad igual o menor que la de la luz; los vectores “como espacio”, que caen en los interconos, simbolizan aquellas traslaciones con velocidades superiores a las de la luz. Es evidente, conforme a la lógica interna del sistema minkowskiano y a uno de sus postulados fundamentales, el cual expresa que nada se mueve a una velocidad mayor que la de la luz, que los vectores “como espacio” no tienen existencia alguna, son la nada física; sin embargo, contradiciéndose a sí mismo, Minkowski les da el tratamiento de entes físicos.

La causalidad se establece entonces de la siguiente manera: únicamente los movimientos del evento y de sus efectos que parten de $t = 0$ a lo largo de $t > 0$ y se desplazan con velocidades iguales o menores que la de la luz *pueden* producir resultados en el futuro (pueden ser causa de (afectar a, enviar luz a) eventos futuros); igualmente, solamente los movimientos con velocidades iguales o menores que la de la luz y que proceden de $t < 0$ pueden ser causa *de* o afectar *al* evento.

Todo esto no es otra cosa que una grosera tautología. Si los movimientos con velocidades mayores que la de la luz son imposibles físicamente, entonces en la sustancia del mundo las relaciones de la supuesta causalidad entre los eventos únicamente pueden darse a través de desplazamientos con velocidades iguales o menores que la de la luz.

Esta es la profunda verdad que nos prometió Minkowski: un algo *puede* ser la causa de otro algo y algo *puede* ser causado por otro algo, siempre que la influencia causal se ejerza con movimientos que tengan velocidades menores o iguales que la de la luz. El evento está colocado en el centro de una esfera de influencia; este influjo es recibido *de* (cono de luz del pasado) y ejercido *sobre* (cono de luz del futuro) todos los eventos que están contenidos en ese globo.

Esta absoluta indeterminación es calificada por la estulticia relativista como un nuevo y poderoso método del conocimiento, con el cual es posible penetrar en todos los arcanos del mundo, del tiempo y del espacio.

La noción de causalidad propuesta por Minkowski es absolutamente superficial, pues se basa en la relación externa entre los eventos; es totalmente inoperante para describir la realidad, ya que carece del nexo interno fundamental, la necesidad, que define la relación causa y efecto. La causalidad minkowskiana no es tal, sino una enumeración de eventos ordenados de acuerdo con criterios basados en abstrusas fórmulas matemáticas y geométricas erróneamente construidas e ineficaces para reflejar los vínculos entre los eventos.

El concepto de causalidad de Minkowski es definitivamente anticientífico, de un primitivismo e insustancialidad evidentes, muy por debajo de las nociones sobre esta materia desarrolladas por la antiquísima filosofía griega. En realidad, para nada se refiere a la categoría extensamente explorada por la filosofía a lo largo de su historia, sino a una relación completamente superflua entre sucesos indeterminados. Se trata de una “ocurrencia”, una “chanza” que viene a complementar las deleznable “puntadas” y “chirigotas” de su alumno Einstein.

La filosofía, ciencia de las ciencias y *terra ignota* para todos los físicos, pero en especial para los relativistas, con Einstein a la cabeza, llegó, al final de su camino, con la ontología y la dialéctica -ésta, el método científico por excelencia- de Guillermo Federico Hegel, a la plena comprensión de los conceptos de causalidad, accidentalidad, posibilidad, necesidad, etcétera².

² Ver: G.W.F. Hegel, *Ciencia de la Lógica*, traducción directa del alemán de Augusta y Rodolfo Mondolfo. Solar, S.A., Hachette, S.A., Buenos Aires, Argentina, 2a. Edición castellana, 1968, Libro Segundo, La doctrina de la esencia, Tercera sección. La realidad. Segundo Capítulo. La realidad. Accidentalidad. Necesidad relativa. Necesidad absoluta. Tercer capítulo. La relación absoluta. Relación de causalidad. La causalidad formal. La relación de causalidad determinada. Acción recíproca. Pp. 479-505