Crítica crucial de Logunov y Mestvirishvil a la "general relatividad"

Por Alfonso León Guillén Gómez

Investigador científico independiente

aguillen@gmx.net

Colombia, Septiembre 2019

Abstracto

Con base en los varios papeles, 1989-2002, mediante los textos originales, se presenta la crítica, de los matemático-físicos A. Logunov y M. Mestvirishvil, de la "general relatividad" de A. Einstein, paso previo para la elaboración de la teoría relativista de la gravitación de estos autores. Se demuestra concluyentemente que desde las ecuaciones de Einstein-Grossman-Hilbert la gravedad es absurdamente un campo métrico carente de realidad física.

1 Introducción

La que en un tiempo pasado fue llamada teoría general de la relatividad, de la que hoy día sólo se conservan las ecuaciones de Einstein-Grossmann-Hilbert, debido a que los principios que fueron usados como guías para su estructuración, con el tiempo fueron refutados, tratado por grandes filósofos de la ciencia como Norton, Earman y Glymour entre otros [1], proviene de 1907 cuando desde la perspectiva de la relatividad restringida, con base en que las leyes de la naturaleza son independientes del estado del movimiento y en la equivalencia entre las masas inercial y gravitacional, Albert Einstein formuló la equivalencia entre todas las clases de movimientos, es decir, los no sometidos a fuerzas y los que según Newton lo eran como los movimientos acelerado y gravitatorio, aunque, limitado al sistema gravitatorio homogéneo. Por lo tanto, en primer lugar, se trata de ecuaciones acerca del movimiento geodésico de los cuerpos y las partículas. Y, en segundo lugar, de le relatividad generalizada del movimiento aunque paradójicamente restringida a un espaciotiempo vacío de materia.

Recordemos, que de acuerdo al principio de relatividad de Galilei, valido en los marcos inerciales, y adoptado en la relatividad restringida, el movimiento es un efecto de coordenadas, puesto que desde la mecánica, no hay manera cinemática entre dos marcos de referencia, establecer cuál está en reposo. Estará en movimiento relativo aquel que de acuerdo al otro cambia sus coordenadas respecto a su marco, pudiendo afirmarlo ambos.

La generalización de la relatividad hecha por Einstein a todo movimiento: inercial, acelerado y gravitatorio, radica en que cualquier marco acelerado puede considerarse como un marco inercial aunque bajo la acción de un campo gravitatorio homogéneo local y este marco en libre caída como uno inercial. Por lo tanto, los movimientos inercial, acelerado y gravitatorio homogéneo son estados relativos, simple efecto de cambio de coordenadas como si ellos realmente no existieran.

Además, el espaciotiempo, el escenario de tales cambios, en 1907, fue introducido por el matemático Hermann Minkowski, como un modelo matemático, uniendo espacio y tiempo en un continuo tetradimensional, y adoptado por la ciencia de la física, aunque sólo definido operacionalmente no así físicamente, constituyendo una lamentable falla de una ciencia de la naturaleza, que estudia la materia, pero carece de definición de una de sus categorías fundamentales, por lo que la filosofía, la suple entendiéndolo, a través del substancialismo, de acuerdo con las ecuaciones de Einstein-Grossmann-Hilbert, como entidad geométrica, aunque existiendo ensimismo, contenedor de lo existente materialmente; "Todas las cosas son almacenadas en tiempo como orden de sucesión; y en espacio como orden de situación (Newton), o del relacionismo como simple categoría del pensamiento, que expresa geométrica relaciones entre los cuerpos y partículas materiales dinámicas; "Espacio es alguna cosa meramente relativa, como tiempo es. Espacio es un orden de coexistencias, como tiempo es un orden de sucesiones (Leibniz y Clarke).

Consecuencia es que el movimiento es ilusorio, efecto subjetivo siempre de los observadores en sus marcos de referencia respecto a su percepción del cambio espaciotemporal de los otros marcos. Así, las leyes de física de Newton y Maxwell son lo mismo en todos los marcos de referencia independiente de su aparente estado de movimiento como si tal preservación fuera una propiedad geométrica del espaciotiempo.

Einstein fue un absoluto relativista fracasado a diferencia de Newton y Galileo defensores del movimiento absoluto cuya existencia no lograron probar por lo que aceptaron el principio de relatividad aunque sólo valido en los marcos inerciales.

Desde la antigüedad, dos corrientes del pensamiento se han disputado la concepción del movimiento, siendo en una absoluto y en la otra relativo. Entre otros los más notables, en el grupo de los absolutistas fueron Aristóteles y Newton mientras que en el grupo de los relativistas fueron Descartes, Leibniz y Mach.

La gravitación homogénea explica la aceleración que sufren los cuerpos y partículas en un campo gravitatorio pero no su atracción. En septiembre de 1913, Einstein tuvo que introducir el concepto de gravitación extendida delante de la homogénea, que llamó en adelante, gravitación puntual. “Un físico compartiendo nuestro punto de vista puede caracterizar el campo gravitatorio como aparente porque por un adecuado escogencia de un estado de aceleración, él puede conseguir que en un dado punto del espaciotiempo no está presente un campo gravitatorio. Pero es obvio que para campos gravitatorios extendidos este desvanecimiento del campo gravitatorio no puede, en general, lograrse por una transformación. Por ejemplo, no es posible desvanecer el campo gravitatorio de la Tierra por escoger un sistema de referencia apropiado” [2], [3]. Este es un campo gravitatorio permanente que no es equivalente a un marco de referencia acelerado uniformemente. El campo gravitatorio extendido comprende tanto la aceleración como la atracción. Einstein escribió que “La teoría de la relatividad (en el sentido puntual) tiene que ser reemplazada por una teoría más general que contenga la anterior como un caso limitado” [2]. En 1969, el autor desde el enfoque estructuralista de limpiar la “general relatividad” de los prejuicios de Einstein a partir de su cultura, ideología y psicología advirtió: “En su famosa abstracción del ascensor que sube animado de un movimiento uniformemente acelerado resulta que un sistema tal puede ser o no un campo gravitatorio; todo depende de que el observador sé encuentre fuera o dentro del ascensor. La persona que se encuentre dentro del ascensor, no puede determinar si el ascensor se encuentra colgado del cable, en el campo gravitatorio, o si experimenta una aceleración dirigida hacia arriba. En efecto, tanto en un caso como en el otro los objetos caerán del mismo modo al suelo del ascensor. Pero, lo cierto es que los campos de gravitación ni se crean ni se destruyen mediante la transformación del sistema de referencia, existen objetivamente con independencia de la nuestra conciencia y anterioridad a ella. Einstein el empirocriticista rechaza la verdad objetiva y su cognoscibilidad, es decir, si, aún existe la cosa en sí como algo distinto a un mero complejo de sensaciones lo que se rebela al conocimiento es la "'cosa para nosotros"; Einstein fue un idealista filosófico” [4].

Albert Einstein, físico, y Marcel Grossman, matemático, pre-graduados de la sección VI A, especializada en matemáticas, física, y astronomía del departamento VI, Escuela para profesores de matemáticas y ciencia, de la Escuela Politécnica de Zúrich; antiguos compañeros durante los dos primeros años básicos, de los cuatro años en total; ambos Ph.D de la Universidad de Zúrich, trabajaron juntos en Zúrich, entre Agosto 1912 y Marzo 1914, produciendo el mejor resultado científico logrado por Einstein: la teoría Entwurf, que fue presentada en Junio de 1913.

Años atrás, 1908-1909, Minkowski, antiguo profesor de Einstein, introdujo en la relatividad especial el método y pensamiento geométrico [5], quien inspirado en los trabajos de Felix Klein sobre las nuevas geometrías no-euclídeas, en su programa Erlangen los tradicionales instrumentos algebraicos de soporte de la física fueron reemplazados por geométricos. “Minkowski indico que los geómetras se han concentrado sobre la transformación del espacio. Pero ellos han ignorado los grupos de transformación asociados con la mecánica, esos que conectan varios estados inerciales de movimiento. Minkowski procedió a tratar esos grupos en exactamente la misma forma como los grupos geométricos. En particular él construyó la geometría asociada con la transformación de Lorentz. Para empezar no fue la geometría del espacio, sino del espaciotiempo, y la noción del espaciotiempo fue introducida en física casi como producto del programa Erlangen Además él encontró que el espaciotiempo tiene la estructura hiperbólica ahora asociada al espaciotiempo de Minkowski. Desde esta perspectiva geométrica la formulación de una teoría que satisface el principio de relatividad en sistemas inerciales se vuelve trivial. Sólo se requiere formular la teoría en términos de las entidades geométricas del espaciotiempo efecto de los varios tipos de vectores del espaciotiempo por Minkowski definido y la teoría será automáticamente Lorentz covariante" [5]. Posteriormente, en 1915, con la formulación de la general relatividad, al Einstein adoptar el espaciotiempo con la geometría de Riemann geometrizó la gravedad.

El puente entre la especial y general relatividad fue la teoría Entwurf. Entre 1905 y 1907, Einstein como Poincare y Minkowski fracasaron en obtener una teoría relativista de la gravitación, RTG, desde la relatividad especial debido a la imposibilidad de describir el potencial gravitatorio mediante un 4-vector. A esa altura Einstein desconocía los tensores.

En 1912, Grossmann, quien se había desempeñado como profesor de geometría descriptiva, desde el cálculo diferencial absoluto, introducido en 1901 por Gregorio Ricci-Curbastro y Tullio Levi-Civitta, le presentó a Einstein los tensores, nueva poderosa herramienta matemática, con la potencia de poder integrar los principios de equivalencia y relatividad a la vez, dado su propiedad de covariancia, que podría aplicar en el espaciotiempo de Riemann o en el de Minkowski, caso especial del primero cuando el tensor de curvatura $R^{i}_{jkl} = 0$.

El cálculo diferencial absoluto representa las cantidades como objetos geométricos, en ese sentido es complementario del programa Erlangen, "permitiendo que las relaciones entre tales cantidades son válidas en todo marco de referencia" [6], es decir, propiedad de covariancia.

Einstein eligió los tensores aplicados al espaciotiempo de Minkowski puesto que él, como físico, a esa altura entendía que la gravedad extendida era un fenómeno de la energía similar al electromagnético y le era indispensable "que las leyes de conservación sean satisfechas por los procesos materiales y el campo gravitacional tomados juntos. Por lo que demandamos la existencia de la expresión $t_{\mu\nu}$ para los flujos del impulso y energía del campo gravitacional, junto con las correspondientes cantidades $T_{\mu\nu}$ de los procesos materiales" [7]. Además, Einstein ideo el argumento del agujero para justificar la covariancia limitada, que ocurre cuando los tensores son aplicados al espaciotiempo de Minkowsky, por su carencia de universalidad que si posee el espaciotiempo de Riemann, evitando el indeterminismo que resultaría de una covarianza general. Pero, las ecuaciones de la teoría Entwurf fallaron en dar en el límite de la gravedad débil las de Newton y, por otra parte, en astronomía la trayectoria de Mercurio.

La relatividad general surgió no como el desarrollo ulterior de la teoría Entwurf sino de una profunda crisis personal de Einstein, en la dura competencia con el mejor matemático alemán de la época, David Hilbert, iniciada en Julio de 1915, y terminada en Noviembre de 1915, cuando primero Hilbert y 5 días después Einstein entregaron las ecuaciones dando los resultados, que las ecuaciones de la teoría Entwurf no pudieron. Einstein se vio obligado a aplicar los tensores al espaciotiempo de Riemann, la otra alternativa que Grossmann le había dado a Einstein, a costa de renunciar a la materialidad del campo gravitacional, que paso a ser un campo de naturaleza geométrica, carente de realidad física Para ello tuvo que desdecirse del argumento del agujero, para lo cual, con la ayuda del filósofo Moritz Schlick, elaboró "el argumento de la coincidencia punto" con el que el indeterminismo de la covarianza general fue superado. Einstein presentó la general covariancia como la realización del principio general de relatividad. Y sin saber cómo las ecuaciones funcionan.

"Como se señaló hace 90 años por Hilbert (1917), Einstein (1918), Schrodinger (1918) y Bauer (1918) dentro del enfoque de la gravedad geométrica (relatividad general) no hay características tensoras del impulso-energía para el campo de gravedad " [8].

Como en las ecuaciones de Einstein-Grossmann-Hilbert, que fue llamada relatividad general, es imposible obtener un tensor para la energía y el impulso del campo gravitacional que satisface las condiciones:

1. Cuando se agrega a otras formas de energía, la suma se conserva.

2. Es independiente de los sistemas de coordenadas.

A cambio Einstein construyó su pseudotensor que satisface solo la condición de que se conserve la suma; otros físicos han obtenido pseudo tensores similares, siendo notable el de Landau – Lifshitz, pero el problema es que los pseudo tensores solo se comportan como tensores con respecto a transformaciones lineales de marcos de referencia, es decir, los pseudo tensores no son covariantes generales y están confinados en consecuencia al espaciotiempo de Minkowski.

La no localización de la energía de gravedad es hoy la solución estándar utilizada por quienes siguen aferrados a la "general relatividad" pero que causa la gravedad no pueda tratarse de manera cuántica, mientras todos los demás campos son localizables, es decir, detectables.

Por lo tanto, en la "relatividad general", la geometrización de la gravedad no se debió a que Einstein utilizara el cálculo diferencial absoluto, el principio de geometrización o la geometría de Riemann, ni debido a que el tensor métrico codifica o permite obtener todo el conjunto de datos relacionados con la estructura geométrica casual del espacio-tiempo. La gravedad se geometrizó porque el tensor métrico, como campo métrico, también es el mismo campo gravitacional, carente de impulso-energía debido a que no existe el tensor correspondiente generador de impulso-energía $t_{\mu\nu}$, violando la ley de conservación del impulso de energía de la materia y el campo gravitacional, tomados en conjunto. El campo métrico es solo objetos geométricos, en sí mismo sin ningún contenido físico, en particular, como en la relatividad general moderna, el campo gravitacional es la curvatura en una variedad lorentziana (espaciotiempo de Riemann de curvatura positiva), que Wheeler llamó geometrodinámica, o más bien en Einstein los potenciales gravitacionales: "$g_k = -$ (grad $\Theta)_k$, $k = x_1, \ldots x_4$ es decir, $g_{\mu\nu} \leftrightarrow \Theta\ \Gamma^k_{\alpha\beta} \leftrightarrow g_k$" [9].

Paradójicamente la "general relatividad" se restringe a la gravedad extendida que no obedece al principio de equivalencia de Einstein, cuestión reconocida por él mismo en 1913, y lo que es aún más grave, viola la igualdad experimental existente entre masas inercial y gravitacional, puesto que la masa inercial depende de las coordenadas espaciales, careciendo por consecuencia de significado físico, como en 1986 fue demostrado por Logunov y Mestvirishvili.

En 1986, algo más de seis décadas luego del fracaso temprano de Einstein, Poincare y Minkowski de generalizar la relatividad restringida, el grupo de los soviéticos Anatoli Logunov y M. Mestvirishvili retomaron la teoría Entwurf que confrontándola con la "general relatividad" encontraron el gran error de Einstein de la geometrización de la gravedad, que los devolvió a la relatividad restringida, y desde el enfoque de Poincare formularon la RTG, su verdadera generalización, mediante el uso de una estructura dualista del espacio-tiempo: Minkowski - variedad Lorentziana, por supuesto, sin el inconsistente principio de equivalencia de Einstein, manteniendo como primario el espacio-tiempo de Minkowski, con lo cual preservan la ley de conservación de la energía e impulso de la materia y gravedad tomadas ambas, y materializan el campo gravitacional estático, compuesto de gravitones virtuales, generados a partir del tensor de la materia, $T_{\mu\nu}$, más el tensor del campo gravitacional, $t_{\mu\nu}$. A través de la superposición de la variedad secundaria Lorentziana, debido a la presencia del campo gravitacional en el espacio de Minkowski, se conserva el espacio-tiempo curvo, en consecuencia las ecuaciones covariantes generales, necesarias para dar en el límite de la gravedad débil, las ecuaciones de Newton y en su aplicación astronómica la órbita correcta de Mercurio, es decir, un maravilloso resultado del ingenio y la técnica matemática basada en el cálculo diferencial absoluto, cálculo variacional y formalismos de gauge. En 2004, con la colaboración adicional de S.S. Gershtein y N.P. Tkachenko, RTG fue revisado para explicar la expansión acelerada del Universo.

En este trabajo presentamos, de acuerdo con sus textos originales, la crítica de Logunov y Mestvirishvili a la "general relatividad", primero la crítica del principio de equivalencia de Einstein, enseguida la crítica de la violación de la igualdad de las masas inercial y gravitacional y en adelante la crítica de la geometrización de la gravedad. Este bloque de crítica concluyente no ha sido contestado por ninguno de los reconocidos científicos representantes de Einstein. La teoría relativista de la gravitación que Logunov y Mestvirishvili ofrecen como reemplazo de la "general relatividad" aparece aceptada como teoría alternativa.

2 El principio de equivalencia de Einstein

No obstante que el principio de equivalencia fue formulado con el objetivo de servir de guía para la generalización de la relatividad del movimiento sólo es aplicable en ausencia de materia por tanto carente de gravedad, es decir, de la gravedad extendida, precisamente el fenómeno que pretendió explicar la general relatividad.

"En la primera etapa de la creación de su teoría, Einstein utilizó como idea principal la analogía formal entre un campo de fuerzas de inercia y un campo gravitacional. De hecho, estos campos tienen mucho en común en su acción sobre el movimiento mecánico de los objetos; el movimiento de los objetos bajo la acción de un campo gravitacional es indistinguible de su movimiento en un marco de referencia no inercial apropiadamente elegido; en ambos campos, la aceleración de los objetos no depende de su masa o composición. Esto le dio a Einstein las bases para afirmar que la masa gravitacional de un objeto debe ser exactamente igual a la masa inercial del objeto y lo llevó a la formulación del principio de equivalencia (Einstein y Grossmann, 1913):

> La teoría descrita aquí se origina en la convicción de que la proporcionalidad entre la masa inercial y gravitacional de un cuerpo es una ley exacta de la naturaleza que debe ser expresada como un principio fundamental de la física teórica. Intentamos reflejar esta convicción en una serie de documentos anteriores, en los que se hizo un intento de reducir la masa gravitacional a la masa inercial; esta aspiración nos llevó a la hipótesis que físicamente un campo gravitacional (homogéneo en un volumen infinitamente pequeño) puede reemplazarse completamente por un marco de referencia acelerado. Gráficamente, esta hipótesis puede formularse de la siguiente manera: un observador encerrado en un elevador no tiene forma de decidir si el elevador está en reposo en un campo gravitacional estático o si el elevador está ubicado en un espacio libre de gravitación en un movimiento acelerado que es mantenido por fuerzas que actúan sobre el elevador (hipótesis de equivalencia).

Desde el punto de vista de Einstein, la única diferencia entre los campos de fuerzas de inercia y los campos gravitacionales consiste en las diferentes fuentes externas que generan estos campos: la primera se debe a la no inercia del marco de referencia utilizado por el observador y la segunda se genera por objetos materiales. Sin embargo, como Einstein creyó, estos campos tienen un efecto equivalente en todos los procesos físicos y, por lo tanto, en otros aspectos son indistinguibles. Esta declaración creó la ilusión de la posibilidad de excluir el efecto del campo gravitatorio en todos los fenómenos físicos a través de una transformación apropiada de las coordenadas espacio-temporales, por la analogía de la destrucción de campos de fuerzas de inercia.

Sin embargo, las fuerzas de inercia y las fuerzas gravitacionales son completamente diferentes en su origen, ya que para el primero el tensor de curvatura es idénticamente cero, mientras que para el segundo no es cero. En consecuencia, el efecto del primero en todos los fenómenos físicos puede anularse en todo el espacio (globalmente) mediante la transferencia a un marco de referencia inercial, mientras que el efecto de las fuerzas gravitacionales se puede destruir solo en las regiones locales del espacio y no para todos los procesos físicos, pero solo para los más simples, aquellos en cuyas ecuaciones no está presente la curvatura espacio-tiempo.

Por lo tanto, por un lado, el principio de equivalencia es inválido para procesos que involucran partículas con espines más altos porque las ecuaciones para las partículas contienen el tensor de curvatura explícitamente, por otro lado, el principio no puede aplicarse a objetos extendidos, ya que en este caso la desviación de las geodésicas correspondientes a los puntos de borde del objeto se manifiestan. Puesto que, el tensor de curvatura entra en la ecuación de desviación, las fuerzas de inercia y las fuerzas gravitacionales no son equivalentes para los movimientos mecánicos de un objeto extendido.

Por lo tanto, el principio de equivalencia, entendido como la posibilidad de excluir el campo gravitatorio en una región infinitesimal no es correcto, ya que, no hay una manera en que podemos excluir la curvatura del espacio (si no es cero) seleccionando un apropiada marco de referencia, incluso dentro de una precisión dada. Además, los campos gravitacionales y los campos de fuerza de inercia no tienen efectos similares en todos los procesos físicos.

Es cierto que debe observarse que posteriormente Einstein reconsideró su punto de vista sobre el principio de equivalencia y no insistió en la equivalencia completa de campos de fuerzas de inercia y campos gravitacionales, señalando que los primeros (marcos de referencia no inerciales) constituyen un caso particular de campos gravitacionales que satisfacen la condición de Riemann $R^{i}_{nml} = 0$. Einstein escribió (1949):

> Hay un tipo especial de espacio cuya estructura física (campo) puede presumirse como precisamente conocida sobre la base de la teoría especial de la relatividad. Este es un espacio vacío sin campo electromagnético y sin materia. Está completamente determinado por su propiedad métrica: Sea dx_0, dy_0, dz_0, y dt_0 las diferencias de coordenadas de dos infinitesimalmente puntos cercanos (eventos); entonces
>
> (1) $ds^2 = dx_0{}^2 + dy_0{}^2 + dz_0{}^2 – c^2dt^2$
>
> es una cantidad medible que es independiente de la elección especial del sistema inercial. Si se introducen en este espacio las nuevas coordenadas x_1, x_2, x_3 y x_4, a través de una transformación general de coordenadas, entonces la cantidad ds^2 para el mismo par de puntos tiene la forma
>
> (2) $ds^2 = \sum g_{ik} dx^i dx^k$
>
> (sumatoria para i y k de 1 a 4), donde $g_{ik} = g_{ki}$. Las g_{ik} que forman un tensor simétrico y son funciones continuas de x_1,… x_4, luego describen de acuerdo con el principio de equivalencia un campo gravitacional de un especial clase, a saber, uno que se puede volver a transformar en la forma (1).
>
> A partir de las investigaciones de Riemann sobre espacios métricos, las propiedades matemáticas de este campo g_{ik} se pueden dar exactamente (condición de Riemann). Sin embargo, lo que se busca son las ecuaciones satisfechas por los campos gravitacionales generales. Es natural suponer que ellos también pueden describirse como campos tensoriales del tipo g_{ik} que, en general, no admiten la transformación a la forma (1), es decir, que no satisfacen la condición de Riemann, pero son condiciones más débiles, que, solo en la condición de Riemann, son independientes de la elección de coordenadas (es decir, generalmente son invariantes). Una simple consideración formal conduce a condiciones más débiles que están estrechamente relacionadas con la condición de Riemann. Estas condiciones son las mismas ecuaciones del campo gravitatorio puro (fuera de la materia y en ausencia de un campo electromagnético).

Por lo tanto, Einstein alteró el significado físico del principio de equivalencia, aunque este hecho aparentemente pasó desapercibido para muchos.

Al crear la teoría general de la relatividad, Einstein se guio totalmente por el principio de equivalencia en su redacción inicial, que por lo tanto jugó un papel heurístico en la construcción de la teoría (Einstein y Grossmann, 1914):

> Toda la teoría se originó sobre la base de la convicción de que en un campo gravitacional todos los procesos físicos ocurren de la misma manera que en ausencia

de un campo gravitacional pero en un apropiado sistema de coordenadas acelerado (tridimensional) (hipótesis de equivalencia).

Como en aquellos días, gracias al descubrimiento de Minkowski, se sabía que a diferentes marcos de referencia corresponden métricas diferentes (generalmente fuera de la diagonal) del espacio-tiempo, Einstein y Grossmann, 1913, concluyeron que el tensor métrico del espacio-tiempo de Riemann debe tomarse como la variable de campo para el campo gravitacional y que este tensor está determinado por la distribución y el movimiento de la materia. De esta manera surgió la idea de un vínculo entre la materia y la geometría del espacio-tiempo.

Partiendo de estos supuestos, Einstein y Grossmann intentaron establecer intuitivamente la forma de las ecuaciones que vinculan los componentes del tensor métrico del espacio-tiempo de Riemann con el tensor de impulso-energía para la materia. Después de numerosos intentos fallidos, Einstein encontró tales ecuaciones a fines de 1915. Un poco antes, Hilbert, 1915, llegó a las mismas ecuaciones (su razonamiento se basó en principios variacionales), llamaremos a estas ecuaciones las ecuaciones de Hilbert-Einstein.

Cabe señalar que el tensor métrico del espacio-tiempo de Riemann no puede servir como una característica del campo gravitacional porque su comportamiento asintótico depende de la elección del sistema de coordenadas tridimensional (espacial)" [10].

3. La masa inercial en "general relatividad"

Las ecuaciones de Einstein-Grossmann-Hilbert violan la equivalencia entre las masas inercial y gravitacional, establecida experimentalmente, con una gran exactitud, en repetidos experimentos, y en que precisamente se basa el principio de equivalencia de Einstein, debido a que de acuerdo con dichas ecuaciones la masa inercial es efecto de las coordenadas espaciales, en la variedad lorentziana, por lo tanto, sin significado físico.

"Einstein consideró la igualdad de la masa inercial y gravitacional de un objeto como una ley exacta de la naturaleza, una ley que debe encontrar su reflexión en su teoría. En la actualidad, se da por sentado en "general relatividad" que la masa gravitacional de un sistema que consiste en materia y campo gravitacional es igual a la masa inercial del sistema. Dichas declaraciones están contenidas en los trabajos de Einstein, 1918, Tolman, 1934 y Weyl, 1923. Posteriormente, la "prueba" de esta declaración con varias alteraciones fue realizada por otros autores (ver Landau y Lifshitz, 1975, Misner, Thorne y Wheeler, 1973, y Metier, 1952). Sin embargo, la declaración es errónea. Siguiendo a Denisov y Logunov, 1982, ahora demostraremos esto.

Einstein, 1918, definió la masa gravitacional M de un sistema físico arbitrario que está en reposo con respecto a un sistema de coordenadas de Schwarzschild- galileano (en el infinito), como la cantidad que es el factor del término - $2G / c^2r$ en la expresión asintótica (cuando $r \to \infty$) para el componente g_{00} del tensor métrico del espacio-tiempo de Riemann:

$g_{00} = 1 - 2G/c^2r\ M$

Tolman, 1934, dio una definición algo diferente:

$$M = c^2/4\pi G \int R^0_0 \sqrt{-g} dV \qquad (3.1)$$

Estas definiciones implican directamente que la masa gravitacional es invariante bajo transformaciones de coordenadas tridimensionales, ya que tanto el componente del tensor de Ricci R^0_0 y el componente g_{00} del tensor métrico se transforman como un escalar.

Para el caso de una fuente estática esféricamente simétrica, estas definiciones son equivalentes.

$$R^0_0 = g^{0i} \left| \partial/x^l \Gamma^l_{0i} - \partial/\partial x^0 \Gamma^p_{pl} + \Gamma^n_{0i}\Gamma^p_{np} - \Gamma^n_{pl}\Gamma^p_{n0} \right|$$

Las transformaciones de identidad producen

$$R^0_0 = 1/\sqrt{-g}\ \partial/x^\alpha (\sqrt{-g}\, g^{0n}\Gamma^\alpha_{0n}) - g^{0i}\ \partial/x^0\ \Gamma^n_{ni}$$

$$-½\ \Gamma^0_{ni}\ \partial g^{ni}/\partial x^0 + 1/\sqrt{-g}\ \partial/x^0 (\sqrt{-g}\, g^{0n}\Gamma^0_{0n}) \qquad (3.2)$$

Dado que para los sistemas estáticos se pueden ignorar los últimos tres términos en el lado derecho de (3.2), (3.1) produce

$$M = c^2/4\pi G\ § \ dS_\alpha \sqrt{-g}\, g^{0n}\Gamma^\alpha_{0n} \qquad (3.3)$$

Dado que lejos del sistema estático, su métrica se puede describir, con una precisión dada, por la métrica de Schwarzschild, (3.3) asume la forma

$$M = -\ c^2/8\pi G \lim_{r\to\infty} §\ dS_\alpha g^{00}\sqrt{-g}\ \partial/x^\alpha\ g_{00} \qquad (3.4)$$

El integrando en (3.1) es un escalar para todas las transformaciones del sistema de coordenadas tridimensional, lo que significa que la masa gravitacional M es independiente de la elección de coordenadas. En las coordenadas de Schwarzschild, (3.4) asume la forma

$$M = c^2/2G \lim_{r\to\infty} (r^2\partial g_{00}/r) = c^2/2G \lim_{r\to\infty} \left| r^2\ \partial/\partial r\ (1 - 2G/c^2 r\ M) \right|$$

Por lo tanto, la masa gravitacional de cualquier sistema estático, de acuerdo con la definición de Tolman, es el factor - $2G/c^2r$ en la expresión asintótica para la sustancia componente g_{00} del tensor métrico del espacio-tiempo de Riemann. Por lo tanto, para los sistemas estáticos, las definiciones de masa gravitacional dadas por Einstein y Tolman coinciden.

Einstein relacionó estrechamente el concepto de la masa inercial de un sistema físico en ”general relatividad“ con la idea de la energía del sistema (Einstein, 1918):

> ... la cantidad que hemos interpretado como energía juega el papel de masa inercial, de acuerdo con la teoría especial de la relatividad.

Dado que Einstein sugirió calcular la energía de un sistema dentro del marco de la ”general relatividad“ con la ayuda de pseudo tensores de impulso-energía, la masa inercial se calcula sobre la base de (2.11).

$$m_i = 1/c\ P^0 = 1/c^2 \int (-g)(T^{00} - t^{00})\ dV = 1/c^2\ §\ h^{00a}\ dS_a \qquad (2.11)$$

Ahora definimos de acuerdo con (2.11) la masa inercial de una fuente esférica simétrica de campo gravitacional y estudiamos cómo se transforma la masa inercial bajo transformaciones de coordenadas. En coordenadas cartesianas isotrópicas, la métrica del espacio-tiempo de Riemann tiene la forma

$g_{00} = (1 - r_g / 4r)^2 / (1 + r_g / 4r)^2 \qquad g_{\alpha\beta} = \gamma_{\alpha\beta} (1 + r_g / 4r)^4$ (3.5)

donde r_g - $2GM/c^2$. Estas coordenadas son asintóticamente galileas, ya que las siguientes estimaciones son verdaderas cuando $r \to \infty$:

$g_{00} = 1 + O (1/r) \qquad g_{\alpha\beta} = \gamma_{\alpha\beta} |1 + O (1 /r)|$ (3.6)

Si empleamos los componentes covariantes de la métrica (3.5), entonces (2.12)

$h^{ikl} = c^4 g_{km}/16\pi G \, \partial/\partial x^m \, |-g(g^{ik}g^{ml} - g^{il}g^{mk})|$

produce

$h^{oo\alpha} = - c^4/16\pi g \, \partial/\partial x^\beta \, |g_{11}g_{22}g_{33}g^{\alpha\beta}|$

Sustituyendo esto en (2.10),

$P^i = 1/c \, \S \, h^{0ia} dS_a = const$ (2.10)

teniendo en cuenta el hecho de que

$dS_\alpha – x_\alpha /r \, r^2 \, sen\theta \, d\theta \, d\varphi$ (3.7)

e integrando sobre una superficie infinitamente distante, obtenemos

$P^0 = c^3/16\pi G \, limite_{\, r \to \infty} \, r^2 \int x_\alpha/r \, |\partial/\partial x^\beta \, -g_{11}g_{22}g_{33}g^{\alpha\beta}| \, sen\theta \, d\theta \, d\varphi$ (3.8)

Por lo tanto, el componente P^0 es independiente del componente g_{00} del tensor métrico del espacio-tiempo de Riemann. Combinando (3.5), (3.8) y

$\partial/\partial x^\beta \, f(r) = x^\beta /r \;\; \partial/r \, f(r)$ (3-9)

donde $r^2 = - x_\alpha x^\alpha$, llegamos a la siguiente expresión para el componente P^0 de impulso-energía:

$P^0 = c^3 rg / 2G = Mc$ (3.10)

el hecho es que masa inercial" coincide con la masa gravitacional que dio bases para afirmar que también son iguales en “general relatividad”. Landau y Lifshitz, 1975 (p. 334), escribieron:

> ….$p^\alpha = 0$, $P^0 = Mc$, un resultado que naturalmente era de esperar. Es una expresión de la igualdad de la masa "gravitacional" e "inercial" (la masa "gravitacional" es la masa que determina el campo gravitacional producido por el cuerpo, la misma masa que aparece en el tensor métrico en un campo gravitacional, o, en particular, en la ley de Newton; la masa "inercial" es la masa que determina la relación de energía e impulso del cuerpo; en particular, la energía en reposo del cuerpo es igual a esta masa multiplicada por c^2).

Sin embargo, esta declaración y declaraciones similares hechas por Einstein, 1918, y otros autores (ver Eddington, 1923, Misner, Thorne y Wheeler, 1973, Mailer, 1952 y Tolrnan, 1934) son erróneas. Como se puede demostrar fácilmente, la "energía" de un sistema y, por lo tanto, la "masa inercial" del mismo sistema, (2.11), no tienen un significado físico porque su magnitud depende de la elección del sistema de coordenadas tridimensional. De hecho, un requisito básico que cualquier definición de masa inercial debe satisfacer es la independencia de esta cantidad de la elección del sistema tridimensional de coordenadas; esto es válido para cualquier teoría física. Pero en ”general relatividad“ la definición (2.11) de "masa inercial" no cumple con este requisito.

Demostraremos, por ejemplo, que en el caso de una solución de Schwarzschild, la "masa inercial" (2.11) asume un valor arbitrario dependiendo de la elección del sistema de coordenadas tridimensional. Con este fin, transferimos desde las coordenadas cartesianas tridimensionales $x^\alpha c$ a otras coordenadas x^α_N vinculadas a las coordenadas anteriores mediante la siguiente fórmula:

$$x^\alpha c = x^\alpha_N \mid 1 + f(r_N) \mid \qquad (3.11)$$

donde $r_N = (x^2_N + y^2_N + Z^2_N)^{1/2}$, f (r_N) es una función no singular arbitraria que obedece las condiciones

$$f(r_N) \geq 0, \lim_{rN \to \infty} f(r_N) = 0, \lim_{rN \to \infty} r_N \; \partial/\partial r_N f(r_N) = 0 \qquad (3.12)$$

Es fácil ver que la transformación (3.11) corresponde a un cambio en la aritmética de los puntos del espacio tridimensional a lo largo del radio, $r_c = r_N \mid 1 + f(r_N) \mid$. Para la transformación (3.11) a tener un inverso y ser uno a uno, es necesario y suficiente que

$$\partial r_c/\partial r_N = 1 + f + r_N f' > 0.$$

Dónde

$$f' = \partial/\partial r_N f(r_N)$$

Entonces el jacobiano de esta transformación también será distinto de cero:

$$J = \det \mid \partial x_c/\partial x_N \mid = (1 + f)^2 \partial r_c/\partial r_N \neq 0$$

específicamente, la función

$$f(r_N) = \alpha^2 (8GM/c^2 r_N)^{1/2} \mid 1 — \exp (- \varepsilon r_N) \mid \qquad (3.13)$$

con números arbitrarios α y ε no iguales a cero, satisface cada uno de los requisitos anteriores. Si permitimos (3.13), obtenemos

$$\partial r_c/\partial r_N = 1 + \alpha^2 (8GM/c^2 r_N)^{1/2} \mid ½ +(\varepsilon^2 r_N – ½) \exp (- \varepsilon^2 r_N) \mid > 0$$

que muestra que r_c es una función monótona de r_N. Es fácil verificar que $f(r_N)$ es una función no singular no negativa en todo el espacio. El jacobiano de la transformación en este caso es estrictamente mayor que la unidad:

$$J = (1 + f)^2 \partial r_c/\partial r_N > 1$$

Por lo tanto, la transformación (3.11) con la función $f(r_N)$ definida a través de (3.13) tiene una transformación inversa y es uno a uno.

Obviamente, la transformación (3.11) no cambia el valor de la masa gravitacional (3.1). Ahora calcularemos el valor de la "masa inercial" (2.11) en términos de las nuevas coordenadas x_α^N. Aplicando la ley de transformación de tensor al tensor métrico,

$$g^N{}_{ni} = \partial x^l{}_c/\partial x^n{}_N \quad \partial x^m{}_c/\partial x^i{}_N \, g^c{}_{ml} \;\; |x_c(x_N)| \qquad (3.14)$$

podemos encontrar los componentes de la métrica de Schwarzschild (3.5) en términos de nuevas coordenadas. El resultado es

$$g_{00} = | 1- r_g/4r_N(1+f) |^2 \, | 1+ r_g/4r_N(1+f) |^{-2} \qquad (3.15)$$

$$g_{\alpha\beta} = | 1+ r_g/4r_N(1+f) |^4 \{ y_{\alpha\beta} (1 + f)^2 - x^N{}_\alpha \, x^N{}_\beta \, | (f')^2 + 2/r_N \, f' \, (1 + f) | \}$$

El determinante del tensor métrico (3.15) es

$$g = g_{00} \, | 1+ r_g/4r_N(1+f) \,{}^{12} \;\; (1 + f)^4 \, | (1 + f)^2 + r^2{}_N \, (f')^2 + 2r_N f'(1 + f) | \qquad (3.16)$$

Debe notarse especialmente que la métrica (3.15) es asintóticamente galileana:

$$\lim_{rN \to \infty} g_{00} = 1 \; \lim_{rN \to \infty} g_{\alpha\beta} = y_{\alpha\beta}$$

En el caso particular donde la función f es especificada por (3.13) y r_N se envía al infinito, la métrica del espacio-tiempo de Riemann tiene el siguiente comportamiento asintótico:

$$g_{00} \approx 1+ 0 \, (1/r_N), \; g_{\alpha\beta} = y_{\alpha\beta} \, (1 + 0 \, (1 / r_N{}^{1/2}) \qquad (3.17)$$

Para los componentes covariantes de la métrica (3.15) tenemos

$$g_{00} = g_{00}{}^{-i}, \; g_{\alpha\beta} = y_{\alpha\beta} A + x_N{}^\alpha x_N{}^\beta B \qquad (3.18)$$

donde hemos introducido la notación:

$$A = (1 + f)^{-2} \, | 1 + r_g / ar_N \, (1 + f) |^{-4}$$

$$B = r_N \, (f')^2 + 2f' \, (1 + f) / \{ r_N \;\; | 1 + r_g / ar_N \, (1 + f) |^{-4} \; (1 + f)^2 \, | (1 + f)^2 + r^2{}_N \, (f')^2 + 2r_N f'(1 + f) | \}$$

Sustituyendo (3.16) y (3.18), se obtiene:

$$\begin{aligned} P^0 = c^3/16\pi G \lim r^2{}_N \, {}_{N\to\infty} \, J \, x^N{}_\alpha/r_N \;\; \partial/\partial x^\beta{}_N \{ \, & y_{\alpha\beta}(1+f)^2 \;\; | 1 + r_g/4r_N(1 +f)|^8 \\ & X \;\; | (1+f^2) + r^2{}_N \, (f')^2 + 2r_N f' \, (1 + f) | \\ & + \; x^N{}_\alpha \, x^\beta{}_N / r^2{}_N \;\; (1 + f)^2 \;\; |1 + r_g/4r_N(1 +f)|^8 \\ & X \;\; |r^2{}_N \, (f')2 + 2 \, r_N \, f' \, (1 + f) |\} \, dV \end{aligned}$$

En vista de la validez de (3.9) esto produce

$$P^0 = c^3/2G \lim r_{N\to\infty} \, J \, r^3{}_N \, (f')^2 \, (1+f)^2 \;\; | 1 + r_g/4r_N(1 +f)|^8$$

$+ r_g (1+f)^2 \ (1+f+r_N f') \mid 1 + r_g/4r_N(1+f)\mid^7 \}$ (3.19)

Teniendo en cuenta la expresión asintótica (3.12) para f, finalmente obtenemos (ver Moller, 1965):

$$P_0 = c^3 / 2G \lim_{rN \to \infty} \{ r_g + r^3 N (f'^2) \} \quad (3.20)$$

Por lo tanto, la "masa inercial" depende esencialmente de la velocidad a la que f' tiende a cero como $r_N \to \infty$. Específicamente, si tomamos la función $f(r_N)$ en la forma (3.13), de (3.20) obtenemos

$$m_1 = M (1 + \alpha^4) \quad (3.21)$$

Por lo tanto, para la "masa inercial" (2.11) de un sistema que consiste en materia y campo gravitacional, podemos obtener en ”general relatividad“ cualquier número fijo $m_1 \geq M$ dependiendo de la elección del sistema de coordenadas espaciales debido a la arbitrariedad de α, mientras que el masa gravitacional M (3.1) de este sistema y, en consecuencia, los tres efectos de ”general relatividad“ permanecen inalterados. Tenga en cuenta también que en el caso de transformaciones más complejas de las coordenadas espaciales que dejan la métrica asintóticamente galileana, la "masa inercial" (2.11) del sistema puede asumir cualquier valor fijo, tanto positivo como negativo.

Por lo tanto, vemos que en ”general relatividad“ el valor de la "masa inercial", un concepto introducido por Einstein y luego utilizado por muchos autores (por ejemplo, ver Eddington, 1923, Landau y Lifshltz, 1975, Misner, Thorne y Wheeler, 1973, Mailer , 1952, y Tolman, 1934), depende de la elección del sistema tridimensional de coordenadas y, por lo tanto, no tiene ningún significado físico. Por lo tanto, la afirmación de que "masa inercial" es igual a la masa gravitacional en la teoría de Einstein tampoco tiene significado físico.

La igualdad tiene lugar en una clase estrecha de sistemas de coordenadas tridimensionales, y dado que la "masa inercial" (2.11) y la masa gravitacional (3.1) obedecen a diferentes leyes de transformación, una transición a otros sistemas tridimensionales de coordenadas da como resultado una violación de esta igualdad.

Más que eso, tal definición de "masa inercial" en ”general relatividad“ no obedece al principio de correspondencia con la teoría de Newton. De hecho, dado que la "masa inercial" m_1 en la teoría de Einstein depende de la elección del sistema tridimensional de coordenadas, su expresión en el caso general de un sistema de coordenadas tridimensional arbitrario no se transforma en la expresión apropiada en la teoría de Newton, en el que la "masa inercial" no depende de tal elección. Por lo tanto, ”general relatividad“ no contiene ningún límite newtoniano clásico y, por lo tanto, no satisface el principio de correspondencia. Esto implica que ”general relatividad“ no solo es lógicamente contradictorio desde el punto de vista de la física sino también contradice directamente los datos experimentales sobre la igualdad de la masa inercial y masa gravitacional activa.

Entonces, ¿por qué no se llegó a las conclusiones mencionadas anteriormente y las conclusiones necesarias? Aparentemente, la respuesta es que Einstein se enfocó en el problema del impulso-energía en ”general relatividad“ y después de estudiarlo asumió que había logrado encontrar una solución que fuera definitiva en la misma medida que en la mecánica clásica. Algo más tarde, Klein, 1918, confirmó matemáticamente las ideas de Einstein. Las conclusiones de Einstein sobre el impulso-energía de un sistema se repiten casi sin variación hasta el día de hoy (por ejemplo, ver Landau y Lifshitz, 1975). Los estudios de estos destacados científicos crearon la creencia de que en” general relatividad “el problema del impulso-energía había sido resuelto. Todo esto, por supuesto, dificultó la realización de un análisis detallado y llegando a conclusiones básicas. Pero nuestros hallazgos están completamente en desacuerdo con los de Einstein y Klein. ¿Por qué? Porque el trabajo de Einstein y Klein contiene un error. Los dos no notaron que la cantidad J_σ con la que operaron es simplemente un cero idéntico. Este simple error es muy importante, porque destruye completamente las conclusiones de Einstein.

Analicemos esta pregunta con mayor detalle. Con este fin, presentamos el razonamiento de Einstein y analizamos su esencia. Einstein, 1918, escribió:

> ... Deseo demostrar aquí que con la ayuda de la ecuación. (1) los conceptos de energía e impulso pueden establecerse tan claramente como en la mecánica clásica. La energía y el impulso del sistema cerrado se definen completamente independientemente de la elección de un sistema de coordenadas, siempre que el movimiento del sistema (como un todo) con respecto al sistema de coordenadas sea fijo: por ejemplo, la "energía en reposo "de cualquier sistema cerrado no depende de la elección del sistema de coordenadas.
>
> ... Seleccionemos un sistema de coordenadas para que todos los elementos lineales (0, 0, 0, dx_4) tengan forma como tiempo y todos los elementos lineales (dx_1, dx_2, dx_3, 0) sean espaciales; entonces la cuarta coordenada se puede llamar en cierto sentido el "tiempo".
>
> Para que podamos hablar de la energía y el impulso de un sistema, las densidades de energía e impulso deben desaparecer fuera de una región definida B. Esto solo ocurrirá si fuera de B los componentes g_{uv} son constantes, es decir, cuando el sistema en cuestión es, por así decirlo, inmerso en un "espacio galileo", y empleamos "coordenadas galileanas " para describir los alrededores del sistema. La región B tiene dimensiones infinitas en la dirección del eje del tiempo, es decir, intersecta cualquier hiperplano x_4 = constante. La sección de B por un hiperplano x_4 = constante está acotada en todos los lados. Dentro de B no puede haber un "sistema de coordenadas galileano"; la elección de coordenadas dentro del B está limitada por una condición natural, a saber, que las coordenadas deben pasar continuamente a las coordenadas fuera de B. A continuación consideremos algunos sistemas de coordenadas de este tipo, es decir, sistemas que coinciden fuera de B.
>
> Las leyes integrales de conservación de la energía y el impulso se pueden obtener de la ecuación. (1) por integración con respecto a x_1, x_2, x_3, sobre la región B. Dado que en los límites de esta región todo U^v_σ se desvanece, tenemos
>
> (3) $d/dx_4 \mid \int U^4_\sigma dx_1dx_2dx_3 \mid = 0$

> Estas cuatro ecuaciones expresan, creo, las leyes de conservación del impulso (σ = 1, 2, 3) y la energía (σ = 4). Denotemos la integral en la ecuación. (3) por J_σ. Ahora, indico que J_σ no depende de la elección de coordenadas para ningún sistema de coordenadas que fuera de B coincida con uno y el mismo sistema galileano.

Además señaló:

> Por lo tanto, a pesar de la libre elección de coordenadas dentro del B, la energía o masa en reposo del sistema constituye una cantidad definida con precisión que no depende de la elección del sistema de coordenadas. Esto es aún más notable porque gracias a la naturaleza no tensor de U^v_σ no se puede dar una interpretación invariable de los componentes de la densidad de energía.

Este razonamiento de Einstein contiene un error simple pero fundamental. Para verificar esto, escribimos la ecuación de Hilbert-Einstein en la forma

$$U^v_\tau = T^v_\tau + t^v_\tau = \partial_u \sigma^{u}{}_{\tau}{}^{v} \qquad (3.22)$$

donde $\sigma^{u}{}_{\tau}{}^{v} = - \sigma^{v}{}_{\tau}{}^{u}$ es la densidad de un pseudotensor antisimétrico. Sustituyendo Eq. (3.22) en la expresión para el 4-impulso de un sistema aislado, obtenemos

$$J_\tau = \int dV\, U^4_\tau = \int dV \partial_u \sigma^{u}{}_{\tau}{}^{4} = \int dS_k \sigma^{k}{}_{\tau}{}^{4} \qquad (3.23)$$

La fórmula (1) en el artículo de Einstein corresponde a la ecuación. (2.5) aquí.

$$\partial/\partial x^k \,|{-g}(T^{ik} - \tau^{ik})| = 0 \qquad (2.5)$$

Dado que la superficie de integración S se encuentra fuera de B, es decir, en una región donde todos los componentes del tensor g_{uv} son constantes, el $\sigma^{u}{}_{\tau}{}^{4}$ desaparece en todas partes en S. Esto se deduce directamente de la expresión (2.14) para $\sigma^{u}{}_{\tau}{}^{4}$. Por lo tanto, (3.23) implica que J_τ = 0. Esto es lo que ni Einstein ni Klein (ni otros) notaron. Tampoco entendieron la idea correcta y profunda de Hilbert, 1917 (véase la Introducción) de que en ”general relatividad“ simplemente no hay leyes de conservación ordinarias para la energía y el impulso. Todo lo que siguió se completó con el dogmatismo y la fe que durante más de medio siglo canonizaron la general relatividad, elevándola a una verdad indiscutible.

$$\sigma^{ni}{}_{k} = c^4 g_{km}/6\pi G\sqrt{-g}\; \partial/\partial x^l \,|{-g}(g^{mi}g^{nl} - g^{mn}g^{il}| \qquad (2.14)$$

Últimamente Faddeev, 1982, ha declarado que en ”general relatividad“ el formalismo hamiltoniano permite resolver el problema del impulso-energía del campo gravitacional. Pero Denisov y Logunov, 1982, y Denisov y Solov'ev, 1983, han demostrado que esta afirmación es errónea e indica que el autor no comprende la esencia del problema.

A veces se dice que dentro del marco de ”general relatividad“ el tensor del campo gravitacional impulso-energía se puede construirse reemplazando las derivadas ordinarias en la expresión para el pseudotensor con derivadas covariantes con respecto a "la métrica de Minkowski". Estas declaraciones, sin embargo, son erróneas. En ”general relatividad“, en contraste con RTG, donde el espacio-tiempo de Minkowski ocupa el centro del escenario, no puede haber coordenadas cartesianas globales y, por lo tanto, en principio no podemos decir qué forma tiene la métrica de Minkowski y^{ik} en "general relatividad" para una solución dada a las ecuaciones de Hilbert-Einstein. Dos soluciones de las ecuaciones de Hilbert-Einstein, digamos, (3.5) y (3.15), donde una se obtiene de la otra transformando solo las coordenadas espaciales, tienen el mismo estado y pueden, a nuestra elección, referirse a una y la misma métrica y^{ik}. Pero esto sugiere directamente que para cada una de estas soluciones tendremos diferentes valores de la energía del sistema. Esto significa que la energía de un sistema depende de la selección de las coordenadas espaciales, lo que carece de sentido físico. Tales declaraciones erróneas todavía se pueden encontrar en la literatura (por ejemplo, ver Ponomarev, 1985)" [10].

4 La gravedad carente de realidad física

El fenómeno más universal de la naturaleza, puesto que afecta a todo lo existente en el Universo, carece de realidad física por ser en la GRT un simple campo métrico.

4.1 El campo gravitatorio descrito por el tensor métrico carece del tensor de impulso-energía

Al no existir el tensor de impulso-energía del campo gravitatorio se violan las leyes físicas fundamentales de la naturaleza de conservación de impulso-energía e impulso angular.

"La Teoría de la Relatividad General (GRT) de Einstein, cuyas ecuaciones básicas fueron construidas por Hilbert y Einstein en 1915, abrió una nueva etapa en la investigación de los fenómenos gravitacionales. Pero aunque bastante exitosa, esta teoría desde el primer impulso de su existencia encontró dificultades principales para determinar las características físicas del campo gravitatorio y, como consecuencia, para formular leyes de conservación de impulso-energía.

Einstein entendió claramente la importancia fundamental de las leyes de conservación de impulso-energía, además, consideró, que un tensor total de materia y campo gravitatorio en conjunto debería ser la fuente del campo gravitatorio. Por lo tanto, en 1913, escribió que

> "el tensor del campo gravitatorio t_{uv} es una fuente del campo junto con el tensor de los sistemas materiales T_{uv}. Una posición exclusiva de la energía del campo gravitacional en comparación con otras formas de la energía debe llevar a consecuencias inadmisibles".

En el mismo trabajo, Einstein llegó a la conclusión de que

> "en un caso general, el campo gravitatorio se caracteriza por diez funciones espacio-temporales",

componentes del tensor métrico del espacio riemanniano g_{uv}. Sin embargo, aferrándose a construir la teoría, Einstein no logró que el tensor de la materia y el campo gravitatorio fuera la fuente del campo, ya que en lugar del tensor del campo gravitatorio en la GRT surgió un pseudotensor en el espacio riemanniano.

En 1918, Schrodinger demostró que, bajo una elección adecuada del sistema de coordenadas, todas las componentes del pseudotensor de impulso-energía del campo gravitacional fuera de la fuente esféricamente simétrica pueden convertirse en cero. A este respecto, Einstein escribió:

> "En cuanto a las consideraciones de Schrodinger, son muy convincentes debido a su analogía con la electrodinámica donde las tensiones y la densidad de energía de cualquier campo son diferentes de cero. Sin embargo, no puedo encontrar la razón, por qué debemos tener el mismo estado de cosas para los campos gravitacionales. Los campos gravitacionales se pueden dar, sin introducir tensiones y densidad de energía".

Como vemos, Einstein abandonó el concepto del campo clásico de tipo Faraday-Maxwell, que poseía una densidad de impulso-energía en lo que se refería al campo gravitatorio, aunque dio un paso importante al relacionar el campo gravitatorio con una cantidad tensorial. Einstein tomó un tensor métrico del espacio de Riemann g_{uv} como tal cantidad. A Einstein le pareció bastante natural esta tendencia de pensamiento, ya que su punto de vista sobre el campo gravitatorio se formó bajo la influencia del principio de equivalencia para las fuerzas de inercia y gravitación, introducido por él mismo:

> "... para un dominio infinitesimal siempre se puede elegir las coordenadas de tal manera, que el campo gravitatorio estaría ausente de ella".

Hizo hincapié en esta idea varias veces, por ejemplo, en 1923, escribió:

> "Para cualquier vecindario infinitesimal de un punto en un campo gravitatorio arbitrario, siempre podemos señalar un sistema de coordenadas local en tal estado de movimiento, que no habría campo gravitatorio en este sistema local (sistema inercial local)".

De esta manera surgió una noción de que el campo gravitatorio no podía ser localizado. La presencia del pseudotensor de impulso-energía es, en opinión de Einstein, en completa correspondencia con el principio de equivalencia.

Sin embargo, la declaración anterior de Einstein no se cumple, de hecho, en GRT, ya que el tensor de curvatura del espacio riemanniano debe considerarse aquí como una característica física del campo.

Por lo tanto, de acuerdo con GRT, la materia (todos los campos de sustancias, excepto el gravitatorio) se caracteriza por el tensor de impulso-energía, y el campo gravitacional se caracteriza por el tensor de curvatura de Riemann. En este caso, si el primero posee el segundo rango, el segundo tiene el cuarto rango, es decir, de hecho, aparece una diferencia principal entre las características de la materia y el campo gravitatorio en la GRT.

La introducción del pseudo tensor de impulso-energía del campo gravitatorio no ayudó a Einstein a conservar las leyes de conservación de impulso-energía en su teoría. Este hecho fue claramente entendido por Hilbert. En relación con esto, escribió en 1917:

> "afirmo que para la teoría de la relatividad general, es decir, en el caso de la invariancia general de la función hamiltoniana, no existen ecuaciones de energía, que ...

correspondan a las ecuaciones de energía en las teorías ortogonales-invariantes, también podría subrayar esta circunstancia como rasgo característico de GRT ".

En virtud de la ausencia de un grupo de diez parámetros de espacio-tiempo de movimiento en GRT, en principio, uno no puede introducir en él las leyes de conservación de impulso-energía e impulso angular como las que tienen lugar en cualquier otra teoría física. Estas leyes son las fundamentales en la naturaleza, ya que simplemente introducen las características físicas universales para todas las formas de materia que permiten considerar cuantitativamente la transformación de una forma de materia en otras." [11].

4.2 La conservación de impulso-energía en GRT

En la GRT no se conserva el impulso-energía del sistema total compuesto por el campo gravitatorio y los campos materiales existentes en la naturaleza.

"En todas las teorías físicas que describen las diversas formas de materia, una de las características de campo más importantes es la densidad de tensor de impulso-energía, que generalmente se obtiene variando la densidad del campo Lagrangian L_g sobre los componentes g_{mn} del tensor métrico de espacio-tiempo.

Esta característica refleja la existencia del campo: un campo físico existe en una determinada región del espacio-tiempo si y solo si la densidad del tensor de impulso-energía no es cero en la región. El impulso-energía de cualquier campo físico contribuye al tensor total de impulso-energía del sistema y no se desvanece completamente fuera de la fuente del campo. Esto permite considerar el transporte de energía en forma de ondas en el sentido de Faraday y Maxwell, es decir, podemos estudiar la distribución de la fuerza del campo en el espacio, determinar los flujos de energía a través de las superficies, calcular el cambio en el impulso-energía en procesos de emisión y absorción, y realizar otros cálculos de energía.

En GRT, sin embargo, el campo gravitacional no posee las propiedades inherentes a otros campos físicos ya que carece de tal característica. De hecho, en la teoría de Einstein, la densidad lagrangiana consta de dos partes: la densidad lagrangiana de campo gravitacional $L_g = \surd\text{-}g\ R$. que depende solo del tensor métrico g_{mn}, y la densidad Lagrangiana material $L_m = L_m (g_{mn}, \Phi_A)$, que depende del tensor métrico g_{mn} y los otros campos materiales Φ_A. Por lo tanto, en la teoría general de la relatividad de Einstein, el g_{mn} tiene un doble significado: son variables de campo y al mismo tiempo componentes del tensor métrico del espacio-tiempo.

Como resultado de dicho dualismo físico-geométrico, la densidad del tensor simétrico total de impulso-energía (la variación de la densidad lagrangiana sobre los componentes del tensor métrico) prueba coincidir con las variables de campo (la variación de la densidad lagrangiana sobre los componentes del campo gravitacional). El resultado es que la densidad del tensor simétrico total de impulso-energía del sistema (campo más materia) es exactamente cero:

$$T^{ni} + T^{ni}_{g} = 0 \qquad (4.0)$$

donde $T^{ni} = -\ 2\partial L_M/\partial g_{ni}$ es la densidad del tensor simétrico de impulso-energía de la materia (aquí por materia nos referimos a todos los campos materiales excepto el gravitacional), y

$T^{ni}{}_g = - 2\partial L_g/\partial g_{ni} = -c^4 \sqrt{-g} / 8\pi \{R^{ni} – ½ g^{ni} R\}$

Ecuación (4.0) también implica que todos los componentes de la densidad del tensor simétrico de impulso-energía del campo gravitacional $T^{ni}{}_g$, se desvanecen en todas partes fuera de la materia.

Por lo tanto, estos resultados por sí solos implican que el campo gravitacional en la teoría general de la relatividad de Einstein no posee las propiedades inherentes a otros campos físicos, ya que fuera de su fuente el campo gravitacional carece de la característica física principal, el tensor de impulso-energía.

Una característica física de un campo gravitacional en la teoría de Einstein es el tensor de curvatura de Riemann $R^i{}_{klm}$. Que tenemos una comprensión clara de esto se lo debemos a Synge, 1960:

> Si aceptamos la idea de que el espacio-tiempo es un cuatro-espacio riemanniano (y si somos relativistas debemos hacerlo), entonces seguramente nuestra primera tarea es sentirlo como los primeros navegantes tuvieron que sentir un océano esférico. Y lo primero que tenemos que sentir es el tensor de Riemann, ya que es el campo gravitacional, si desaparece, y solo entonces, no hay campo. Sin embargo, por extraño que parezca, este elemento más importante ha sido puesto en un segundo plano.

Y además señala:

> En la teoría de Einstein, o hay un campo gravitacional o no hay ninguno, según el tensor de Riemann no desaparece o desaparece. Esta es una propiedad absoluta; no tiene nada que ver con la línea del mundo de ningún observador.

La ausencia de tal comprensión conduce a la incomprensión de la esencia de la teoría de Einstein.

Por lo tanto, dado que el campo gravitacional se caracteriza únicamente por el tensor de curvatura, no podemos introducir en GRT una característica física más simple de este campo, digamos, el pseudotensor de impulso-energía con el resultado de que en la teoría de Einstein los pseudo tensores de impulso-energía no lo son, en principio, relacionado con la existencia de un campo gravitacional. Esta afirmación tiene el estado de un teorema cuyo corolario es la posibilidad de tales situaciones en GRT cuando el tensor de curvatura no es cero, es decir, existe un campo y, sin embargo, el pseudo tensor de impulso-energía desaparece, y viceversa, el tensor de curvatura desaparece pero el pseudo tensor impulso-energía no es cero. Por lo tanto, los cálculos que involucran pseudo tensor impulso-energía carecen de todo significado.

La teoría general de la relatividad de Einstein vincula la materia y el campo gravitacional en una sola entidad; mientras que el primero se caracteriza, como en otras teorías, por un tensor de momento-energía, es decir, un tensor de segundo rango, el segundo se caracteriza por el tensor de curvatura, que es un tensor de cuarto rango. Debido a las diferentes dimensiones de las características físicas del campo gravitacional y la materia en la teoría de Einstein, se deduce directamente que no puede haber (en GRT) ninguna ley de conservación que vincule la materia y el campo gravitacional. Este hecho fundamental, establecido en Denisov y Logunov, 1980, y Hilbert, 1917, significa que la teoría de Einstein se construyó a expensas de repudiar las leyes de conservación de la materia y el campo gravitacional tomados en conjunto.

Otra característica física de un campo gravitacional en GRT, el tensor Ricci, refleja más la capacidad de un campo gravitacional para cambiar el impulso-energía de la materia, es decir, refleja la acción que un campo gravitacional tiene sobre la materia, pero no proporciona información sobre la energía fluida llevada por una onda. Como resultado, no hay posibilidad en la teoría de Einstein de estudiar la distribución de la fuerza de un campo gravitacional en el espacio, de determinar los flujos de energía transportados por las ondas gravitacionales a través de una superficie, etc. Que los científicos que operan dentro del marco GRT pueden, al emplear la idea de los pseudo tensores, encontrar cantidades conservadas para la materia y el campo gravitacional en su conjunto constituye un profundo engaño.

De hecho, en GRT la relación inicial para obtener leyes de conservación es la identidad

$$\partial_n (T^i_n + t^i_n) = 0. \qquad (4.1)$$

Si la materia se concentra solo en un volumen V, la ecuación. (4.1) implica que

$$d/dx^0 = \int(T^0_i + t^0_i)\, dV = -\S t^a_i\, dS_a \qquad (4.2)$$

En la actualidad existe una serie completa de soluciones exactas al vacío de las ecuaciones de Hilbert-Einstein para las cuales las tensiones t^a_0 son nulas en todas partes (ver Brdicka, 1951, Rudakova, 1971, Shirokov, 1970, y Shirokov y Budko, 1967). En consecuencia, para soluciones de onda exactas a las ecuaciones de Hilbert-Einstein que anulan los componentes del pseudo tensor de impulso-energía, la ecuación. (4.2) produce

$$d/dx^0 \int(T^0_0 + t^0_0)\, dV = 0$$

es decir, la energía de la materia y el campo gravitacional dentro de V se conserva. Esto significa que no hay flujo de energía desde V hacia afuera y, por lo tanto, no puede haber acción en los cuerpos de prueba ubicados fuera de V. Esta conclusión se deduce de la teoría de Einstein.

Sin embargo, las soluciones de onda exactas a las ecuaciones de Hilbert-Einstein que anulan los componentes del pseudo tensor de impulso-energía dan como resultado un tensor de curvatura distinto de cero R^i_{klm}, por lo tanto, en vista de la ecuación

$$\partial^2 n^i/\partial s^2 + R^i_{klm} u^k u^l n^m = 0 \qquad (4.3)$$

donde n^i es un vector de desviación geodésica infinitesimal, y $u^i = dx^i/ds$ es el 4-vector de velocidad, las ondas de curvatura actúan sobre los cuerpos de prueba que se encuentran fuera de V y cambian la energía de estos cuerpos. Así, partiendo de dos relaciones diferentes pero exactas de la teoría general de la relatividad de Einstein, llegamos a conclusiones físicas mutuamente excluyentes.

Para comprender la razón de estas conclusiones contradictorias, analicemos con más detalle el formalismo de los pseudo tensores de impulso-energía en la teoría de Einstein.

Como t^{ni} es un pseudo tensor, al seleccionar un sistema apropiado de coordenadas podemos anular todos los componentes de t^{ni} en cada punto del espacio. Este hecho solo plantea dudas sobre la interpretación de t^{ni} como tensiones y densidad de impulso-energía del campo gravitacional.

Por lo general, se dice a este respecto (véase Mailer, 1952) que la energía del campo gravitacional en GRT no puede en principio ser localizada, es decir, que una distribución local de la energía de un campo gravitacional no tiene un significado físico ya que depende de la elección del sistema de coordenadas y que solo la energía total de los sistemas cerrados puede estar bien definida. Pero tal afirmación tampoco resiste las críticas.

De hecho, una distribución local de la "energía" del campo gravitacional definida a través de cualquier pseudotensor de impulso-energía depende de la elección del sistema de coordenadas y puede anularse en cualquier punto del espacio, lo que generalmente se interpreta como la ausencia de un campo gravitacional "densidad de energía" en este punto. Pero un campo gravitacional descrito por el tensor de curvatura no puede ser anulado pasando a ningún sistema de coordenadas admisible. Por lo tanto, debido a que las ondas de curvatura actúan sobre procesos físicos, tampoco podemos afirmar que en un determinado sistema de coordenadas el campo gravitacional sea nulo.

Esto se ve más claramente si tomamos el ejemplo de las soluciones de onda exactas para las cuales los componentes del pseudo tensor de impulso-energía desaparecen en todas partes, mientras que las ondas de curvatura no. Y viceversa, en el caso del espacio-tiempo plano, cuando el tensor g_{ni} métrico del espacio-tiempo de Riemann es igual al tensor métrico y_{ni} del pseudo euclídeo espaciotiempo, los componentes de los pseudo tensores pueden no desaparecer aunque no hay campo gravitacional y todos los componentes del tensor de curvatura son cero en cualquier sistema de coordenadas.

Por ejemplo, en el sistema esférico de coordenadas en el espacio-tiempo pseudo euclidiano donde

$R^i_{klm} = 0$, $g_{00} = 1$, $g_{tt} = -1$, $g_{\theta\theta} = - r^2$, $g_{\varphi\varphi} = -r^2 \text{ seno}^2\theta$

tenemos la siguiente fórmula para el componente del pseudo tensor de Einstein (véase Bauer, 1918):

$t^0_0 = - 1/8\pi \text{ seno } \theta$

Está claro que $t^0_0 < 0$ y que el campo gravitacional total “energía” en este sistema de coordenadas es infinito.

El pseudotensor Landau-Lifshitz en este caso demuestra una distribución diferente de "energía" en el espacio:

$(- g)\, t^0_0 = - r^2/8\pi\, (1 + 4 \text{ seno}^2\theta)$.

Los ejemplos recién discutidos muestran que los pseudo tensores de impulso-energía en la teoría de Einstein no sirven como características físicas del campo gravitacional y, por lo tanto, no tienen significado físico” [10] .

4.3 Los pseudo tensores de impulso-energía del campo gravitacional en la GRT

A cambio del tensor de impulso-energía t_{uv} para el campo gravitatorio de la teoría Entwurf, en la GRT, Einstein introdujo su pseudo tensor, que se puede obtener desde el pseudo tensor de Landau-Lifshitz, y que ha dado lugar a otros pseudo tensores alternativos como los de Lorentz y otros.

"Einstein creía que en GRT el campo gravitacional junto con la materia debe obedecer una ley de conservación de algún tipo (Einstein, 1914):

> ... no hace falta decir que debemos exigir que la materia y el campo gravitacional tomados en conjunto satisfagan las leyes de conservación de energía y momento.

En su opinión, este problema se había resuelto completamente sobre la base de "leyes de conservación" que utilizaban el pseudotensor de impulso-energía como la característica de impulso-energía del campo gravitacional. La línea común de razonamiento que conduce a tales "leyes de conservación" es la siguiente (Landau y Lifshitz, 1975). Si las ecuaciones de Hilbert-Einstein se escriben como

$$(-c^4 / 8\pi G)\, g\, \{R^{ik} - ½\, g^{ik} R\} = -gT^{ik} \qquad (2.1)$$

donde $g = \det g^{ik}$, R^{ik} es el tensor de Ricci y T^{ik} el tensor de impulso-energía para la materia, entonces el lado izquierdo se puede representar como la suma de dos cantidades no covariantes:

$$(-c^4 / 8\pi G)\, g\, \{R^{ik} - ½\, g^{ik} R\} = \partial/\partial x^l\ h^{ikl} + gt^{ik} \qquad (2.2)$$

donde $t^{ik} = t^{ki}$ es el pseudotensor de impulso-energía de campo gravitacional, y $h^{ikl} = h^{ilk}$ el pseudotensor de espín. Esto transforma las ecuaciones de Hilbert-Einstein (2.1) en una forma equivalente

$$-g(T^{ik} - t^{ik}) = \partial/\partial x^l\ h^{ikl} \qquad (2.3)$$

En vista del hecho obvio de que

$$\partial^2/\partial x^k \partial x^l\ h^{ikl} = 0 \qquad (2.4)$$

Las ecuaciones de Hilbert-Einstein (2.3) producen la siguiente ley de conservación diferencial:

$$\partial/\partial x^k\ |-g(T^{ik} - \tau^{ik})| = 0 \qquad (2.5)$$

que formalmente es similar a la ley de conservación para el impulso-energía en la electrodinámica. De acuerdo con GR, esta ley es válida para cualquier elección de coordenadas x^k, para una cosa, coordenadas esféricas (t, r, θ, φ). Pero en el último caso (2.5) siempre conducirá a resultados físicamente sin sentido. Por lo tanto, las ecuaciones. (2.1) en coordenadas arbitrarias siempre conducen a (2.5), que no tiene significado físico.

De acuerdo con esta analogía, el "flujo" de energía gravitacional a través del área superficial elemental dS_a se define en GRT así:

$$dI = c\,(-g)\, t^{0a}\, dS_a$$

Tomando una esfera de radio r como la superficie de integración ($dS_a = - r^2 n_a d\Omega$), llegamos a la fórmula para la "intensidad" de la energía gravitacional por unidad de ángulo sólido:

$$dI/d\Omega = -cr2\ (- g)\ t^{0a} n_a \tag{2.6}$$

La fórmula (2.5) también se usa en GRT para derivar "leyes de conservación integrales para el momento-energía" de la materia y el campo gravitacional tomados en conjunto. Aquí generalmente (ver Einstein, 1918b, y Landau y Lifshitz, 1975) (2.5) se integra sobre un volumen definido y luego se supone que la materia fluye a través de la superficie que limita el volumen de integración es cero. El resultado es

$$d/dt \int (-g)(T^{0i} - t^{0i})\ dV = -\S\ (-g) t^{ai} dS_a \tag{2.7}$$

Einstein, 1918b, supuso que el lado derecho de (2.7) en i = 0 es "con seguridad la pérdida de energía por el sistema material" y, por lo tanto,

$$-dE/dt = -\S\ (-g) t^{ai} dS_a \tag{2.8}$$

En ausencia de "flujos de momento de energía" de campo gravitacional a través de la superficie que limita el volumen de integración, la ecuación (2.7) produce la siguiente ley de conservación de "impulso-energía" en el sistema:

$$P^i = 1/c \int (-g)(T^{0i} - t^{0i})\ dV = \text{const} \tag{2.9}$$

Mediante las ecuaciones de Hilbert-Einstein (2.3), la ley (2.9) se puede reescribir de la siguiente manera:

$$P^i = 1/c\ \S\ h^{0ia}\ dS_a = \text{const} \tag{2.10}$$

Einstein, 1918, creía que las cuatro cantidades P^i constituyen la energía (i = 0) y el impulso (f = 1, 2, 3) de un sistema físico. Por lo general, se afirma a este respecto (ver Landau y Lifshitz, 1975) que

> Las cantidades P^i (los cuatro momentos de campo más materia) tienen un significado completamente definido y son independientes de la elección del sistema de referencia para solo en la medida en que sea necesario sobre la base de consideraciones físicas.

Sin embargo, esta afirmación es errónea como fue demostrado en el numeral 3.

Sobre la base de tal definición del "momento de energía" de un sistema que consiste en materia y campo gravitacional, el siguiente concepto de masa inercial m_i del sistema se introduce en GR:

$$m_i = 1/c\ P^0 = 1/c^2 \int (-g)(T^{00} - t^{00})\ dV = 1/c^2\ \S\ h^{00a}\ dS_a \tag{2.11}$$

También se pueden obtener expresiones similares a (2.5) - (2.11) si las ecuaciones de Hilbert-Einstein se escriben en términos de componentes mixtos:

$$\sqrt{-g}\ (T^n{}_i - t^n{}_i) = \partial_m \sigma^{mn}{}_i$$

La elección de los pseudo tensores de impulso-energía de campo gravitacional dependía en gran medida de la preferencia de los diferentes autores y, por regla general, se llevó a cabo sobre la base de propiedades secundarias. Por ejemplo, si tomamos la forma

$$h^{ikl} = (c^4/16\,\pi G)\,(\partial/\partial x^m)\,|-g(g^{ih}g^{ml}-g^{il}g^{mk})| \quad (2.12)$$

se obtiene el pseudo tensor simétrico de Landau-Lifshitz, que contiene solo las primeras derivadas del tensor métrico

$$\begin{aligned}\tau^{ik} = c^4/16\pi G\,\{&(2\Gamma^n{}_{ml}\Gamma^p{}_{np} - \Gamma^n{}_{ml}\Gamma^p{}_{mn} - \Gamma^n{}_{nl}\Gamma^p{}_{mp})\,(g^{il}g^{mk} - g^{ik}g^{ml})\\ &+ g^{il}g^{mn}(\Gamma^k{}_{lp}\Gamma^p{}_{mn} - \Gamma^k{}_{mn}\Gamma^p{}_{lp} - \Gamma^k{}_{np}\Gamma^p{}_{ml} - \Gamma^k{}_{ml}\Gamma^p{}_{np})\\ &+ g^{kl}g^{mn}(\Gamma^i{}_{pl}\Gamma^p{}_{mn} - \Gamma^i{}_{mn}\Gamma^p{}_{lp} - \Gamma^k{}_{np}\Gamma^p{}_{ml} - \Gamma^i{}_{ml}\Gamma^p{}_{np})\\ &+ g^{ml}g^{np}(\Gamma^i{}_{nl}\Gamma^k{}_{mp} - \Gamma^i{}_{ml}\Gamma^k{}_{np})\}\end{aligned} \quad (2.13)$$

Si se asume que

$$\sigma^{ni}{}_k = c^4 g_{km}/6\pi G\sqrt{-g}\ \partial/\partial x^l\,|-g(g^{mi}g^{nl} - g^{mn}g^{il}| \quad (2.14)$$

se obtiene el pseudo tensor de Einstein

$$\begin{aligned}\tau^i{}_k = c^4\sqrt{-g}\,/16\pi G\ \{&-2\Gamma^i{}_{ml}\Gamma^l{}_{kp}g^{mp} + \Gamma^l{}_{ml}\Gamma^m{}_{kp}g^{ip} + \Gamma^l{}_{ml}\Gamma^i{}_{kp}g^{mp} + \Gamma^l{}_{kl}\Gamma^i{}_{mp}g^{mp}\\ &- \Gamma^l{}_{kl}\Gamma^p{}_{mp}g^{mi} - \sigma^i{}_k\,|g^{mp}\Gamma^l{}_{mp}\Gamma^n{}_{nl} - g^{nl}\Gamma^p{}_{ml}\Gamma^m{}_{pn}|\}\end{aligned} \quad (2.15)$$

que coincide con el pseudo tensor canónico de impulso-energía obtenido de la densidad lagrangiana de campo gravitacional no covariante

$$L_g = \sqrt{-g}\ g^{li}\ |\Gamma^n{}_{pi}\Gamma^p{}_{nl} - \Gamma^n{}_{li}\Gamma^p{}_{np}|$$

en

$$\sigma^{ni}{}_k = c^4\sqrt{-g}\,/16\pi G\ g^{mi}g^{nl}\ |\partial_i\, g_{km} - \partial_m\, g_{ki}| \quad (2.16)$$

del que obtenemos el pseudotensor de Lorentz

$$\tau^i{}_k = c^4\sqrt{-g}\,/16\pi G\ |\partial_k\Gamma^l{}_{pl}g^{pi} - \partial_k\Gamma^i{}_{mp}\,g^{mp} - \sigma^i{}_k\ R| \quad (2.17)$$

que coincide con el pseudo tensor canónico de impulso-energía obtenido mediante el método de desplazamiento infinitesimal no covariante a partir de la densidad covariante lagrangiana del campo gravitacional $L_g = \sqrt{-g}R$" [10].

4.4 El campo gravitacional carente de realidad física

Debido a que el campo gravitacional es un campo métrico no tiene realidad física, interrumpiendo la cadena de transformaciones que en la naturaleza existe entre los demás campos físicos.

“Desde nuestro punto de vista, no está permitido considerar un campo métrico como el campo gravitatorio, ya que esto contradice la esencia misma del concepto de campo como realidad física. Por lo tanto, es imposible estar de acuerdo con el siguiente razonamiento de A. Einstein:

> “El campo gravitacional “existe” con respecto al sistema K' en el mismo sentido que cualquier otra cantidad física que pueda definirse en un determinado sistema de referencia, aunque no exista en el sistema K. No hay nada extraño aquí, y puede demostrarse fácilmente con el siguiente ejemplo tomado de la mecánica clásica. Nadie duda de la "realidad" de la energía cinética, ya que de lo contrario sería necesario renunciar a la energía en general. Sin embargo, está claro que la energía cinética de los cuerpos depende del estado de movimiento del sistema de referencia: por una elección apropiada de este último es evidentemente posible proporcionar la energía cinética del movimiento uniforme de un cuerpo determinado para asumir, en un determinado momento, un valor positivo o cero. En el caso especial, cuando todas las masas tienen igual valor y velocidades igualmente orientadas, es posible, mediante una elección apropiada del sistema de referencia, hacer que la energía cinética total sea igual a cero. En mi opinión la analogía es completa”.

Como vemos, Einstein renunció al concepto de campo clásico, como el campo de Faraday-Maxwell que posee densidad de impulso-energía, en relación con el campo gravitatorio. Precisamente este camino lo llevó a la construcción de GRT, y a que la energía gravitatoria no es localizable, con la introducción del pseudotensor del campo gravitatorio. Si el campo gravitatorio se considera un campo físico, entonces, al igual que todos los demás campos físicos, se caracteriza por el tensor de tensor de impulso-energía $t_{\mu\nu}$. Si en algún marco de referencia, por ejemplo, K', existe un campo gravitatorio, esto significa que ciertos componentes (o todos ellos) del tensor $t_{\mu\nu}$ difieren de cero. El tensor $t_{\mu\nu}$ no puede reducirse a cero por una transformación de coordenadas, es decir, si existe un campo gravitatorio, entonces representa una realidad física, y no puede ser aniquilado por una elección de sistema de referencia. No es correcto comparar tal campo gravitatorio con energía cinética, ya que este último no se caracteriza por una cantidad covariante. Cabe señalar que tal comparación no es admisible, también, en GRT, ya que el campo gravitacional en esta teoría se caracteriza por el tensor de curvatura de Riemann. Si difiere de cero, entonces el campo gravitacional existe, y no puede ser aniquilado por una elección de sistema de referencia, incluso localmente.

Los sistemas de referencia acelerados han desempeñado un importante papel heurístico en el trabajo creativo de A. Einstein, aunque no tienen nada que ver con la esencia de GRT. Al identificar los sistemas de referencia acelerados con el campo gravitatorio, A. Einstein llegó a percibir el tensor métrico del espacio-tiempo como la característica principal del campo gravitatorio. Pero el tensor métrico refleja tanto las propiedades naturales de la geometría como la elección del sistema de referencia. De esta manera surge la posibilidad de explicar la fuerza de la gravedad de forma cinemática, reduciéndola a la fuerza de inercia. Pero en este caso es necesario renunciar al campo gravitatorio como campo físico. Los campos gravitacionales (como escribió A. Einstein en 1918) pueden establecerse sin introducir tensiones y densidad de energía". Pero eso es una pérdida grave, y uno no puede consentir en ello.

Sorprendentemente, incluso en 1933 A. Einstein escribió:

> “En la teoría de la Relatividad especial, como lo muestra H. Minkowski, esta métrica era cuasi euclidiana, es decir, la "longitud" ds^2 de un elemento lineal representaba una cierta función cuadrática de la coordenada diferenciales. Si, por otro lado, se introducen nuevas coordenadas con la ayuda de una transformación lineal, entonces ds^2 sigue siendo una función homogénea de los diferenciales de las coordenadas, pero los coeficientes de esta función ($g_{\mu\nu}$) ya no serán constantes. Desde un punto de vista matemático, esto significa que el espacio físico (cuatridimensional) posee una métrica riemanniana”.

Esto es ciertamente incorrecto, ya que una métrica pseudo-euclidiana no puede transformarse en una métrica riemanniana por transformación de las coordenadas. Pero el punto principal, aquí, consiste en algo más, a saber, de esa manera, gracias a su profunda intuición, A. Einstein llegó a la necesidad de introducir precisamente el espacio riemanniano, ya que consideró el tensor métrico $g_{\mu\nu}$ de este espacio para describir la gravedad. Así fue esencialmente como se reveló la naturaleza tensorial de la gravedad. La unidad de la métrica y la gravedad riemannianas es el principio fundamental que subyace a la teoría de la relatividad general. V.A.Fock escribió sobre este principio:

> "... precisamente este principio representa la esencia de la teoría de la gravedad de Einstein".

Sin embargo, desde un punto de vista general, la respuesta a la siguiente pregunta aún no está clara: ¿por qué es necesario relacionar la gravedad precisamente con el espacio riemanniano, y no con ningún otro? La introducción del espacio riemanniano permitió utilizar la curvatura escalar R como función del Lagrangiano y, con la ayuda del principio de acción mínima, obtener la ecuación de Hilbert-Einstein. De este modo, se completó la construcción de la teoría de la relatividad general de Einstein.

Todo lo anterior se explica por la ausencia en el espacio riemanniano del grupo de diez parámetros de movimiento del espacio-tiempo, por lo que es esencialmente imposible introducir leyes de conservación de impulso-energía e impulso angular, similares a las que se consideran válidas en cualquier otra teoría física. Otra característica peculiar de GRT, en comparación con las teorías conocidas, consiste en la presencia de derivados de segundo orden en la función Lagrangiana R. Hace unos cincuenta años, Nathan Rosen demostró que si, junto con la métrica riemanniana, se introduce la métrica $\gamma_{\mu\nu}$ del espacio de Minkowski, entonces es posible construir la densidad escalar del lagrangiano del campo gravitatorio, que no contendrá derivados de órdenes superiores a uno. Así, por ejemplo, él construyó tal densidad del Lagrangiano que condujo a las ecuaciones de Hilbert-Einstein. Así surgió el formalismo bimétrico. Sin embargo, tal enfoque inmediatamente complica el problema de construir una teoría de la gravedad, ya que, cuando se usan los tensores $g_{\mu\nu}$ y $\gamma_{\mu\nu}$, se puede escribir un gran número de densidades escalares, y no está claro en absoluto qué densidad escalar debe elegirse como la densidad lagrangiana para construir la teoría de la gravedad. Aunque el aparato matemático de GRT permite introducir, en lugar de derivados ordinarios, derivados covariantes del espacio de Minkowski, la $\gamma_{\mu\nu}$ métrica que no está presente en las ecuaciones de Hilbert-Einstein hace que su utilización en GRT carezca de significado físico, ya que las soluciones para la $g_{\mu\nu}$ métrica son independientes de la elección de $\gamma_{\mu\nu}$. Cabe señalar que la sustitución de derivados covariantes por derivados ordinarios en el espacio de Minkowski deja intactas las ecuaciones de Hilbert-Einstein. Esto se explica por el hecho de que, si en el espacio de Minkowski uno sustituye los derivados covariantes por los ordinarios en el tensor de curvatura de Riemann, no cambiará. Tal sustitución en el tensor de Riemann no es nada, sino una transformación idéntica. Precisamente por esta razón, tal libertad en la escritura del tensor de Riemann no se puede tomar como una ventaja dentro del marco de GRT, ya que el tensor métrico del espacio de Minkowski no entra en las ecuaciones de Hilbert-Einstein.

En GRT solo tratamos la métrica del espacio riemanniano como la característica principal de la gravedad, en la que se reflejan tanto las características de la geometría como la elección del marco de referencia. Cuando se desactiva la interacción gravitacional, es decir, cuando el tensor de curvatura de Riemann es igual a cero, llegamos al espacio de Minkowski. Es precisamente por esta razón que en GRT surge el problema de satisfacer el principio de equivalencia, ya que es imposible determinar en qué marco de referencia (inercial o acelerado) pasamos a estar cuando el campo gravitatorio fue anulado.

En 1921, en el artículo "Geometría y experimento", A. Einstein escribió:

"La cuestión de si este continuo tiene una estructura euclidiana, riemanniana o cualquier otra es un problema físico, que solo puede resolverse mediante experimentos, y no un problema. de convenio referente a la elección de simple conveniencia ... ".

Esto es, naturalmente, correcto. Pero de inmediato surge una pregunta: ¿qué experimento? Pueden existir muchos hechos experimentales. Así, por ejemplo, es posible, en principio, estudiar el movimiento de la luz y de los cuerpos de prueba, establecer sin ambigüedad la geometría del espacio-tiempo. ¿Debe basarse una teoría física en ella? A primera vista, la respuesta a esta pregunta podría ser positiva. Y el asunto parecería resuelto. Precisamente ese fue el camino que tomó A. Einstein para construir GRT. Los cuerpos de prueba y la luz se mueven a lo largo de las líneas geodésicas del espacio-tiempo riemanniano. Así que basó la teoría en el espacio riemanniano. Sin embargo, la situación es mucho más compleja. Todos los tipos de materia satisfacen las leyes de conservación de impulso-energía y del impulso angular. Precisamente estas leyes, que se originaron a partir de una generalización de numerosos datos experimentales, caracterizan las propiedades dinámicas generales de todas las formas de materia mediante la introducción de características universales que permiten la descripción cuantitativa de la transformación de algunas formas de materia en otras. Y todo esto también representa hechos experimentales, que se han convertido en principios físicos fundamentales. ¿Qué se debe hacer con ellos? Si uno sigue a A. Einstein y retiene la geometría riemanniana como base, entonces deben descartarse." [12].

4.5 El espacio de Riemann no es elegible como espacio primario

Las cantidades $g_{\mu\nu}$ del tensor métrico son variables del campo gravitatorio, por una parte, y los componentes del espacio-tiempo, por otro lado. En virtud de este dualismo físico y geométrico de g_{uv} y a la imposibilidad de le existencia del tensor t_{uv} para el tensor métrico, debida al espacio de Riemann, la "física" del campo gravitatorio es geométrica.

“El descubrimiento del mundo cuatridimensional realizado por Poincare y Minkowski brindó una posibilidad fundamental de demostrar que, en el caso general, a varios marcos de referencia se les asigna una métrica diferente, $\gamma_{\mu\nu}$ (x), del espacio-tiempo, que depende de las coordenadas x^{μ} de este marco y no necesariamente diagonal. Por ejemplo, en un marco de referencia no inercial arbitrario S', los coeficientes métricos $\gamma'_{\mu\nu}$ resultan ser funciones de las coordenadas x' de este sistema. Esto finalmente provoca la aceleración de un punto de materia libre con respecto a S' y las fuerzas de inercia expresadas a través de las derivadas de primer orden del tensor $\gamma'_{\mu\nu}$ con respecto a las coordenadas relevantes. La naturaleza cinemática de las fuerzas inerciales se refleja en el hecho de que las aceleraciones de los cuerpos materiales libres inducidos por ellos serán independientes de sus masas. Las fuerzas gravitacionales, como se sabe, tienen la misma propiedad porque, como se ve en el experimento, la masa gravitacional de un cuerpo es igual a su inercial. Solo esta circunstancia fue utilizada por Einstein cuando concluyó que el campo gravitatorio, similar al de las fuerzas de inercia, debería ser descrito por el tensor métrico $g_{\mu\nu}$ aunque en el espacio-tiempo riemanniano.

En este punto primordial, Einstein se apartó del concepto del campo gravitatorio como realidad física. Esto acaba de conducir a dificultades inmanejables de GRT. Uno de ellos que se deriva directamente de lo anterior está relacionado con la no localización del campo gravitatorio. Es bien sabido que en todas las teorías físicas una característica primordial del campo siempre ha sido la densidad tensorial de impulso-energía obtenida, siguiendo a Hilbert, por la variación de la densidad lagrangiana del campo sobre las componentes del tensor métrico del espacio-tiempo. Esta característica refleja el hecho de que el campo existe: una densidad del tensor de impulso-energía diferente a cero en alguna región del espacio-tiempo es la condición necesaria y suficiente para que exista un campo físico en ella. En GRT, el campo gravitatorio no posee tal característica y esto se explica por el hecho de que en la teoría de Einstein las cantidades $g_{\mu\nu}$ tienen una interpretación dual: son variables de campo, por una parte, y los componentes del tensor métrico del espacio-tiempo, por otro lado. En virtud de este dualismo físico y geométrico de g_{uv}, la expresión de la densidad del tensor simétrico de impulso-energía completo también debe ser la ecuación de campo. Aparentemente, esto sugiere que este campo de un sistema, tal como se definió anteriormente de la manera acordada, debe ser rigurosamente igual a cero en todo el espacio-tiempo, mientras que la densidad del tensor de impulso-energía del campo gravitacional debe volverse a cero más allá de la sustancia. En GRT, el campo gravitatorio más allá de la fuente, por lo tanto, resulta carecer de la característica física básica, es decir, el tensor de impulso-energía y, por consiguiente, la teoría también carece de impulso-energía y momento angular, es decir, las leyes de conservación de la sustancia y campo gravitacional tomadas en conjunto.

En 1918, Einstein, al darse cuenta claramente de la necesidad de las características de "energía e impulso" del campo gravitatorio y las leyes de conservación, introdujo el concepto del pseudotensor de impulso-energía $\tau_u^{\ v}$ del campo gravitatorio. Sin embargo, en el mismo año, Schrodinger demostró que todos los componentes de $\tau_u^{\ v}$ se pueden convertir en cero fuera de una esfera homogénea por una elección especial de las coordenadas del espacio tridimensional.

Otra dificultad fundamental inherente a la GRT y relacionada con la identificación del campo gravitatorio como tensor métrico del espacio riemanniano es la ausencia no solo de las leyes locales, sino también integrales de la conservación de la energía, el impulso y del impulso angular. El primero que notó esto como una característica específica de GRT fue Hilbert. El hecho fundamental de que las leyes de conservación de impulso-energía e impulso angular son básicamente imposibles en GRT porque el espacio Riemanniano introducido en él no posee el máximo grupo de movimiento espacio-tiempo, se dejó más allá de la atención de los contemporáneos.

Algunas consecuencias más insatisfactorias de la GRT son la no singularidad de sus predicciones para los efectos gravitacionales. Se puede llegar a esta conclusión a partir del hecho de que con la aritmética del espacio acordada, las ecuaciones de Hilbert-Einstein no definen la métrica del espacio-tiempo riemanniano (en el caso general, su solución puede contener cuatro funciones arbitrarias). Hemos demostrado la no singularidad de las predicciones de GRT utilizando dos ejemplos: el cálculo de la masa inercial y el efecto del retardo gravitacional del eco del radar.

Tal análisis muestra que la no singularidad de las predicciones para los efectos gravitacionales es una característica inherente de GRT. Por lo tanto, la ausencia en GRT de las leyes de conservación de impulso-energía e impulso angular; el repudio de los conceptos del campo gravitatorio como campo físico, así como la no singularidad de las predicciones para los efectos gravitacionales, hacen que esta teoría sea insatisfactoria desde el punto de vista de la física y exigen que los conceptos de gravitación se revisen cardinalmente.

En nuestra opinión, al establecer la estructura del espacio-tiempo, uno debe proceder no de hechos particulares (y diferentes para diferentes fuentes) de la naturaleza del movimiento de la luz y los cuerpos de prueba, sino de las propiedades dinámicas más generales de la materia, es decir, sus leyes de conservación no solo son fundamentalmente importantes, sino también verificables experimentalmente. Al parecer, la existencia de diez leyes de conservación (de energía, impulso e impulso angular) refleja objetivamente la propiedad de nuestro mundo material que se manifiesta en la homogeneidad e isotropía del espacio-tiempo.

Hay tres tipos conocidos de espacios que permiten la introducción de diez integrales de movimiento. Estos son el espacio de curvatura negativa constante (espacio de Lobachevsky), el de curvatura cero (espacio euclidiano) y el espacio de curvatura positiva constante (espacio de Riemann). Los dos primeros espacios son infinitos mientras que el tercero está cerrado aunque sin límites. Si se requiere que cualquier teoría, incluida la del campo gravitatorio, contenga las diez leyes de conservación, la geometría riemanniana de la forma general debe rechazarse necesariamente y una de las geometrías mencionadas anteriormente debe elegirse como la subyacente. Todos los datos experimentales conocidos actualmente sobre interacciones electromagnéticas, débiles y fuertes favorecen sin ambigüedad el espacio-tiempo con la geometría pseudo-euclidiana (subyacente a la teoría de los campos primarios) y no hay hechos que lo cuestionen, esta geometría debe considerarse naturalmente única para todas las teorías físicas sin excepción para la teoría de la gravitación. En este caso, se garantizará el cumplimiento de las leyes de conservación para el impulso de energía y el impulso angular que se toman por separado.” [13].

5 Conclusiones

La rigurosa crítica concluyente de la “relatividad general” de los matemáticos-físicos A. Logunov y M. Mestvirishvili, de carácter primordialmente matemático, ratifican lo manifestado por H. Minkowski: “El campo gravitacional es, en el mejor de los casos, un campo geométrico, no físico” [14] y por el propio A. Einstein: “Denotamos todo menos el campo gravitacional como materia. Por lo tanto, nuestro uso de la palabra incluye no solo materia en el sentido ordinario, sino también el campo electromagnético” [15] debido a que "como se señaló hace 90 años por Hilbert (1917), Einstein (1918), Schrodinger (1918) y Bauer (1918) dentro del enfoque de la gravedad geométrica (relatividad general) no hay características tensoras del impulso-energía para el campo de gravedad” [8]. El campo gravitatorio es un campo métrico sin realidad física.

Por otro lado, el principio de equivalencia de Einstein no es aplicable a la gravedad extendida sino a un Universo carente de ella, por tanto, de materia (que comprende todo menos el campo gravitatorio). Además, se viola la equivalencia entre las masas inercial y gravitatoria, que constituye un hecho establecido experimentalmente. En consecuencia, también, se confirma que la llamada “relatividad general” no es una teoría debido a que carece de principios, sino las ecuaciones de Einstein-Grossmann-Hilbert, que funcionan, de acuerdo con sus predicciones astronómicas, aunque no se sabe el porqué.

6 Referencias

[1] Guillén, Alfonso. (2015). Einstein's gravitation is Einstein-Grossmann's equations: Journal of advances in physics, Vol 11, No 3

[2] Einstein, Albert. (1914). On the Relativity Problem: Scientia 15: 337-348

[3] Einstein, Albert. (1925). Theory of Relativity, Kultur der Gegenwart. Ihre Entwicklung und ihre Ziele. Paul Hinneberg, ed. Part 3, sec. 3, vol. 1, Physik. Emil Warburg, ed. Leipzig: Teubner, 1915, pp. 703-713 (the first section of the paper), and in Die Kultur der Gegenwart. Ihre Entwicklung und ihre Ziele. Paul Hinneberg, ed. Part 3, sec. 3, vol. 1, Physik. 2d rev. ed. Ernst Lecher, ed. Leipzig and Berlin: Teubner, 1925, pp. 794-79 (the second section of the paper), reprinted in revised form in Die Kultur der Gegenwart. Ihre Entwick- lung und ihre Ziele. Paul Hinneberg, ed. Part 3, sec. 3, vol. 1, Physik. 2d rev. ed. Ernst Lecher, ed. Leipzig: Teubner, 1925, pp. 783-797

[4] Guillén, Alfonso. (1969). Velocidades mayores que la velocidad de la luz: Semanario dominical del periódico “El Siglo”, Bogotá

[5] Norton, John D. (1993). General covariance and the foundations of general relativity: eight decades of dispute, Department of History and Philosophy of Science, University of Pittsburgh.

[6] Earman, John and Glymour, Clark. (1978). Lost in the tensors: Einstein's struggles with covariance principles 1912-1916: Stud. Hist. Phil. Sci., Vol. 9, No. 4. pp. 251 –278, Great Britain

[7] Einstein, Albert. (1913). On the present state of the problem of gravitation. Physikalische Zeitschrift 1249-1262.

[8] Baryshev, Yurij. (2008). Energy-Momentum of the Gravitational Field: Crucial Point for Gravitation Physics and Cosmology: Astronomical Institute of the St.-Petersburg State University, St.-Petersburg, Russia

[9] Brown, Peter M. (2002). Einstein´s gravitational field.

[10] Logunov, A and Mestvirishvili, M. (1989). The Relativistic Theory of Gravitation. Mir Publishers Moscow. rrevised from 1986 Russian Edition

[11] Logunov, Anatoli A. (1995). Classical gravitational field theory and Mach principle. Protvino. State research center of Russia. Institute for high energy physics

[12] Logunov, A. (2002). The Relativistic Theory of Gravitation

[13] Logunov, A, Loskutov, Yu and Mestvirishvili, M. (1988). Relativistic Theory of Gravitation and Its Consequences. Progress of Theoretical Physics, Vol. 80, No.6. USSR State Committee for Utilization of Atomic Energy. Institute for High Energy Physics, Serpukhov

[14] Minkowski, H. (2012). Space and Time Minkowski's Papers on Relativity. In: Petkov, V., Ed., Minkowski Institute Press, Moscu. http://rgs.vniims.ru/books/spacetime.pdf

[15] Einstein, Albert. (1916). The Foundation of the General Theory of Relativity - Einstein, Albert Annalen Phys. 49 no.7, 769-822