

Teorías electromagnéticas de la gravedad

Ángel José Chacón Velasco

Facultad de Ciencias Básicas. Departamento de Física y Matemáticas

Grupo de Investigación en Procesos Electrodinámicos

Universidad de Pamplona

angelch@unipamplona.edu.co

ABSTRACT

From an electromagnetic point of view, and as a starting point for the gravitational-electromagnetic field program, the different theoretical developments about gravity in the XIX century are shown.

KEY WORDS

gravitational -electromagnetical field, gravity,

RESUMEN

Se presentan los diferentes desarrollos teóricos a cerca de la gravedad en el siglo XIX desde un enfoque electromagnético, como punto de partida para el programa de campo gravitacional-electromagnético.

PALABRAS CLAVES

Campo gravitacional electromagnético, gravedad

INTRODUCCIÓN

Uno de los primeros intentos por entender la atracción gravitacional a partir de la interacción electromagnética fue la teoría de Mossoti (1836). Atendiendo a criterios de sencillez Mossoti adhirió a la vertiente teórica de Franklin, en contraposición a la entonces más moderna pero compleja teoría de la electricidad de dos fluidos de Coulomb y Poisson. Partiendo también de la

hipótesis molecular de la materia, propuso que las fuerzas moleculares se definen por la interacción de las moléculas, las que en ausencia de fluidos eléctricos (éter) se rechazan entre sí, pudiendo ser tomadas como cargas positivas, al igual las moléculas interactuarían con las partículas negativas del éter. Las moléculas más pesadas serían prácticamente inmóviles con respecto al éter. Esta propuesta evidentemente se separa de la concepción comúnmente aceptada

de gravitación en la época: las moléculas en ausencia de éter no se atraían sino que se rechazaban. Mossoti consecuentemente propuso que la gravedad era un efecto secundario, debido a que la atracción electrostática de cargas con signo opuesto es mayor que el rechazo entre cargas de igual signo. Esta genial idea sirvió de base para muchas propuestas posteriores acerca de la naturaleza de la gravedad como fenómeno electromagnético (teorías de Weber, Zelner, hasta la propuesta por Lorentz).

En torno a 1850 no existía un acuerdo generalizado sobre cuáles deberían ser los principios fundamentales para desarrollar una electrodinámica. En Alemania las dos electrodinámicas más respetadas eran las de Weber y Neumann, siendo la de Weber la de mayor desarrollo y peso específico. Inmersa en la tradición Newtoniana de fuerzas a distancia, esta teoría se basaba en dos hipótesis: a) la corriente eléctrica consistente en dos fluidos de partículas eléctricas moviéndose en sentidos opuestos, y b) la fuerza entre dos partículas eléctricas es central, instantánea y de acción a distancia, dada por:

$$F = \frac{e_1 e_2}{r^2} \left[1 - \frac{1}{2c^2} \left(\frac{dr}{dt} \right)^2 + \frac{r}{c^2} \frac{d^2 r}{dt^2} \right] \quad (1)$$

donde e_1, e_2 , representan las cargas de las partículas y r la distancia que las separa. Evidentemente la ley de Weber generaliza la ley de Coulomb, dependiendo la fuerza no sólo de la separación entre las cargas sino también de su movimiento relativo. Precisamente por esta razón la electrodinámica de Weber fue criticada fuertemente en la época por cuestiones relacionadas a cómo

afectaba esta dependencia del movimiento el principio de conservación de la energía [1]. Sin embargo la ley de Weber dio una explicación matemática rigurosa de la inducción electromagnética, unificando en un sólo esquema las interacciones electrostáticas y electrodinámicas [2]. Para responder a las críticas Weber presentó en 1848 su energía potencial generalizada definida por:

$$U \equiv \frac{e_1 e_2}{r} \left(1 - \frac{\left(\frac{dr}{dt} \right)^2}{2c^2} \right) \quad (2)$$

el primero de los términos es la energía potencial Coulombiana usual, en tanto que el segundo término es una mezcla de energía cinética y potencial, ya que depende no solo de la distancia entre las cargas sino también de las velocidades mutuas. La ley de Weber, junto con su energía generalizada, satisface las tres principales leyes de la mecánica clásica, la de la energía y la de los momentos lineal y angular, y es el primer ejemplo en la Física de energía potencial generalizada [2]. Simultáneamente Leverrier había descubierto la anomalía en el perihelio de Mercurio -la principal disparidad de la teoría de Newton con las observaciones-. Durante la segunda mitad del siglo pasado se plantearon múltiples hipótesis para resolver tal anomalía (anomalía en el sentido que le da Thomas Kun en su libro *La estructura de las revoluciones científicas*), sin llegarse a un resultado satisfactorio.

Luego de los primeros intentos por explicar la anomalía de Mercurio basándose en la mecánica clásica (sin ningún cambio a la ley de la gravitación universal de Newton) los astrónomos optaron por emplear la ley de Weber y

algunas de sus modificaciones, conocidas como leyes de Gauss y Riemann.

A principios de los años setenta Weber se empeña en convertir su teoría en un programa de investigación científica y con cierto éxito la extiende a la química, al calor, a la teoría cinética de los gases, al estudio del éter y de la gravitación. La concepción de Weber es desarrollada especialmente en Alemania por Clausius, Riemann y Neumann, encontrándose en el camino con divergencias fundamentales con respecto al programa mecánico clásico, como por ejemplo la finitud en la velocidad de trasmisión de las interacciones eléctrica y gravitacional, la ruptura con la tercera ley de la mecánica para fuerzas electrodinámicas, la existencia de un límite superior en la velocidad relativa de las partículas, la posibilidad de usar las coordenadas espaciales y temporales como equivalentes en la descripción de los fenómenos electrodinámicos, una dependencia de la masa de las partículas cargadas de su velocidad y algunas otras [3].

El programa de investigación Weberiano no alcanzó a desarrollarse a plenitud, ya que tuvo que ceder ante el surgimiento del programa de campo propuesto por Maxwell, que hacia finales de los noventa lograba la atención general; sin embargo, el significado de la teoría Weberiana fue y sigue siendo de invaluable importancia. La mayor influencia la ejerció sobre la teoría electrónica de Lorentz, que siguiendo las huellas de la teoría del campo electromagnético creó los fundamentos del programa de campo. Bernhard Riemann propuso en 1861 modificar la electrodinámica de

Weber de forma que la energía electrocinética de dos electrones situados en puntos con coordenadas distintas difería de la correspondiente en la teoría de Weber únicamente en que la velocidad relativa de los dos electrones tomaba el lugar de las componentes de esta velocidad a lo largo del radio vector. Un aspecto a mencionar también de la formulación de Riemann, que de alguna forma presagiaba las inminentes contribuciones de Maxwell, es que postulaba una velocidad finita para la propagación de la acción eléctrica, para lo cual se introducían potenciales retardados.

El programa de campo electromagnético y el problema de la gravitación

Al mismo tiempo que la teoría de campo electromagnético de Maxwell se desarrollaba y ganaba adeptos, se hicieron muchos intentos por extender la ley de Weber a la gravitación, en particular combinandola con las ideas de Mossoti, sin que estos pudieran eliminar las dificultades empíricas relacionadas con el movimiento del perihelio de Mercurio y permaneciendo sus limitaciones de carácter lógico teórico ; por ejemplo, el instantismo no fue eliminado del todo de las propuestas gravitacionales tipo Weber, a pesar de que en las expresiones para la fuerza gravitacional y el potencial aparecía una constante, igual a la velocidad de la luz. Ya en este periodo (años 70-90) la electrodinámica de Weber se encontraba con muchos problemas internos, por tanto la teoría gravitatoria en ella basada o por lo menos en su analogía, despertaba aún más dudas (la introducción de hipótesis ad hoc, las dificultades con la ley de

conservación de la energía mas casi todas las insuficiencias de la teoría Newtoniana de la gravitación). A principios de los años 90 la concepción Maxwelliana obtiene finalmente el reconocimiento general, siendo de invaluable valor para esto los experimentos de Herzt de 1888, que condujeron al descubrimiento de las ondas electromagnéticas propuestas en la teoría. En estos años se creó el programa de campo electromagnético como un programa de investigación científica, y su surgimiento no solo estuvo relacionado con la teoría de campos sino también con los intentos por relacionar esta teoría con las representaciones atomistas de la electricidad, de tronco común con las concepciones de Weber y Mossoti.

Maxwell y las dificultades energéticas de la teoría de campo de la gravedad

Mucho antes de que su teoría de campo electromagnético fuese totalmente desarrollada, Maxwell examinó la posibilidad de un enfoque de campo para la gravitación. En su trabajo "Teoría dinámica del campo electromagnético" encontramos un pequeño capítulo acerca de "Observaciones sobre la acción de la fuerza de gravedad", donde partiendo de la analogía entre la ley de Coulomb y la ley de Newton llega a la pregunta ¿es posible o no reducir la atracción gravitacional...a la acción del medio que la rodea? Pero debido a que la ley de Newton considera solo atracción y no repulsión, surge la gran dificultad de carácter energético [4]. Otra gran dificultad en esta analogía fue enunciada por Laplace, quien observó que una velocidad finita en la transmisión de la gravedad implicaría

un término adicional en la fuerza de atracción igual a la velocidad de la luz. Saliéndose del marco de la teoría Newtoniana y basados en la ley de Weber, distintos autores [5] llegaron a la conclusión de que la velocidad de propagación de la gravedad debería coincidir con la de la luz. Intentando resolver las dificultades relacionadas con la paradoja gravitacional se introdujo también el concepto de masa negativa, que interactuando con las positivas debería producir su repulsión. Siguiendo la analogía electrodinámica se desarrolla con este nuevo concepto el enfoque Maxwelliano hacia la gravitación. Es H. A. Lorentz el primero en desarrollar una teoría de gravitación basado en el programa de campo electromagnético. En 1900 publicó un trabajo donde aparecían dos caminos posibles para deducir la gravedad a partir del electromagnetismo [6]. En esencia su idea era la misma que la propuesta años atrás por Massoti-Zelner-Weber : la atracción entre cargas con signo opuesto es un poco mayor que la repulsión entre cargas de igual signo; la diferencia entre estas dos fuerzas sería del orden de 10^{-35} . Lorentz desarrolló una interpretación alternativa de la gravedad independiente de la concebida bajo la suposición de estructura del electrón . Consideró la posibilidad de ver la gravedad como un análogo total del campo electromagnético con presencia de tensiones gravitacionales \mathbf{D}^g , \mathbf{H}^g , las que deberían satisfacer ecuaciones equivalentes a las de campo electromagnético de Maxwell \mathbf{E} y \mathbf{H} . Cabe mencionar también las teorías propuestas por Wien, Poncairé, Gans y Ritz, todas estas de alguna manera preámbulo de la teoría de la relatividad.

En la actualidad son muchos los enfoques que se desarrollan en el espíritu establecido por los autores mencionados; en especial la electrodinámica de Weber sigue siendo punto de partida para una representación de la gravedad desde la perspectiva electromagnética [7]. Sin embargo, dentro del contexto de la teoría general de la relatividad también se han planteado elementos comunes a los dos campos basados en analogías que permiten establecer raíces comunes entre los dos campos [8].

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. José Manuel Sánchez Ron, El origen y desarrollo de la Relatividad. Alianza Universidad
2. André Koch Torres De Assis, Curso de Electrodinámica de Weber, 1.992 ; notas de física , Instituto de Física Gleb Wataghin.
3. H. J. Treder . 1971, Gravitationstheorie und Äquivalenzprizip (Berlín : Akademie-Verlag)
4. J.C. Maxwell. 1.954 A Treatise on Electricity and Magnetism. (New York :Dover),Volume 2, Chapter 23
5. Vitzgin V.P. Teoría relativista de la gravitación 1.981 (en ruso)
6. Lorentz H.A. Obras escogidas 1967 (en ruso)
7. A.K Torres De Assis. Deriving gravitation from electromagnetism, Can. J. Phys. 70, 330-340 (1992)
8. Angel José Chacón V. Campos cuasimagnéticos gravitacionales y su analogía con el electromagnetismo, Revista INTEGRACION UIS .vol.11, Nº2, julio-diciembre 1993