

# Propiedades del Espacio Vacío con Campos Gravitacionales: Experiencias Propuestas

## Properties of Empty Space with Gravitational Fields: Proposed Experiences

Eduardo D Greaves, *Profesor, USB*

**Resumen**— En el presente trabajo se proponen experimentos a ser realizados para determinar propiedades fundamentales del espacio interestelar. La hipótesis de Céspedes-Curé implica la dependencia del índice de refracción del espacio vacío en la densidad de energía gravitacional. Evidencia a favor de esta hipótesis ha sido obtenida mediante la extraordinaria coincidencia del cálculo de la densidad de energía gravitacional del espacio debido a las galaxias y estrellas lejanas por dos procedimientos independientes: Mediante las medidas del fenómeno de "Lensing" durante los eclipses solares por Jorge Céspedes-Curé (2002) y mediante las medidas de la Anomalía del Pioneer observadas por la NASA y mediante explicación alterna por Eduardo D. Greaves (2008). La hipótesis de Céspedes-Curé tiene consecuencias importantes en el ámbito de la cosmología y la física fundamental e implica posibles elucidaciones del "Flyby Anomaly", de la curva plana de las galaxias y de la observación de la aceleración de la expansión del universo que se deduce del corrimiento Doppler que muestran las galaxias más lejanas. Para suministrar mayor evidencia de la hipótesis de Céspedes-Curé se proponen dos experimentos cuyos resultados se predican cuantitativamente: La determinación precisa de la velocidad de la luz en el espacio entre Júpiter y la tierra mediante el histórico método de Römer (1667) haciendo uso de los actuales, poderosos métodos de obtención y análisis de imágenes y mediante una determinación precisa de la velocidad de la luz en la estación Espacial Internacional.

**Palabras claves**—Flyby anomaly, Hipótesis de Céspedes-Curé. Índice de refracción del vacío, Pioneer anomaly, Velocidad de la luz

**Abstract**— In the present work, experiments are proposed to be carried out to determine the fundamental properties of interstellar space. The Céspedes-Curé hypothesis implies the dependence of the refractive index of the empty space on the gravitational energy density. Evidence in favor of this hypothesis has been obtained by the extraordinary coincidence of the calculation of gravitational energy density of space due to galaxies and distant stars by two independent procedures: By means of the measurements of the phenomenon of "Lensing" during solar eclipses by Jorge Céspedes-Curé (2002) and by measurements of the Pioneer Anomaly observed by NASA and through an alternate explanation by Eduardo D. Greaves (2008). Céspedes-Curé's hypothesis has important consequences in the field of cosmology and fundamental physics and implies possible elucidation of the "Flyby Anomaly", the flat curve of the galaxies and the observation of the acceleration of the expansion of the universe that is it deduces from the Doppler shift shown by the farther galaxies. To provide more evidence of the Céspedes-Curé hypothesis, two experiments are proposed whose results are quantitatively predicted: The precise determination of the speed of light in the space between Jupiter and the earth by the historical method of Römer (1667) making use of the current, powerful methods of obtaining and analyzing

images and by a precise determination of the speed of light in the International Space Station.

**Index Terms**— Céspedes-Curé hypothesis, Flyby anomaly, Pioneer anomaly, Speed of light, vacuum refractive index

### I. INTRODUCCIÓN

LA búsqueda sin éxito de pruebas experimentales directas de la materia oscura y la energía oscura descubiertas matemáticamente, así como la observación reciente de las desviaciones extremas de la linealidad de la ley empírica de Hubble o la aceleración de la expansión del universo que muestran estrellas y galaxias muy lejanas ha llevado a CJAP Martins, en un informe recientemente invitado [1] para comentar que "... la nueva física está ahí esperando para ser descubierta". Tal vez las semillas de esta nueva y elusiva física pueden encontrarse en informes del siglo pasado como los siguientes: El ganador del Premio Nobel Peter Kapitza, en su libro [2] relata una petición que le hizo Albert Einstein en 1930 para medir el efecto de los fuertes campos magnéticos en la propagación de la luz [3]. Kapitza había desarrollado, en su trabajo en Cambridge, los campos magnéticos más intensos del mundo. En 1930, las teorías de la relatividad general y especial estaban llegando a la madurez, sin embargo, la intuición de Einstein le permitió formular la afirmación de que los campos magnéticos podrían afectar la velocidad de la luz. Muchos años antes, la afirmación de que la propagación de la luz se ve afectada por un campo magnético había sido adelantada por Albert Einstein en 1894 o 1895 como lo describe Gerald Holton [4.]

La densidad de energía magnética en un punto en el espacio donde la intensidad del campo magnético es  $B$ , se calcula mediante:

$$\rho = \frac{1}{2\mu_0} B^2 \quad (1)$$

De ahí la observación de Kapitza [en la referencia 3]: "puesto que el efecto debería depender del cuadrado de la intensidad del campo magnético" da una clara indicación a los pensamientos de Einstein en ese momento, a saber, que la densidad de energía magnética es la propiedad física que sería la que afectaría a la propagación de la luz. Hasta donde sabemos, un experimento que pruebe con suficiente sensibilidad el efecto de un campo magnético sobre la velocidad de la luz no se ha hecho. Los experimentos para determinar el límite inferior de la carga del

fotón mediante el intento de detectar una deflexión del haz de luz producida por un campo magnético [5] o por un campo eléctrico [6] pudieran detectarlo, pero han sido diseñados con una geometría de campo de haz que no proporciona una prueba la conjetura de Einstein. La suposición de que la velocidad de la luz es constante en el vacío no choca con el hecho de que el "vacío puro", donde la velocidad de la luz se asume constante, es difícil, si no imposible de alcanzar. Incluso en áreas interplanetarias alejadas de cualquier objeto masivo, el espacio está lleno de campos magnéticos intergalácticos, es atravesado por radiación electromagnética, por partículas elementales y permeado por los campos gravitacionales de planetas cercanos o estrellas y por las estrellas y galaxias lejanas. Por lo tanto, el término espacio cuasi-vacío se define aquí como un área donde prevalecen las condiciones de vacío habituales, pero donde hay campos gravitacionales, magnéticos o eléctricos que determinan una densidad de energía no nula del espacio. En este artículo elaboramos sobre la conjetura de Einstein, ampliándola para incluir el efecto sobre la propagación de la luz por la densidad de energía del espacio debido a las masas gravitacionales tales como el Sol, la Tierra o las estrellas y las galaxias lejanas. Se presentan evidencias experimentales convincentes para la teoría y algunas consecuencias, terminando en la sugerencia de dos experimentos que podrían proporcionar mayor evidencia experimental.

## II. LA HIPÓTESIS DE CÉSPEDES-CURÉ

El fenómeno de la deflexión de la luz debido a la presencia de objetos masivos fue predicho por Einstein y la primera Propiedades del espacio vacío con campos gravitacionales: Experiencias propuestas Eduardo D Greaves confirmación se obtuvo en las observaciones de 1919 del eclipse del Sol por Eddington. [7]. Otras evidencias de la deflexión de la luz por los cuerpos masivos se han observado astronómicamente y el fenómeno ahora se llama "Astronomical lensing" [8]. Jorge Céspedes-Curé en su libro, [9] da una explicación alternativa al fenómeno del doblamiento de la luz observado durante los eclipses [9.]

La hipótesis de Céspedes-Curé consiste en suponer que la densidad de energía gravitacional en un punto dado del espacio determina el índice de refracción en ese lugar. Numéricamente consiste en suponer que  $c$  la velocidad de la luz es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la densidad de energía total del espacio [9.]

$$c = \frac{k}{\sqrt{\rho}} \quad (2)$$

En esta expresión es  $k$  una constante y en el denominador  $\rho$  Si tomamos la relación (2) como descripción  $c$  de la velocidad de la luz en la superficie de la Tierra y  $c'$  como la velocidad de la luz en otro lugar donde la densidad de energía total del espacio es diferente, podemos suponer que la velocidad de la luz en esa región es dada Por una expresión análoga a (2), a saber:

$$c' = \frac{k}{\sqrt{\rho'}}$$

es una suma  $\rho = \rho_s + \rho_E + \dots$  = densidad de energía gravitacional debido a las estrellas y galaxias lejanas,  $\rho_s$  = densidad de energía gravitatoria debido al Sol y  $\rho_E$  = densidad de energía gravitacional debida a la Tierra y cualquier otra fuente de densidad de energía gravitacional o de cualquier otro tipo.

La densidad de energía del espacio y asociada con la presencia de campos magnéticos y eléctricos estáticas están dadas por [10]:

$$\rho_B = \frac{1}{2\mu_0} B^2 \quad (3)$$

Y

$$\rho_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \quad (4)$$

Donde  $\mu_0$  es la permeabilidad magnética y  $\epsilon_0$  es la permitividad eléctrica del espacio libre. La densidad de energía gravitatoria  $\rho$  (J/m<sup>3</sup>) del espacio asociada a un campo gravitatorio  $g$  (m/s<sup>2</sup>) debido a una masa en un punto a una distancia  $r$  del centro de la masa, puede escribirse de manera análoga en términos del campo gravitatorio  $g$  (Aceleración gravitacional) como

$$\rho_g = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{4\pi G} \right) g^2 \quad (5)$$

De manera que la densidad de energía es dada por: [9]

$$\rho = \frac{GM^2}{8\pi r^4} \quad (6)$$

Con  $G$  la constante de gravitación universal y  $M$  la masa gravitatoria del cuerpo.

Si la ubicación considerada es la superficie de la Tierra, estrictamente hablando, la relación (2) debe contener en el denominador la densidad de energía gravitatoria debido a todos los demás planetas. Sin embargo, su contribución es insignificante debido al factor  $1/r^4$  en la densidad de energía. En este punto es útil introducir las magnitudes de las cantidades de la densidad energética del espacio de varios cuerpos. Usando relaciones (3) - (6) los valores se recogen en la Tabla I. Observe el amplio rango de las magnitudes de la densidad de energía.

Entonces podemos asignar un índice de refracción al espacio cuasi-vacío tal que  $n = 1$  en el espacio vacío en la superficie terrestre con campos magnéticos o eléctricos nulos, donde  $c$  tiene el valor de  $2,99792458 \times 10^8$  m/s como se acepta actualmente, y asignar un índice  $n'$  (relativo al índice  $n = 1$  sobre la superficie de la Tierra), para describir el espacio donde la densidad de energía  $\rho'$  es diferente.

Definiendo  $n'$  como es usual mediante  $n' = c / c'$  [10], el uso de la relación (2) para  $c$  y para  $c'$  resulta en una relación donde la constante  $k$  desaparece y el índice de refracción  $n'$  está dado por

TABLA I

Fuente de Desidad	Símbolo	Densidad de energía debido a la fuente en:	Magnitud (Joules/m <sup>3</sup> )	Referencia	Índice de refracción (condición) (Cambio %)
Estrellas y galaxias lejanas	$\rho^*$	Tierra	$1.094291 \times 10^{15}$	J. Cespedes-Cure p.279	1.0 (En superficie de la tierra) (0,0 %)
Sol	$\rho_s$	Tierra	$2.097 \times 10^4$	[i,ii]	
Tierra	$\rho_E$	Superficie	$5.726 \times 10^{10}$	[i]	
La Luna	$\rho_{Moon}$	Tierra	$6.57 \times 10^{-1}$	[i]	
Jupiter	$\rho_{Jup}$	Tierra	$1,91 \times 10^{-2}$	†	
Venus	$\rho_{Ven}$	Tierra	$2,14 \times 10^{-5}$	†	
Marte	$\rho_{Mar}$	Tierra	$2,91 \times 10^{-8}$	†	
Campo Magnético de 2 Tesla (20 kG)	$\rho_B$	Entrehierro del imán	$3,98 \times 10^5$	*	1,00000000072721 (En entrehierro del imán) (7,2E-08 %)
Campo Eléctrico (10 kV en 1 mm)	$\rho_{Elect}$	Plate's gap	$1,77 \times 10^3$	*	1,0000000000002 (En gap de capacitor) (2,0E-13 %)

Valores de la densidad de energía del espacio en la superficie de la Tierra debido a las estrellas lejanas y las galaxias, la masa del Sol, la Tierra, la Luna y otros planetas y la densidad de energía debido a campos eléctricos y magnéticos "fuertes" alcanzables en un entorno de laboratorio. Todos los datos astronómicos provienen de fuentes de la NASA como [11]

$$n' = \frac{\sqrt{\rho'}}{\sqrt{\rho}} = \frac{\sqrt{\rho'}}{\sqrt{\rho^* + \rho_s + \rho_E}} \quad (7)$$

### III. EVIDENCIA DE LA TEORÍA.

En las dos secciones siguientes se muestra la evidencia en apoyo de la hipótesis de Céspedes-Cura. La evidencia consiste en dos mediciones de  $\rho^*$  la densidad de energía debido a las estrellas y galaxias lejanas realizadas por procedimientos muy diferentes que dan el mismo resultado.

#### A. Medición de $\rho^*$ con la observación de eclipses del Sol.

Jorge Céspedes-Curé en su libro [9] calcula la "densidad de energía cósmica"  $\rho^*$  que es la densidad de energía gravitacional debido a las estrellas y galaxias lejanas en las proximidades del sistema solar. El valor que obtiene es:

$$\rho^* = 1,094291 \times 10^{15} \text{ (J/m}^3\text{) ó (N/m}^2\text{)}. \quad (8)$$

En esta sección describimos brevemente cómo se obtuvo esta cantidad.

Para llegar a este valor, se hace uso de lo que hemos llamado más arriba la hipótesis de Céspedes-Curé, una suposición que se desprende de la obra de Green y McCulloch como menciona E. Whittaker [14]. El cálculo de  $\rho^*$  se basa en un estudio de la luz de las estrellas desviadas por el Sol durante eclipses la cual considera todas las observaciones durante eclipses hasta 1974.

Los datos se refieren a 297 estrellas desviadas resultantes de nueve grupos de observaciones durante seis eclipses solares. Los datos recopilados y tabulados por el Prof. P. Merat de París [15] dan como resultado una ley empírica que relaciona la distancia del Sol (en unidades del radio del Sol) y la medida de las deflexiones de las estrellas en unidades de segundos de arco.

Céspedes-Curé estudia la deflexión de las estrellas por el campo gravitacional del Sol de una manera alternativa a la explicación aceptada de la Relatividad General. Lo considera un fenómeno de refracción en que el índice de refracción en la vecindad del Sol crea una lente esférica con bordes borrosos que producen las deflexiones observadas de las estrellas. Obtiene una expresión  $n(r)$  para el índice de refracción como función del radio del Sol a partir de la expresión (7) anterior en la que el valor de  $\rho^*$  es un parámetro. Las expresiones derivadas de  $n(r)$  y la ley de Snell se utilizan para ajustar la deflexión a la ley empírica de Merat, a partir de la cual se calcula el mejor valor de  $\rho^*$  que mejor se ajusta a las deflexiones de las estrellas.

La siguiente tabla II muestra los valores medidos de las deflexiones de las estrellas, tabuladas por Merat y las deflexiones de las estrellas determinadas por Céspedes-Curé con el mejor valor de  $\rho^*$  usando la suposición del índice de refracción debido a la densidad de energía gravitacional del Sol. El ajuste a los datos experimentales obtenidos por Céspedes-Curé es mejor que la predicción de la Teoría de Relatividad General calculada por la expresión,  $\delta = 4 GM_0/r$  donde  $M_0$  es la masa del Sol, G es la Constante de Gravitación de Newton y se expresa como un múltiplo m del radio solar  $R_0$ .

TABLA II

Línea	r (Unidad $R_0$ )	Merat ( $\delta \pm \Delta\delta$ ):	Merat ( $\delta - \Delta\delta$ )	Cespedes-Cure $\Delta_{C-C}$	Merat ( $\delta + \Delta\delta$ )
1	2,09	1,02+/-0,11	0,91	0,91	1,13
2	3,12	0,67+/-0,08	0,59	0,73	0,75
3	4,02	0,58+/-0,04	0,54	0,58	0,62
4	5,10	0,40+/-0,07	0,33	0,44	0,47
5	6,06	0,41+/-0,04	0,37	0,35	0,45
6	7,11	0,31+/-0,04	0,27	0,27	0,35
7	7,84	0,24+/-0,04	0,20	0,23	0,28
8	9,51	0,20+/-0,06	0,14	0,16	0,26
9	11,60	0,16+/-0,03	0,13	0,11	0,19

Datos utilizados para calcular el valor de  $\rho^*$  [9], la deflexión que se predice de la luz de las estrellas y comparación con las mediciones astronómicas reportadas por Merat [15].

### B. Medición de la anomalía del Pioneer

La anomalía Pioneer es un comportamiento anómalo en el movimiento de la nave espacial Pioneer 10 y 11 y varias otras naves espaciales, reportadas por la NASA las cuales exhiben una aceleración hacia la Tierra en exceso de la predicción de la teoría gravitatoria newtoniana. La anomalía del Pioneer se logró explicar sobre la base de la teoría anterior [12, 13]. Los valores numéricos reportados de la anomalía se utilizaron para calcular la densidad de energía gravitacional del espacio debido a las estrellas y las galaxias lejanas. El valor obtenido:

$$\rho^* = 1,0838 \times 10^{15} \text{ Joule}/m^3 \quad (9)$$

Coincide con el valor Ec. (8) obtenido por Céspedes-Curé como se informó anteriormente. A continuación, analizamos muy brevemente cuál es la anomalía de Pioneer (omitiendo detalles técnicos) y cómo se deduce el valor de  $\rho^*$ .

La nave espacial Pioneer fue lanzada en 1972 (Pioneer 10) y 1973 (Pioneer 11). Tuvieron como misión el estudio del sistema solar, particularmente Júpiter y Saturno durante su vuelo. Después de su vuelo cercano a Saturno salen al espacio lejos del Sol en una dirección aproximadamente en el plano de la eclíptica. Debido a la naturaleza larga de la misión, se les proporcionó instrumentación de larga vida y sistemas telemétricos muy precisos. Estos sistemas demostraron ser extremadamente confiables. Pioneer 10 alcanzó una distancia del sol de 75 AU el 11 de febrero de 2000. El contacto fue establecido en el trigésimo aniversario del lanzamiento: 2 de marzo de 2002. Datos de calidad fueron recibidos en una prueba el 11 de marzo de 2002. En ese momento la señal tomó 21 horas para ir y volver. La velocidad de recesión del Sol de la nave era de unos 11 km/s.

Con Pioneer 11, la radio continuó trabajando hasta el 1 de octubre de 1990 cuando se recibieron señales Doppler coherentes. La nave espacial estaba entonces a 30 AU desde el Sol.

Las distancias se obtienen mediante el tiempo de ir y regreso de las señales, y la velocidad de la nave velocidad mediante el uso del efecto Doppler. La estación terrena envía una señal de  $f = 2,295 \text{ GHz}$  y Pioneer retransmite la señal. La señal recibida se compara con la señal enviada.

Es un efecto Doppler doble:  $\Delta f = f_E (2v/c)$  (de primer orden). La NASA detectó una aceleración no modelada hacia la Tierra cuando la nave espacial se encontraban a alrededor de 5 a 10 UA y luego a mayores distancias [16]. La anomalía es un pequeño exceso de aceleración hacia el Sol:  $\approx 8.65$

Angstrom/s<sup>2</sup>. La anomalía se ha detectado en otras naves espaciales que vuelan normales al plano de la eclíptica Galileo y Ulises, en la nave espacial NEAR y en la nave Rosetta de la European Space Agency (ESA), como se muestra en la Tabla III.

Fueron consideradas varias causas posibles de la anomalía: viento solar, presión de radiación, emisión térmica (debido al <sup>238</sup>Pu fuente de energía a bordo), fugas de gas, problemas de señal electrónica, problemas de software, problemas de modelado. Finalmente se sugirió la posibilidad de nueva física. Un reciente artículo de Turyshev y colaboradores (2012) [17] pretende explicar la Anomalía Pioneer como debido a la emisión de calor no simétrica. Este efecto se había rechazado como una explicación en un detallado informe anterior de la NASA [19]. En el documento de (2012) se hace un modelo de dos parámetros de la emisión de calor asimétrica Ec. (1). Los dos parámetros se ajustan para minimizar los residuos de la comparación con la aceleración anómala medida. De esta manera se hace artificialmente que el momento debido a la emisión de calor asimétrica sea exactamente el valor requerido para dar cuenta de la aceleración anómala. Sin embargo, cualquier otro valor de los parámetros, excepto estos valores ad-hoc, no explicarían la aceleración anómala en la nave espacial Pioneer. Además, los argumentos de emisión de calor asimétricos no son válidos para la anomalía que se ha observado en las otras naves espaciales. Existen muchos trabajos que han sido publicados con múltiples intentos de explicación (Muchos en ArKiv) incluyendo cálculos dentro de la Teoría General de la Relatividad o la sugerencia de la materia oscura. Este último es incompatible con la exacta predicción newtoniana del movimiento de los cuerpos en el sistema solar. Los valores reportados de la aceleración anómala sufren de dispersión muy considerable compatible con la dificultad de la medición y su pequeña magnitud. El valor de  $\rho^*$  basado en la aceleración anómala se calculó usando el valor más preciso reportado para el Pioneer 10 de  $a = (8,65 \pm 0,03) \times 10^{-10} \text{ m s}^{-1}$  a una distancia de 20 AU con la suposición de que el índice de refracción  $n'$  a 20 AU debería estar dada por la hipótesis de Céspedes-Cura. Los cálculos [12] conducen a una expresión para el índice de refracción  $n'$  basado en el exceso de corrimiento Doppler medido y la frecuencia usada por la NASA para determinar, a través del efecto Doppler, el movimiento de la nave espacial. La expresión deducida [12] es:

TABLA III

Nave	Aceleración en exceso (ms <sup>-1</sup> )	Comentario	Referencia
Ulysses	(12 +/- 3) x 10-10		[18]
Galileo	(8 +/- 3) x 10-10	CHASM independent analysis	[18]
Pioneer 10	(8.09 +/- 0.20) x 10-10		[18]
Pioneer 10	(8.65 +/- 0.03) x 10-10	CHASM independent analysis with Pioneer 10 data at about 20 AU.	[18]
Pioneer 11	(8.56 +/- 0.15) x 10-10		[18]
Nave NEAR			[19]
ESA's Rosetta			[19]
Messenger			[38]

Naves espaciales viajando en el espacio profundo que han mostrado una aceleración anómala en exceso hacia el Sol. (Anomalía del Pioneer)

$$n' = 1 - \frac{E_D c}{2f_e G \left( \frac{M_s}{r_{Sfar}^2} + \frac{M_E}{r_{Efar}^2} \right)} \quad (10)$$

La medición precisa por la NASA del corrimiento Doppler en "Exceso"  $E_D$ , que es una desviación de frecuencia constante de  $(5.99 \pm 0.01) \times 10^{-9}$  Hz/s [18] de la frecuencia utilizada en la transmisión a la nave espacial Pioneer de  $f_e = 2295$  MHz enviado desde la Tierra [18] y el uso de la Ec. (10) constituye una medida exacta de  $n'$  el índice de refracción a 20 UA. El cálculo da  $n' = 0.9999735679$  † de manera que la velocidad efectiva de la luz en el sitio de la nave espacial a 20 AU resulta ser  $c' = 299800382$  m/s lo cual es una es una minúscula cantidad más grande (7924 m/s) que la velocidad de la luz (aceptada)  $c = 299792458$  m/s en la superficie de la Tierra a 1 AU. Con este valor de  $n'$  en la Ec. (7)  $\rho^*$  es el único valor desconocido ya que las densidades de energía gravitatoria debidas al Sol a 1 AU  $\rho_s$  y debido a la Tierra  $\rho_E$  pueden calcularse en la superficie de la Tierra y a 20 AU con la Ec. (6). Resolviendo para  $\rho^*$  se obtiene:

$$\rho^* = \frac{\frac{GM_s^2}{8\pi r_{Sfar}^4} + \frac{GM_E^2}{8\pi r_{Efar}^4} - n'^2 \left( \frac{GM_s^2}{8\pi r_{S1AU}^4} + \frac{GM_E^2}{8\pi r_E^4} \right)}{n'^2 - 1} \quad (11)$$

El valor de  $\rho^*$  calculado con esta expresión se da más arriba en (9)  $\rho^* = 1.0838 \times 10^{15}$  Joule/m<sup>3</sup>

Este valor coincide con el valor, Ec. (8), de  $\rho^* = 1.09429 \times 10^{15}$  Joule/m<sup>3</sup> calculado por Céspedes-Curé sobre la base de un fenómeno completamente diferente: la deflexión de la luz de las estrellas por el Sol durante los eclipses solares, como se muestra en la sección anterior. Los valores numéricos utilizados para calcular se dan en el apéndice. La igualdad de los valores calculados por procedimientos completamente diferentes es una evidencia innegable y muy fuerte en soporte de la hipótesis de Céspedes-Curé.

### C. La Anomalía de vuelo cercano (Flyby Anomaly)

Durante maniobras realizadas por la NASA para aumentar (O disminuir) la energía de sondas espaciales, haciendo que la nave haga un paso cercano a un planeta, se ha observado un comportamiento anómalo en el cambio de la energía que debería producirse haciendo uso de las leyes de la mecánica conocidas. La magnitud de la anomalía es diminuta pero significativa. Ha sido observada en las naves Pioneer, Cassini, Rosetta, NEAR y Messenger. [38] A la fecha (2017) no se ha encontrado explicación adecuada de este fenómeno.

El fenómeno es posible explicarlo cualitativamente con la teoría que se presenta en este trabajo. Pero la explicación cuantitativa y rigurosa no ha sido hecha por cuanto que involucra realizar un modelaje adecuado con complicados cálculos de las órbitas donde hay que tomar en cuenta los efectos gravitatorios de los varios cuerpos que pudieran estar en la inmediatez de la zona de la maniobra.

Durante la maniobra la nave sigue una trayectoria que la lleva desde una gran distancia del planeta hasta un punto muy cercano al planeta seguido de una trayectoria que de nuevo la

lleva hasta una gran distancia. La nave por lo tanto recorre zonas del espacio con valores variables de la densidad de energía gravitatoria y por lo tanto distintos valores del índice de refracción del espacio. Valores más altos de  $n$  cercanos al planeta y valores menores a gran distancia. Para determinar los cambios de energía se mide la velocidad de la nave mediante el efecto Doppler y como se describe a continuación esas medidas dan valores ligeramente erróneos para zonas del espacio donde la densidad de energía gravitacional difiere de la que existe en la superficie de la tierra y por lo tanto difiere del índice de refracción en la superficie de la tierra. Es necesario hacer los cálculos indicados para verificar cuantitativamente si esta es la causa de este comportamiento anómalo. Por el momento podemos adelantar que con las medidas realizadas por la NASA de este fenómeno se debe poder deducir de una manera independiente la densidad de energía gravitacional  $\rho^*$  debido a las estrellas y galaxias lejanas y así suministrar evidencia adicional a la hipótesis de Céspedes-Curé y la conjetura de A. Einstein en su conversación con Peter Kapitza en 1930 [3]

## IV. CONSECUENCIAS

Esta teoría tiene consecuencias de gran alcance que afectan amplios campos de la física actual. Aquí sólo mencionamos algunos ítems que hemos comenzado a explorar.

Una consecuencia inmediata es la predicción de la existencia de agujeros negros: Según la Ec. (7) a saber

$$n' = \frac{\sqrt{\rho'}}{\sqrt{\rho}} n'$$

La densidad de energía gravitacional en la cercanía de cuerpos extremadamente masivos es muchos órdenes de magnitud mayor que la densidad de energía gravitatoria en la superficie de la Tierra. Por lo tanto, el índice de la refracción se convierte en un número muy grande que conduce a una velocidad muy pequeña de la luz. Consecuentemente la luz de tales cuerpos masivos se propaga a baja velocidad en la cercanía del cuerpo y no llega a nosotros.

### A. Sobre el efecto Doppler

El corrimiento Doppler  $\Delta f$  observado de una frecuencia de luz conocida  $f$  se utiliza para determinar la velocidad de la fuente de luz  $v$  en la línea de visión. El corrimiento Doppler (en primer orden) observado  $\Delta f$  está dado por

$$\Delta f = f \frac{v}{c} \quad (12)$$

De donde la velocidad de una estrella se obtiene como:

$$v = \frac{\Delta f c}{f} \quad (13)$$

Si en el sitio de la fuente de luz la densidad de energía gravitacional  $\rho'$  es diferente de la densidad de energía gravitacional  $\rho$  en la Tierra, entonces el valor del índice de

refracción en ese sitio dado por la relación (7) es decir

$$n' = \frac{\sqrt{\rho'}}{\sqrt{\rho}} = \frac{\sqrt{\rho'}}{\sqrt{\rho^* + \rho_s + \rho_E}}$$

es diferente que en la Tierra.

Definiendo el índice de refracción  $n'$  en referencia al índice de refracción  $n=1$  en vacío sobre la superficie de la Tierra como

$$n' = \frac{c}{c'} \quad (14)$$

por lo tanto

$$c' = \frac{c}{n'} \quad (15)$$

Debe mencionarse que  $c'$  es de hecho la velocidad de la luz que se mide realmente [20] si el medio donde la luz se propaga tiene el índice de refracción  $n'$

Estas relaciones muestran que en otro lugar donde  $\rho$  tiene un valor diferente de la Tierra y la densidad de energía gravitacional  $\rho'$  es mayor que en la Tierra,  $\rho' > \rho$  obtendremos que  $n' > 1$ , es decir que la velocidad efectiva de la luz es  $c' < c$ . Este es el caso si consideramos una ubicación en el vecindario de un cuerpo masivo como el sol o en el centro de una galaxia con una mayor densidad de energía gravitacional que en la Tierra.

Por el contrario, si la densidad de energía gravitacional  $\rho'$  es menor que en la Tierra  $\rho' < \rho$ , tendremos que  $n' < 1$ , es decir, la velocidad efectiva de la luz es  $c' > c$ . Este es el caso de una ubicación lejos de un cuerpo masivo, como en el espacio interestelar lejos del Sol o muy lejos del centro de la Vía Láctea o en el borde de una galaxia espiral

Dado que el efecto Doppler predice la velocidad de las estrellas con  $v = \Delta f c / f$  mediremos una velocidad anormalmente alta,

$$v' = \Delta f c' / f \quad (16)$$

o sobreestimamos la velocidad en lugares donde la densidad de energía gravitacional  $\rho'$  es menor que en la Tierra  $\rho' < \rho$ , como es el caso en el espacio interestelar lejos del Sol o lejos del centro de una galaxia, como sería en el borde de Andrómeda o en el borde de cualquier galaxia

### B. Sobre la curva de rotación plana de las galaxias

Observaciones astronómicas de la velocidad de las estrellas en galaxias espirales ha mostrado un comportamiento que no está de acuerdo con la velocidad radial esperada deducida por la ley de la gravitación universal de Newton o la Teoría de la Relatividad General. Un cuerpo de masa  $m$  en movimiento circular a una distancia  $r$  alrededor de otra de masa  $M$  con  $m \ll M$  es afectado por una fuerza centrípeta dada por [21]

$$\frac{GMm}{r^2} = ma = m \frac{v^2}{r} = m \omega^2 r \quad (17)$$

Aquí  $G$  es la constante universal de gravitación de Newton,  $v$  es la magnitud de la velocidad tangencial de  $m$  alrededor de  $M$ ,  $v^2/r = \omega^2 r$  es la aceleración centrípeta y  $\omega$  la velocidad angular.

Se deduce que la velocidad tangencial y la velocidad angular dada por

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad \text{y por } \omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}} \quad (18)$$

Estas predicciones, que están perfectamente corroboradas en el sistema solar, no son exactamente seguidas por las estrellas que giran alrededor y lejos del centro galáctico. Velocidades calculadas a partir de las mediciones astronómicas de los corrimientos Doppler. La medida de la velocidad excede la predicción newtoniana. El problema es similar a una masa que es girada unida por una cuerda a una velocidad de rotación tal que la tensión excede la resistencia de la cuerda.

Se han seguido dos enfoques para explicar estas observaciones:

El primer enfoque: postula la existencia de la "materia oscura". Es decir, la suposición de que la galaxia tiene material frío que es invisible por cualquiera de los medios de observación que tenemos (todo el espectro electromagnético) con una masa tal que, sumada a la masa visual  $M$  estimada con las relaciones (17) daría la velocidad excesiva observada por encima de lo que se espera según la ley de gravitación universal de Newton.

El segundo enfoque es asumir una modificación de la mecánica newtoniana. Uno de estos enfoques es la teoría "MOND" de Milgrom [22] que no comentaremos.

Una tercera alternativa es la siguiente: Los cálculos de la velocidad de las estrellas que han conducido a la curva de rotación plana de las galaxias son incorrectos. En lo que sigue elaboramos sobre esta tercera alternativa. Todos los movimientos de estrellas que se han medido se basan en un solo fenómeno: El efecto Doppler de la luz. La "curva de rotación plana de las galaxias" se ha derivado utilizando la relación (16) sobre las estrellas a grandes distancias del centro de Andrómeda y otras galaxias. La misma relación fue utilizada por Hubble para llegar a la suposición de la expansión del universo y todos los conceptos y teorías derivados de este concepto. Éstas incluyen la teoría del Big Bang, la Materia Oscura, la Energía Oscura y la acelerada tasa de expansión de estrellas y galaxias muy lejanas.

La relación (16) supone que  $c$  es una constante universal en vacío y que tiene el mismo valor que se mide en la superficie de la Tierra. También se supone que tiene el mismo valor en el centro de Andrómeda u otras galaxias, así como a  $10^{20}$  m lejos del centro, en las estrellas en las alas espirales de las galaxias y también en los confines del universo. En todos estos lugares se supone que tiene el valor que se ha medido, en vacío, en la superficie de la Tierra. Se cuestiona esta suposición muy fuerte a la luz de la discusión sobre la hipótesis de Céspedes-Cura presentada anteriormente. Existe ciertamente una variación radial de la densidad de energía gravitacional en Andrómeda y otras galaxias debido a la distribución variable de la masa

galáctica, de manera que la densidad de energía aumenta a medida que nos acercamos al centro galáctico y disminuye con el aumento de la distancia desde el centro galáctico. Por lo tanto, debe haber una distribución radial del índice de refracción que viene dado por la ecuación (7), a saber

$$n' = \frac{\sqrt{\rho'}}{\sqrt{\rho}} = \frac{\sqrt{\rho'}}{\sqrt{\rho^* + \rho_S + \rho_E}}$$

Como se ha discutido anteriormente, esta relación implica que a mayor densidad de energía gravitatoria el índice de refracción es mayor y la velocidad de la luz disminuye. Por el contrario, la densidad de energía gravitatoria disminuye a medida que nos alejamos del centro galáctico, de modo que el índice de refracción disminuye y la velocidad efectiva de la luz aumenta conduciendo a una medición de las velocidades de las estrellas mediante el uso de la ecuación (16), de una velocidad de estrella anormalmente sobre estimada que no sigue la predicción newtoniana esperada. Es conveniente observar que la Vía Láctea de acuerdo con las observaciones astronómicas actuales es diagonalmente de unos 30 kpc y que el Sol se encuentra a unos 8 kpc desde el centro en lo que se conoce como el brazo de Sagitario de la Vía Láctea. Eso es, la Tierra está radialmente alrededor de la mitad del camino desde el centro hasta el borde galáctico. Este es un lugar donde la contribución a la densidad de energía gravitacional debido a la masa galáctica de la Vía Láctea es ciertamente más importante que en áreas en el borde de la galaxia.

### C. Sobre la ley empírica de Hubble.

En esta sección queremos presentar algunas ideas con respecto a las velocidades astronómicamente observadas de estrellas y galaxias que han llevado a la ley de Hubble que relaciona la distancia aparente con la Tierra y las velocidades de recesión. Sólo avanzaremos argumentos plausibles basados en la hipótesis de Céspedes-Curé presentada anteriormente sin entrar en cálculos numéricos que requerirían un modelo detallado del universo. Los corrimientos al rojo observados en la luz de las estrellas suponemos que se debe a desplazamientos en la línea de visión de la fuente de la luz y que se traduce en velocidades mediante el efecto Doppler de primer orden de la luz. El aumento de la velocidad de recesión asociada con la distancia adicional que fue observada por Hubble en el telescopio de 100 pulgadas en el Monte Wilson, ha llevado al concepto de un universo en expansión, a la hipótesis de que la causa de la expansión es debido a una explosión inicial llamada la "Big Bang". Observaciones en colaboración más recientes con telescopios terrestres y telescopios más grandes en órbita terrestre han mostrado valores extremos para los corrimientos al rojo de galaxias muy lejanas que no siguen la relación lineal propuesta por Hubble sino más bien una aceleración de la expansión. Los grandes valores de las velocidades de recesión a las mayores distancias condujeron al propio Hubble a cuestionar la interpretación de los desplazamientos hacia el rojo como verdadera medida de las velocidades de recesión. Muchos otros autores también han cuestionado esta interpretación dando lugar a ideas alternativas sobre la causa de los corrimientos al rojo observados. Una teoría de este tipo es la llamada "Teoría de la Luz Cansada": La suposición de que hay pérdida de la energía de la luz o absorción de la energía de la luz a medida

que atraviesa las enormes distancias involucradas. [21]. El corrimiento cosmológico al rojo también se puede interpretar de una manera elegante y rigurosa [9], pero no comentaremos aquí esta interpretación.

A continuación, damos una interpretación plausible basada en el trabajo expuesto anteriormente. Hemos demostrado más arriba que el índice de refracción en una región del espacio con un valor de densidad de energía gravitatoria diferente del valor en la superficie de la Tierra está dado por la Ec. (7) a saber

$$n' = \frac{\sqrt{\rho'}}{\sqrt{\rho}} = \frac{\sqrt{\rho'}}{\sqrt{\rho^* + \rho_S + \rho_E}}$$

La densidad de energía gravitacional de una masa está dada por la Ec. (6) anterior es decir:

$$\rho = \frac{GM^2}{8\pi r^4}$$

Esto sugiere que una posible interpretación de los corrimientos Doppler extremos observados en las galaxias muy lejanas puede estar relacionada con una variación de la densidad de energía gravitacional con la distancia de la masa total en los confines exteriores del universo. En particular, si asumimos como modelo un universo con expansión, pero con su distribución de masa limitada en extensión, es razonable suponer que la densidad volumétrica de estrellas y galaxias disminuye radialmente hacia el límite del universo y que la densidad de energía gravitatoria disminuye a medida que vamos más y más lejos hacia las regiones limitantes. La citada Ec. (7) entonces predice que el índice de refracción  $n'$  se hace más pequeño y más pequeño a medida que avanzamos cada vez más lejos. Por lo tanto,  $c'$  la velocidad efectiva de la luz aumenta debido a la Ec. (15) es decir,  $c' n' = c$  conduce a valores más altos, anómalos y sobreestimados de las velocidades de las estrellas que se deducen. No tenemos una manera independiente de determinar las velocidades estelares de estrellas y galaxias extremadamente lejanas como en el caso de las estrellas en el borde de las galaxias en rotación, por lo tanto, debemos confiar en mediciones experimentales que confirmen o falsifiquen la hipótesis de Céspedes-Cura para considerar esta explicación plausible de la aceleración de la expansión del universo en las galaxias más lejanas.

### D. Sobre la variación de masa con la posición

Una consecuencia de la hipótesis de Céspedes-Curé y la energía de reposo de Einstein de una masa  $E = m c^2$ . Es la predicción del cambio en la masa de un cuerpo como una función de la posición en el espacio cuasi-vacío.

#### 1) Variación de masa con índice de refracción

Consideramos un cuerpo de masa  $m$  situado en la superficie de la Tierra donde el índice de refracción del espacio vacío es  $n = 1$  y la velocidad de la luz es  $c$ . Como se discutió anteriormente, el índice de refracción del espacio vacío  $n'$  en un lugar distinto, donde la densidad de energía total del espacio es diferente de la densidad de energía total del espacio en la superficie de la Tierra, se deduce que la velocidad de la luz es ligeramente diferente de  $c$ .

Si consideramos la energía en reposo de un cuerpo sobre la superficie de la Tierra dada por la relación de Einstein, entonces cuando el cuerpo se encuentra en un lugar distinto donde la velocidad de la luz  $c'$  es diferente, la relación lleva a un valor diferente de energía de reposo.  $E'=m(c')^2$  Por lo tanto, nos enfrentamos a las siguientes dos alternativas:

1. 1. Suponer que la masa permanece inalterada:  $m = m'$  y que la energía en reposo cambia:  $E \neq E'$
2. 2. Suponer que la energía en reposo permanece inalterada:  $E=E'$  y que la masa cambia:  $m \neq m'$

Ignoramos la primera alternativa y asumimos la segunda. Por lo tanto, adoptamos que la energía en reposo no cambia por el cambio de ubicación. Esto conduce a la relación:

$$\frac{E'}{E} = 1 = \frac{m'c'^2}{mc^2} \quad (19)$$

Ahora sustituimos la hipótesis de Céspedes-Cura (2) que establece que la velocidad de la luz viene dada por

$$c = \frac{k}{\sqrt{\rho}} \text{ de manera que } c' = \frac{k}{\sqrt{\rho'}}$$

Donde  $k$  es una constante de proporcionalidad. La sustitución en (19) da

$$l = \frac{m'\rho}{m\rho'}$$

Lo que lleva a:

$$m' = \frac{\rho'}{\rho} m \quad (20)$$

Por lo tanto, si  $\rho' > \rho$  entonces  $m' > m$ . Es decir, en lugares con mayor densidad de energía que en la superficie de la Tierra, la masa de un cuerpo aumenta en proporción directa con el aumento de la densidad energética total de esa ubicación. Esto se relaciona con el Principio de Mach como se discute a continuación.

### 2) Principio de Mach.

Hay muchas definiciones del "Principio de Mach". Speiser [31], en su tesis de maestría Principio de Mach, recogió 47 declaraciones de este principio escritas por diferentes físicos. Llega a la conclusión de que la versión más común del principio parece ser:

*"La masa inercial de un cuerpo está determinada por la distribución total de materia y energía"*

Concluimos que la Ec. (20) es una representación matemática del principio de Mach. Esto se debe a que cuando examinamos lo que son  $\rho'$  y  $\rho$  como se definen en la hipótesis de Céspedes-Cura, estas cantidades representan la densidad de energía total que incluye una suma de densidad de energía gravitatoria debido a las estrellas y galaxias lejanas,  $\rho^*$  que es el término más importante por varios ordenes de magnitud, como se muestra en la Tabla I, y la densidad de energía gravitatoria de

los cuerpos masivos cercanos como el sol o los planetas que son términos menos importantes calculados con la Ec. (6):

$$\rho = \frac{GM^2}{8\pi r^4}$$

Y en magnitudes aún mucho menores, la densidad de energía gravitatoria debido a posibles campos eléctricos o magnéticos que actúan en los sitios de  $m$  y  $m'$ .

### 3) Otras consecuencias

Hemos identificado otras consecuencias entre las cuales podemos mencionar el efecto sobre la Ley de Gravitación Universal de Newton y sobre las fuerzas electromagnéticas. Sin embargo, no se comentará en este trabajo sobre estos tópicos.

## V. PROPUESTAS EXPERIMENTALES

En esta sección se presentan dos propuestas experimentales para verificar la conjetura de Einstein discutida anteriormente y la hipótesis de Céspedes-Cura. Estos se presentan para suministrar evidencia adicional a la proporcionada por los valores coincidentes de la densidad de energía gravitacional de estrellas y galaxias lejanas,  $\rho^*$ , calculadas por la interpretación de dos fenómenos totalmente diferentes: La deflexión de la luz de las estrellas por el Sol durante los eclipses (Sección III - A) y por las mediciones de la NASA de la anomalía de Pioneer (sección III - B anterior). Los experimentos propuestos son difíciles, pero no imposibles, como lo demuestran los cálculos numéricos presentados.

### A. Índice de refracción entre Júpiter y la Tierra.

El índice de refracción del espacio entre Júpiter y la Tierra se puede medir haciendo una medida moderna, muy precisa, de la velocidad de la luz por el método utilizado por Roemer. En su trabajo durante un período de 7 años que termina en 1676, Roemer hizo mediciones minuciosas de los tiempos entre

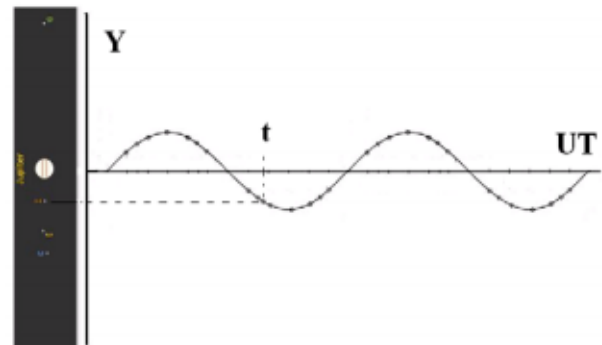


Fig. 1. A la izquierda está una foto digital simulada de Júpiter [35] incluyendo sus satélites galileanos tomados en el tiempo  $t$ . En el centro hay un gráfico simulado de la posición relativa  $Y$  de Io (en las fotos) como una función del Tiempo Universal (UT).

eclipses de las lunas de Júpiter. Descubrió y documentó los cambios estacionales de los tiempos de ocultación (o reaparición) de Io, el primer satélite de Júpiter. (Ver una discusión detallada de J. H. Shea en [33]). Con una correcta interpretación de la razón de las variaciones observadas en los períodos de rotación y los tiempos de ocultación, C. Huygens, utilizando los datos de Roemer, pudo calcular por primera vez la velocidad unidireccional de la luz que viene de Júpiter a la



Tierra. Utilizando la teoría explicada anteriormente, se espera que el índice de refracción del espacio entre Júpiter y la Tierra sea ligeramente menor que uno:  $n' < 1$ . Esto se deduce de un examen de la relación (7) a saber

$$n' = \frac{\sqrt{\rho'}}{\sqrt{\rho}}$$

La densidad de energía gravitacional en la superficie de la Tierra  $\rho$  se espera que sea ligeramente mayor que  $\rho'$  en el espacio entre Júpiter y la Tierra para que el índice de refracción  $n'$  se espera que sea  $n' < 1$  y la velocidad de la luz en el espacio entre Júpiter y la Tierra ligeramente superior que  $c$ .

Haciendo uso de la relación (6) a saber

$$\rho = \frac{GM^2}{8\pi r^4}$$

Podemos calcular la densidad de energía gravitatoria total en la superficie de la Tierra y en el espacio entre la Tierra y Júpiter añadiendo las contribuciones debidas al Sol, la Tierra, Júpiter y las estrellas y galaxias lejanas. Los resultados se muestran en la Tabla IV. Los resultados numéricos en esta tabla reflejan la naturaleza ( $1 / r^4$ ) de la Ec. (6). La densidad de energía gravitacional disminuye muy rápidamente con la distancia y las contribuciones debidas al Sol, a la Tierra y a Júpiter se vuelven insignificantes en comparación con el valor de  $\rho^*$  debido a las estrellas y galaxias lejanas. Por lo tanto, a menos que consideremos una región relativamente cercana a los planetas como en la superficie del planeta o su atmósfera, es  $\rho^*$  lo que determina el índice de refracción  $n'$  en la región entre la Tierra y Júpiter.

Para verificar las predicciones de la Tabla IV necesitamos hacer mediciones muy precisas. El cambio fraccionario en el índice de refracción en el espacio entre Júpiter y la Tierra en comparación con el valor en la superficie de la Tierra es  $2,62 \times 10^{-5}$  o en porcentaje: 0,00262%. Para realizar esta medida proponemos un método muy simple: una variación del método de Roemer que utilizó observaciones cronometradas de la rotación del satélite Io de Júpiter. Proponemos utilizar la instrumentación moderna para determinar la velocidad unidireccional de la luz. En lugar de intentar medir los instantes de ocurrencia de los eclipses de las lunas de Júpiter, que es difícil y tiene errores muy grandes y que ha sido utilizado tradicionalmente para determinar los efemérides de los satélites

de Júpiter, se propone un método fotográfico digital.

El método es accesible para los astrónomos aficionados con telescopios modestos equipados con cámaras digitales de suficiente resolución y que son capaces de codificar el tiempo exacto de las fotografías. El método se explica claramente haciendo referencia a la Fig. 1.

Se toman conjuntos de fotos de Júpiter y su satélite Io con cámaras digitales de alta resolución. Se toman varios conjuntos de fotografías en instantes de tiempo arbitrarios en los cuales esté cuidadosamente registrado el Tiempo Universal (UT) (digamos una foto cada 15 minutos) durante un período de observación de un par de días cada conjunto. El tiempo de los conjuntos de fotos tomados debe abarcar por lo menos 6 meses para cubrir diferentes distancias relativas entre Júpiter y la Tierra.

Para cada fotografía digital se registran dos valores: 1) el tiempo UT de la fotografía, y 2) un valor exacto de la distancia de Io respecto del centro de Júpiter. Las distancias en las fotos se registran en píxeles, pero la unidad registrada para la distancia hasta el centro de Júpiter en cada foto es en fracciones o múltiplos del diámetro visual de Júpiter en la foto particular. Este último valor se obtiene mediante el análisis de las imágenes digitales. Con estos valores se realiza un gráfico de la posición relativa de Io (Y) en función del tiempo UT. Este gráfico se verá como se muestra en la Fig. 1 y consiste en puntos experimentales que se ajustarán mediante una curva sinusoidal. Si asumimos una órbita circular para Io, la curva ajustada sería:

$$Y = Y_{Max} \text{Sin}(\omega t + \phi) \quad (21)$$

La curva sinusoidal es un ajuste no lineal (simulado) a los puntos para un conjunto de fotos tomadas durante el tiempo de dos revoluciones de Io, Equivalente a unos 3,5 días. Con los parámetros del ajuste son:  $Y_{Max}$  la amplitud,  $\omega$  la velocidad angular de rotación y  $\phi$  el ángulo de fase de la rotación aparente de Io. Estos parámetros permitirán el cálculo de la velocidad de la luz. Ambos,  $\omega$  la velocidad de rotación angular aparente y  $\phi$  la fase, se espera que varíen con cambios significativos del tiempo universal o la distancia Tierra-Júpiter. La velocidad de rotación angular de Io es constante. El período orbital de Io se ha determinado como 1,769 días o 152 854 segundos [36]. Sin embargo, la velocidad de rotación angular observada o aparente cambia debido al efecto Doppler: con valores más altos cuando la Tierra se mueve en su órbita hacia Júpiter y con valores más bajos cuando la Tierra se mueve en su órbita alejándose de

TABLA IV

Distancia a Júpiter	Contribución a la densidad de energía gravitacional (J/m3)*					Índice de refracción $n'$	Velocidad de la luz $c'$ (m/s)
	Estrellas y galaxias lejanas	Sol	Tierra	Júpiter	Total		
@ Superficie de la Tierra	1,09429E+15	2,0970E+4	5,73E+10	6,112E-05	1,094E+15	1,0000000000	299792458
¼	1,09429E+15	1,18E+03	1,551E-07	1,9312E-4	1,094E+15	0,999973821	299800306,4
½	1,09429E+15	2,26E+02	9,693E-09	9,7798E-4	1,094E+15	0,999973821	299800306,4
¾	1,09429E+15	7,05E+01	1,914E-09	1,5647E-2	1,094E+15	0,999973821	299800306,4
@ Superficie de Júpiter	1,09429E+15	2,86E+01	6,058E-10	7,15E+07	1,0946E+15	1,00014112	299750157,3

Densidad de energía gravitacional, índice de refracción y velocidad de la luz en diferentes posiciones entre la Tierra y Júpiter suponiendo, por simplicidad, la alineación entre Júpiter, la Tierra y el Sol.

\* Los valores en esta tabla no tienen las cifras significativas suficientes por limitación en el espacio para imprimir.

Júpiter. El ángulo de fase  $\varphi$  cambia como una función de la distancia Júpiter-Tierra porque se ve afectada por el tiempo variable  $t = t_0 \pm \varphi / \omega$  que tarda la luz en atravesar la distancia a la Tierra a la velocidad finita de la luz. El ángulo de fase disminuye cuando la distancia Júpiter-Tierra disminuye y aumenta cuando la distancia de Júpiter-Tierra aumenta. Siendo  $t_0$  el tiempo para que la luz alcance la Tierra en el punto de aproximación más cercano.

La distancia  $x$  entre Júpiter y Tierra se obtiene a partir de efemérides astronómicas y el Tiempo Universal  $t$  el registrado para cada fotografía. Finalmente, la pendiente del gráfico  $\partial x / \partial t$  de los cambios calculados en las distancias  $x$  de Júpiter-Tierra en función de los cambios en el tiempo debido a los cambios en el ángulo de fase  $\varphi / \omega$  producirá la velocidad media de la luz en el espacio Júpiter-Tierra. Para verificar la hipótesis de Céspedes-Curé es necesario lograr una precisión suficiente en los parámetros de ajuste  $Y_{\text{Max}}$ ,  $\omega$  y  $\varphi$  en particular, en los dos últimos. Como se muestra en la Tabla IV, el índice de refracción calculado en el espacio entre Júpiter y la Tierra es 0,999973821, que difiere poco de 1, por lo tanto  $c'$ , la velocidad prevista de la luz difiere poco de  $c$ . El cambio es sólo 0,00262%, lo que requiere que las mediciones del período de rotación de  $Io$  y los ángulos de fase tengan incertidumbres de menos de  $\pm 4$  s. Proponemos realizar esta medición asegurando la colaboración de astrónomos aficionados de todo el mundo haciendo un llamamiento para participar en la medición. De esta manera se reunirá una gran cantidad de datos contribuyendo a la exactitud de las mediciones.

#### B. Índice de refracción en la Estación Espacial Internacional (ISS)

En esta sección se calcula el índice de refracción a la altura de la ISS donde se puede llevar un instrumento preciso para medir la velocidad de la luz.

El índice de refracción en la Estación Espacial Internacional (ISS) se puede calcular con la Ec. (7) a saber:

$$\rho_{ISS} = \sqrt{\rho^* + \rho_S + \rho_{E-ISS}}$$

Donde la densidad de energía gravitacional total  $\rho'_{ISS}$  está constituida por  $\rho'_E$  la densidad de energía debida a la tierra a la altura de la ISS. Puesto que la densidad de energía gravitacional debida a las estrellas y galaxias lejanas  $\rho^*$  y la debida al sol  $\rho_S$  se esperarían que sean igual a estos valores en la superficie de la tierra, la Ec. (7) resulta en

$$n'_{ISS} = \frac{\sqrt{\rho'_{ISS}}}{\sqrt{\rho}} = \sqrt{\frac{\rho^* + \rho_S + \rho_{ISS}}{\rho^* + \rho_S + \rho_E}} \quad (22)$$

Haciendo uso de la Ec. (6) se obtiene para  $\rho_{E-ISS}$

$$\rho_{E-ISS} = \frac{GM_E^2}{8\pi r_{ISS}^4} = \frac{GM_E^2}{8\pi(r_E + h_{ISS})^4} \quad (23)$$

Donde

$M_E$  es la masa de la tierra,  $r_E$  es el radio de la tierra y  $h_{ISS}$  es la

altura de la ISS (333,25 Km). La sustitución de (23) en (22) da el índice de refracción en la ISS como:

$$n'_{ISS} = \sqrt{\frac{\rho^* + \rho_S + \frac{GM_E^2}{8\pi(r_E + h_{ISS})^4}}{\rho^* + \rho_S + \rho_E}} \quad (24)$$

De donde la velocidad de la luz en la ISS se puede obtener con la Ec. (15)

$$c'_{ISS} = \frac{c}{n'_{ISS}} \quad (25)$$

Para verificar la hipótesis de Céspedes-Curé hacienda medidas de la velocidad de la luz en la ISS, hay que realizar medidas muy precisas. El valor del índice de refracción en la ISS que se predice con la Ec. (24) es 0,99997869369. Y la correspondiente velocidad de la luz en la ISS que predice la Ec. (25) es 299798845,6 m/s una diferencia del valor aceptado de  $c$  de 6387,6 m/s es decir de un cambio de solo 0,00213 %. Estos valores dan una indicación de los requerimientos de precisión del instrumento que se pretenda llevar a la ISS para verificar o falsificar la conjetura de A. Einstein y la hipótesis de Céspedes-Curé.

#### VI. CONCLUSIÓN

En este trabajo elaboramos sobre la conjetura de Einstein de 1930 de que la densidad de energía magnética afecta la propagación de la luz, ampliándola para incluir el efecto sobre la propagación de la luz por la densidad de energía del espacio debido a masas gravitacionales como el Sol, la Tierra o las estrellas y galaxias lejanas.

Demostramos que dos medidas experimentales muy diferentes: la deflexión de la luz por el Sol durante los eclipses y el movimiento aparentemente anómalo de la nave espacial Pioneer, llevan al mismo valor de la densidad de energía gravitacional del espacio debido a las estrellas y galaxias lejanas. Estos resultados, que no pueden ser debidos a una coincidencia, dan un fuerte apoyo a la conjetura de A. Einstein de 1930 que un campo magnético afecta la propagación de la luz y confiere credibilidad a la hipótesis de Céspedes-Curación de que las sumas de densidades de energía gravitatorias eléctrica y magnética afectan el índice de refracción del espacio cuasi-vacío. Esta hipótesis tiene consecuencias de gran alcance para la física en general y para la cosmología en particular. Mostramos que explica la existencia de agujeros negros. También se muestra cómo la "curva de rotación plana de las galaxias" podría explicarse cómo debido a una interpretación incompleta de los corrimientos Doppler de las estrellas en el borde de las galaxias producidas por una variación radial del índice de refracción del espacio. También mostramos cómo esta hipótesis podría explicar las desviaciones de la ley lineal de Hubble o aceleración de la expansión que se observa en las galaxias a las distancias más lejanas. Haciendo los supuestos adicionales de un universo en expansión, limitado en extensión cuya densidad de materia disminuye con la distancia.

Demostramos que una consecuencia de este trabajo es que la masa de un cuerpo depende de la densidad energética relativa del espacio a través de una relación (20) que constituye una expresión matemática del principio de Mach expresado como:

*"La masa inercial de un cuerpo está determinada por la Distribución total de materia y energía".*

Finalmente, proporcionamos cálculos para dos experimentos factibles que pueden proporcionar evidencia adicional a la conjetura de A. Einstein y la hipótesis de Céspedes-Curé. Todos ellos requieren mediciones muy precisas del índice de refracción del espacio: En la Estación Espacial Internacional, en el espacio entre Júpiter y la Tierra y en el campo de un imán fuerte. Este último es un experimento que fue propuesto por A. Einstein hace 85 años y que no se ha realizado con la sensibilidad requerida.

## VII. AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi colega Guillermo Chacín por las discusiones críticas de las ideas de este manuscrito y una valiosa sugerencia, útiles conversaciones con Gabriel Bernasconi del OIEA Viena, Austria y mis colegas en USB Laszlo Sajó-Bohus, Imre Mikoss, Haydn Barros, An Michel Rodríguez y Mario Bernal. Quiero agradecer la invaluable ayuda de Ing. Fernando Anzola. Y dar las gracias a Simón E. Greaves por la verificación independiente de los resultados numéricos. También quiero agradecer al difunto profesor Jorge Céspedes-Curé por señalar que la anomalía de Pioneer podría explicarse con la teoría contenida en su libro

## VIII. APENDICE

Valores numéricos utilizados en los cálculos

Es conveniente que los lectores tengan los valores numéricos de las cantidades que se utilizaron en los cálculos los cuales se recogen en la siguiente tabla. Los resultados calculados se ven afectados por el número limitado de cifras significativas de las variables utilizadas; Sin embargo, he escogido expresar resultados numéricos, en este trabajo, con más que el número recomendado de cifras significativas

APENDICE  
VALORES NUMÉRICOS UTILIZADOS EN LOS CÁLCULOS

Variable	Valor
G constante de gravitación	$6.67300 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
Masa del Sol	$1.98892 \times 10^{30} \text{ Kg}$
Masa de la Tierra	$5.976 \times 10^{24} \text{ Kg}$
Frecuencia transmitida desde la tierra a la nave Pioneer	$2.295 \times 10^9 \text{ Hz}$
Corrimiento de la frecuencia (a 20 AU)	$5.99 \times 10^9 \text{ Hz/s}$
Distancia desde la tierra (19 AU)	$2.84236 \times 10^{12} \text{ m}$
Distancia desde el sol (20AU)	$2.99196 \times 10^{12} \text{ m}$
Radio de la Tierra	$6.378140 \times 10^6 \text{ m}$
1 AU	$1.49598 \times 10^{11} \text{ m}$
$\rho$ * Valor obtenido por Jorge Céspedes-Curé	$1.09429 \times 10^{15} \text{ Joule/m}^3$
Índice de refracción calculado usando la anomalía del Pioneer a R = 20 AU	$n' = 0.999973567$
Velocidad de la luz en la superficie de la tierra a 1 AU (aceptada):	$c = 299792458 \text{ m/s}$
$c'$ obtenida a 20 AU	$c' = 299800382 \text{ m/s}$
$\rho$ * Valor obtenido por E. D. Greaves [1]	$1.0838 \times 10^{15} \text{ Joule/m}^3$

## REFERENCIAS

- [1] C.G.A. P. Martins. Fundamental cosmology in the E-HTL era: The status and future role of tests of fundamental coupling stability Gen Relativ Gravit (2015) 47:1843
- [2] Kapitz Peter. Experimento, teoría, práctica. Artículos y conferencias. Editorial MIR, Moscow. (Spanish translation) (1985) P.390.
- [3] Kapitz Peter relates the event as: "In the 30s, in the Cavendish laboratory I developed a method for obtaining superior magnetic field intensities by one order of magnitude to those known. In a conversation Einstein tried to convince me that I study experimentally the influence of a magnetic field on the speed of light. These experiments had been carried out without any effect having been achieved. With my magnetic fields, one could increase the accuracy of the measurement by two orders of magnitude since the effect should depend on the square of the magnetic field intensity. I objected to Einstein that according to existing representations about electromagnetic phenomena, it was not evident from where one could expect such measurable effect. When not finding the possibility of demonstrating the fundament of such experiments, Einstein at last told me: "I think that the dear God ("der liebe Gott") could not create the world in such a manner that the magnetic field does not influence the speed of light". Of course this is an argument against which it is difficult to discuss"
- [4] Holton G.. Thematic Origins of Scientific Thought. Harvard University Press, Cambridge Massachussets and London, England. 1988.
- [5] Semertzidis Y. K., Danby G. T., and Lazarus D. M. New laboratory technique for measuring the photon charge. Phys. Rev.D67, 017701, (2003)
- [6] Hankins A., Rackson C., and Kim W. J. Photon charge experiment. Am. J. Phys. 81 (6), 336-441 (June 2013)
- [7] Dyson F. W., Eddington A. S., and Davidson C., "A Determination of the Deflection of Light by the Sun's Gravitational Field, from Observations Made at the Total Eclipse of May 29, 1919" Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character (1920): 291–333, on 332.
- [8] Sauer Tilman. " A brief history of gravitational lensing " in: Einstein Online Vol. 04 (2010), 1005
- [9] Céspedes-Curé Jorge. Einstein on Trial or Metaphysical Principles of Natural Philosophy. Publisher: et al. Organization, (2002). Available at Amazon.com; Amazon.co.uk.  
<http://www.nuclear.fis.usb.ve/CespedesCure-2002-Einstein-on-Trial-J.pdf> Accessed August 2014.
- [10] Halliday D. & Resnick R. Physics for Students of Science and Engineering, Part II. John Wesley & Sons, Inc. New York and London (1960)
- [11] NASA  
<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/jupiterfact.html> Accessed August 2014
- [12] Greaves E. D. NASA's astonishing evidence that c is not constant: The Pioneer anomaly. ArXiv No 0701130, (<http://arxiv.org/abs/physics/0701130>) Accessed August 2014
- [13] Greaves E. D. A Neo-Newtonian Explanation of the Pioneer Anomaly. Rev Mex AA (Serie de Conferencias), 35, 23{24 (2009)
- [14] Whittaker E. A History of the Theories of Aether and Electricity. Thomas Nelson & Sons LTD. London, NY, 1951. Available in PDF format: [http://www.tuks.nl/pdf/Reference\\_Material/Aetherforce\\_Library/Initiate/Whittaker%20-%20History%20of%20the%20Theories%20of%20Aether%20and%20Electricity%20Vol%201.pdf](http://www.tuks.nl/pdf/Reference_Material/Aetherforce_Library/Initiate/Whittaker%20-%20History%20of%20the%20Theories%20of%20Aether%20and%20Electricity%20Vol%201.pdf) Accessed August 2014
- [15] Parvis Merat. Analysis of the optical data on the deflection of Light in the vicinity of the solar limb. Gen Relativ Gravit 5 No 3 (1974) 757-764

- [16] Anderson, J. D., Laing, P. A., Lau, E. L., Liu, A. S., Nieto M. M., and Turyshev. S. G. Indication, from Pioneer 10, 11, Galileo, and Ulysses Data, of an Apparent Anomalous, Weak, Long-Range Acceleration. *Phys. Rev. Lett.* 81(1998) 2858-2861 [Comment by Katz J.L.: *Phys. Rev. Lett.* 83, 1892 (1999); Reply: *Phys. Rev. Lett.* 83, 1893 (1999)].
- [17] Turyshev S. G., Toth V. T., Kinsella G., Lee Siu-Chun, Lok S. M., and Ellis J. Support for the Thermal Origin of the Pioneer Anomaly *Phys. Rev. Lett.* 108,(2012) 241101
- [18] Anderson, J. D., Laing, P. A., Lau, E. L., Liu, A.S., Nieto, M.M. and Turyshev S.G. Study of the anomalous acceleration of Pioneer 10 and 11. *Phys. Rev. D* 65, (2002) 082004
- [19] Shiga, D. Fly-by may be key to Pioneer anomaly. *New Scientist.* 19 August 2006. p.13
- [20] E. D. Greaves, An Michel Rodríguez, Jose G. Ruiz Camacho. A One-way Speed of Light Experiment. *Am. J. Phys.* 77 (2009) 194-196
- [21] Assis A. K. T. Relational Mechanics and implementation of Mach's Principle with Weber's Gravitational Force. (2014). Apeiron, Montreal. Available in PDF format: <http://www.ifi.unicamp.br/~assis/Relational-MechanicsMach-Weber.pdf> Accessed August 2014
- [22] Milgrom M. A modification of the Newtonian dynamics as a possible alternative to the hidden mass hypothesis. *Astrophysical Journal*, 270 (1983) 365–370
- [23] Milgrom M. A modification of the Newtonian dynamics - implications for galaxies. *Astrophysical Journal*, 270 (1983) 371–389
- [24] Falcon, N. and Aguirre, A. (2014) Theoretical Deduction of the Hubble Law Beginning with a MoND Theory in Context of the  $\Lambda$ FRW-Cosmology. *International Journal of Astronomy and Astrophysics*, 4, 551-559. <http://dx.doi.org/10.4236/ijaa.2014.44051> Accessed December, 2014
- [25] Rubin V. C., Ford, Jr W. K., and Thonnard N. Rotational properties of 23 Sb galaxies. *Astrophysical Journal*, 261 (1982) 439–456
- [26] Rubin V. C. Dark matter in spiral galaxies. *Scientific American*, 248 (1983) 88–101.
- [27] NASA. [http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/cosmic/milkyway\\_info.html](http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/cosmic/milkyway_info.html) Accessed July, 2014.
- [28] Riess, A. G., et al. (1998) Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant. *The Astronomical Journal*, 116, 1009-1038. <http://dx.doi.org/10.1086/300499>
- [29] Perlmutter, S., et al. (1999) Measurements of  $\Omega$  and  $\Lambda$  from 42 High-Redshift Supernovae. *The Astrophysical Journal*, 517, 565-586. <http://dx.doi.org/10.1086/307221>
- [30] Assis A.K. T., Neves M. C. D., and Soares D. S. L. Hubble's Cosmology: From a Finite Expanding Universe to a Static Endless Universe (2009) 2nd Crisis in Cosmology Conference, CCC-2 ASP Conference Series, Vol. 413, c 2009 Frank Potter, ed.
- [31] Speiser M. Mach's Principle. Master of Science Thesis, (Approved by Professor J. Weber) Department of Physics and Astronomy, University of Maryland, 1965.
- [32] Rømer Ole. Démonstration touchant le mouvement de la lumière. *J. des Scavans* 233-236 (1676) Translated and reprinted: Ole Rømer "The velocity of light" *Philos. Trans. R. Soc. London* 12, 893-894 (1677)
- [33] Shea James H. Ole Romer, the speed of light, the apparent period of Io, the Doppler effect and the dynamics of Earth and Jupiter. *Am. J. Phys.* 66(7) (1998) 561-569
- [34] J. H. Lieske. Improved Ephemerides of the Galilean Satellites. *Astro. Astrophys.* 82 (1980) 340-348
- [35] Seronik Gary and Ashford Adrian R. "Find Jupiter's Moons with Our Javascript Utility and App". *Sky & Telescope*, December 6 (2012)
- [36] Jacobson, R.A. (2003) JUP230 - JPL satellite ephemeris. From: [http://ssd.jpl.nasa.gov/?sat\\_elem#ref11](http://ssd.jpl.nasa.gov/?sat_elem#ref11) Accessed August 2014
- [37] [http://en.wikipedia.org/wiki/Lens\\_\(optics\)#Lensmaker.27s\\_Equation](http://en.wikipedia.org/wiki/Lens_(optics)#Lensmaker.27s_Equation) Accessed August 2014
- [38] Michael Martin Nieto1 and John D. Anderson. Earth Flyby Anomalies. arXiv:0910.1321v1 [gr-qc] 7 Oct 2009



**Prof. Dr. Eduardo D. Greaves** Universidad Simón Bolívar, Departamento de Física. PhD, Imperial College, Londres, UK. 1979. Profesor Titular de Física, Universidad Simón Bolívar. Investigador en Técnicas Analíticas Nucleares. (PPI 4) PEI C (129 Publicaciones) Tutor de

Tesis: 19 licenciados, 6 Master, 5 Doctorados. Premio "Andrés Bello" de la "Asociación de Profesores" de la Universidad Simón Bolívar en 1992 y 2006. Premio "Mercator Visiting Professorship" del gobierno de Alemania, 2005