

IV. Fabricante de Sueños

Jaime Urrutia*

- ¿Qué cual es la velocidad relativa de acercamiento de dos partículas de masas m y M ...?, pues, ¿qué no dijo que venía de la Revista Quipu¹?
- + Bueno, vengo de Chispa, y si queremos conocer la velocidad de acercamiento de dos partículas de masas m y M , inicialmente en reposo y sujetas a su atracción gravitacional, justo en el momento de encontrarse.
- Vaya, bueno en fin. La velocidad relativa de acercamiento v de las dos partículas situadas a una distancia cualquiera d , está dada por:

$$v = \sqrt{\frac{2 G (M + m)}{d}}$$

en donde G es la constante de gravitación universal². De aquí tenemos que, cuando d tiende a cero y las partículas se encuentran, la velocidad tiende a

$$\lim_{d \rightarrow 0} v^2 = \lim_{d \rightarrow 0} \frac{2G (M + m)}{d}$$

$$d \rightarrow 0 \quad d \rightarrow 0$$

vaya, pues tiende a infinito...

- + Oiga, y eso de que la velocidad de la luz es la velocidad máxima posible en el Universo...
- Mire eso es algo más complejo y ... Bueno, ¿a qué me dijo que había venido?
- + Ah, sí. La razón de esta visita es enseñarle un manuscrito encontrado hace unos meses en el viejo continente, en una isla. Este desafortunadamente ha desaparecido -su destino constituye un misterio- y deseamos averiguar por qué ocurrió y quiénes son los responsables. Una de las personas que pudo examinar el manuscrito nos ha dejado estas notas sobre su contenido.
- ¿Dejado?... a ver por favor.

* Lab. de Paleomagnetismo y Geofísica Nuclear, Instituto de Geofísica, UNAM, D. Coyoacán 04510 D.F. MEXICO

1 N. del A., Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología.

2 N. del A., $G = 6.673 \cdot 10^{-11} \text{ N-m}^2/\text{kg}^2$

+ Aquí están. El también desapareció.

- Vaya, vaya. Esto sería algo así como... y esto podría ser el símbolo para... La notación es algo vieja, quizá del siglo XVI o XVII, pero algo simple. Esto parece mal copiado, ... ¿qué será? -bueno a ver que es esto, pasándolo así y así tenemos que... mm, bueno, parece que queda así.

Pero mire nada más, que interesante está esta parte -y esta y esta otra-. Es sólo mi interpretación y necesitaré revisar estas notas con mayor cuidado, claro está, pero parece que son sobre...

(3)

...

- La relación es, oiga mire, sería la fuerza de atracción F entre dos partículas de masas m y M separadas una distancia dada d , en las relaciones antiguas de espacio euclidiano:

$$F = G \frac{Mm}{d^2 + \frac{2G (M + m)}{c^2} d}$$

y con todo y su explicación. Aquí está c representa una velocidad límite claramente. Para la fórmula me permití usar la c por razones obvias -sería la velocidad de la luz- nuestra velocidad límite. Y mire, puesta así las unidades son consistentes; en nuestro sistema de notación quedarían como:

$$\frac{[M^{-1} L^3 T^{-2}] [M^2]}{[L]^2 + [M^{-1} L^3 T^{-2}] [M] [L^{-2} T^2] [L]} \rightarrow [MLT^{-2}]$$

(3) N. del E., Segmento retirado por indicaciones del árbitro académico de esta revista GEOS.

Y mire, esto podría ser la velocidad de acercamiento de dos partículas y ...

Su pregunta inicial, eh ¿Cómo supieron esto antes?

+ Bueno, mire, parece que venían unos diagramas en el manuscrito. Estos no fueron copiados, pero alguien los vio y pensó que eran sobre esto.

- La fórmula queda así

$$v = \sqrt{2G \frac{(M+m)}{d + 2G \frac{(M+m)}{c^2}}}$$

Y qui, cuando d tiende a cero y las partículas se encuentran, tenemos que

$$\lim_{d \rightarrow 0} v^2 = \lim_{d \rightarrow 0} 2G \frac{M+m}{d + 2G \frac{(M+m)}{c^2}}$$

¡Qué le parece! La velocidad relativa de acercamiento es la velocidad de la luz.

+ Interesante, sólo que esto parece que va a complicar las relaciones.

- Pero, y esto que sigue es más interesante. Aquí se incluye al tiempo t como un campo escalar. Con ello se divide al espacio-tiempo en 'regiones espaciales' de geometría euclidiana, esto es en el 'espacio absoluto' en el que la física marcha al paso del 'tiempo absoluto', pero que se curva y se tienen desviaciones geodéticas al entrar y salir de las 'regiones espaciales' de geometría plana (con t constante) con métrica tridimensional y base de coordenadas ortonormal.

+ Vaya y eso que es.

- Pues es algo así como relacionar el espacio y el tiempo, unidos en la física relativística, pero en una física newtoniana. Como poner la teoría gravitatoria newtoniana en una forma geométrica, independiente de coordenadas. La simplicidad geométrica de la relatividad general en un lenguaje geométrico independiente del sistema de coordenadas, es uno de los atractivos mayores de la teoría. En este lenguaje la teoría newtoniana es bien compleja, y en el punto de vista estético predomina hoy en día, indica falta de elegancia y belleza.

+ ¡Cómo!, pero si las relaciones newtonianas son bien sencillas. Son tan simples, que hasta yo las entendí en la escuela.

- Bueno, sí, son elegantemente simples en un sistema de coordenadas galileano, pe-

ro ...

+ Y las relativísticas en ese sistema...

- Ah, en un sistema específico de coordenadas, las relaciones relativísticas expresadas por ejemplo como ecuaciones diferenciales para los coeficientes métricos, son mucho más complicadas.

+ ¿Qué entiende por esas divisiones de 'regiones espaciales' y cómo es que para una geometría plana en cada una de ellas, se pueda incluir la curvatura del espacio-tiempo asociada con la gravedad?

- Aquí el espacio-tiempo está 'estratificado', y transporte en circuitos cerrados dentro de cada región permite regresar al punto de partida; en estas regiones las geodésicas paralelas permanecen paralelas. Sin embargo si se mueve en tiempo digamos Δt al momento del transporte y luego se regresa $-\Delta t$, ya no se regresa al punto de partida. ... Luego lo piensa en su casa. Mire, aquí hay otras cosas interesantes en su manuscrito.

Aquí hay una energía potencial E_p

$$E_p = \frac{Mmc^2}{2(M+m)} \ln \left\{ \frac{d}{d + 2G \frac{(M+m)}{c^2}} \right\}$$

y acá una energía cinética E_c para dos partículas

$$E_c = \frac{1}{2} (M+m) \left\{ \frac{2G (M+m)}{d + 2G \frac{(M+m)}{c^2}} \right\}$$

que en el límite cuando $d \rightarrow 0$ y $M = m$ da:

$$E = mc^2$$

Y esto de la masa relativística m_r , en términos de la energía cinética E_c y una masa inicial m_0

$$m_r = \frac{E_c}{c^2} = \frac{1}{2} \frac{m_0 v^2}{c^2}$$

Aquí cuando $v \rightarrow c$ se tiene la mitad de m_0

$$\lim_{v \rightarrow c} m_0 \left(\frac{v}{\sqrt{2} c} \right)^2$$

$$v \rightarrow c$$

+ ¿Esto por qué es importante?

- Tradicionalmente, la masa relativística está dada por:

$$m_r = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

que cuando $v \rightarrow c$, se tiene $m_r \rightarrow \infty$

$$\lim_{v \rightarrow c} \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

- Y en esta parte estas relaciones se usan para contactos de partículas y antipartículas, y quizá para asociar otras energías como la eléctrica y la magnética. Y después de varias tazas más de café... Seguidas de más tazas de café, combinadas con algunas de té.

+ Y bien, ¿cuál es su opinión?

- Todo es sueño, y los sueños, sueños son. Y no mencione mi nombre por favor -usted y yo nunca nos hemos visto, ¿está claro? -Pero déjeme una copia de esto, - es sólo para convencerme de que no sueño.

REFERENCIAS

Misner, C.W., Thorne, K.S. & Wheeler, S.A., 1973, *Gravitation*, W.H. Freeman & Co., San Francisco, Calif., EE.UU., 1279 pp.

* * * * *

BECAS PARA ESTUDIANTES

REUNIÓN ANUAL 1987

Como para esta última Reunión muchos estudiantes decidieron ingresar a la UGM en el último momento para poder solicitar beca para asistir, la Mesa Directiva acordó que las becas para la Reunión Anual 1987 sólo se otorgarán a estudiantes que hayan pagado su cuota anual por lo menos 6 meses antes.

