



COSMOLOGIA

LAS INCOHERENCIAS DEL “PRINCIPIO COSMOLÓGICO” Y LAS FORMULAS DE FRIDMAN

Francisco Pavía Alemany

pacopavia@terra.es

En la revista HUYGENS Nº 90 (mayo-junio-2011), mostré la incoherencia existente entre el “Principio Cosmológico” y una de las formulas de Alexander Fridman.

Para impedir que el lector se forme una idea errónea, debo aclarar, que tanto en aquel artículo como en el presente, no se pretende cuestionar la Teoría de la Relatividad ni las ecuaciones de Fridman, como puede desprenderse de una lectura poco atenta, agravado por el modelo utilizado en la deducción, donde aparentemente se defiende un raciocinio que acaba conduciéndonos a un absurdo, y consecuentemente se obtienen conclusiones muy distintas de las esperadas según el inicio del proceso lógico.

En aquel caso las causas de las incoherencias mostradas residían en la hipótesis del “Principio Cosmológico”.

En el presente artículo abordaré otras “dos fórmulas de Fridman”, que nos muestran, de nuevo, lo incomprensible de seguir conservando el citado “Principio Cosmológico” como paradigma sobre el que se sustenta “el modelo estándar” de la Cosmología.

A pesar del rechazo que puedan provocar, he querido incluir las deducciones matemáticas para mostrar exactamente dónde se ha introducido la incoherencia en el proceso lógico, pero el lector que lo desee podrá saltárselas.

Espero que esto no le impida entender los conceptos e ideas que pretendo defender.

El inicio de la Cosmología moderna se produjo el 25 de noviembre de 1915 con la conferencia

que impartió Albert Einstein en Academia Prusiana de Ciencias, titulada “*Kosmologische Betrachtungen zur allgemeine Relativitätstheorie*”.

Estas “Consideraciones Cosmológicas” fueron publicadas en febrero de 1917 en los “*Annalen der Physik*”.

La *Teoría General de la Relatividad* introdujo la *Ecuación de los campos gravitatorios*, que relaciona la *geometría espacio-tiempo* con el *tensor energía-momento*.

Einstein con ello había conseguido la “herramienta necesaria e imprescindible”, para aproxi-



A. Friedmann

Pero el uso de la citada herramienta resultó ser muy complejo, las ecuaciones presentaban gran dificultad en su resolución, provocando multitud de conflictos e interpretaciones varias entre los expertos.

El propio Einstein necesitó incluir la “*Constante Cosmológica*” para encontrarle sentido a su propia ecuación.

Ello le condujo a la concepción de un *Universo estático y finito* en cuanto a lo espacial, pero **sin inicio** y **sin fin** en cuanto a lo temporal, además de una idea **empequeñecida** en cuanto al tamaño, en que las componentes del Universo eran las estrellas y donde su totalidad

se reducía a nuestra y **única Galaxia**.

Con estas nuevas ideas, Albert provoca de alguna forma casi *el divorcio* entre el **espacio** y el **tiempo**, que tan sagazmente había conseguido unir en su *Teoría Especial de la Relatividad*, al limitar el primero y considerar infinito al segundo.

Transcurrido poco más de un mes de la publicación de la conferencia de Einstein, a finales de Marzo del año 1917, De Sitter publicó un artículo en que discrepaba de Albert por la introducción de la Constante Cosmológica, y que lo hiciese de una forma tan artificiosa.

De Sitter conocía el desarrollo del trabajo de Einstein, en la fase previa a la introducción de la Constante por conversaciones con él, y proponía una especie de **espacio-tiempo vacío** para evitar dicha constante.

Pero el verdadero impulsor de una nueva concepción del Cosmos fue el matemático y meteorólogo soviético Alexandr Fridman, ello como consecuencia de encontrar **soluciones** para la *ecuación de la Relatividad General*.

De esta forma Fridman consiguió sustituir la idea de un Universo que carecía *de inicio en el tiempo* y que era *estático*, para convertirlo en un Universo **con un inicio temporal**, además de encontrarse **en un estado dinámico**.

A estas ecuaciones actualmente las conocemos como "*Ecuaciones de Fridman*", siendo también muy frecuente encontrarlas, debido a la traducción, bajo la designación de "*Friedmann*" o de "*Friedman*".

El primer artículo de Fridman sobre cosmología, "*Sobre la curvatura del espacio*", se publicó en 1922 en "*Zeitschrift für Physik*".

En el siguiente año publicó un libro, "*El mundo*

como espacio y tiempo", donde con mayor simplicidad comentaba las soluciones de Einstein y de De Sitter y exponía sus ideas respecto al universo.

En 1924 publicaba su último artículo al respecto, en la misma revista que lo hizo en 1922.

Los trabajos de Fridman tuvieron poca repercusión en su país aquellos años. En el exterior realmente pasaron prácticamente desapercibidos.

Einstein, que recibió las publicaciones, le replicó su primer artículo y luego tuvo que rectificar y aceptar su propia equivocación.

En Rusia la situación política e ideológica no eran favorables al trabajo de Fridman. Este tipo de estudios no estaba de acuerdo con la ideología oficial.

Los estudios de Cosmología se asociaban a la ciencia

burguesa, al oscurantismo clerical y a ideas de enemigos saboteadores del frente cultural científico y económico ruso.

La temprana muerte de Fridman, en 1925 a los treinta y siete años, le evitó vivir un periodo de terror masivo que el totalitarismo instituyó en su país.

La falta de libertad de pensamiento, incluso en el aspecto científico, la

sufrieron diversos amigos y seguidores de Fridman.

M. P. Bronshtein fue arrestado y fusilado.

L. D. Landau tuvo graves problemas.

Otros como G. A. Gamov, tuvieron que exiliarse.

Y diversos compañeros suyos de la universidad y algunos astrónomos murieron en los campos de concentración.

Estas circunstancias provocaron que los trabajos de Fridman permaneciesen menospreciados y olvidados



MATVEI PETROVICH BRONSTEIN



LEO DAVIDOVICH LANDAU

durante muchos años.

Sin conocer las publicaciones de Fridman, el abate belga Georges Lemaître trabajó con relación a la resolución de las ecuaciones de la Teoría General de la Relatividad, y en la concepción de un Universo *temporalmente finito y espacialmente en expansión*.

Pero las pruebas inequívocas del estado de expansión del Universo se obtuvieron por la vía de la observación.

Fue Hubble en 1923, quien percibió que algunas de las “*pequeñas nebulosas*”, que hasta el momento solamente servían para despistar a los buscadores de cometas, y para librarse de ellas impulsaron a Messier la realización de su famoso catalogo, en realidad eran *galaxias compuestas por miles de millones de estrellas*.

Unos años mas tarde, de nuevo Hubble, aportó la prueba de que las citadas galaxias estaban alejándose unas de otras, y que lo hacían con una velocidad proporcional a la distancia que las separaba.

Este hecho cambió completamente el concepto que se tenía hasta ese momento del Universo y se inicio un nuevo periodo en la investigación del Cosmos.

Todos estos cambios no llegaron a alterar el paradigma del “Principio Cosmológico” que supone un Cosmos:

- Completamente homogéneo, a grandes escalas.
- Que es isotrópico desde cualquier punto, que carece de frontera y de centro, en que cualquier punto del Cosmos es su centro, siempre considerando grandes escalas.

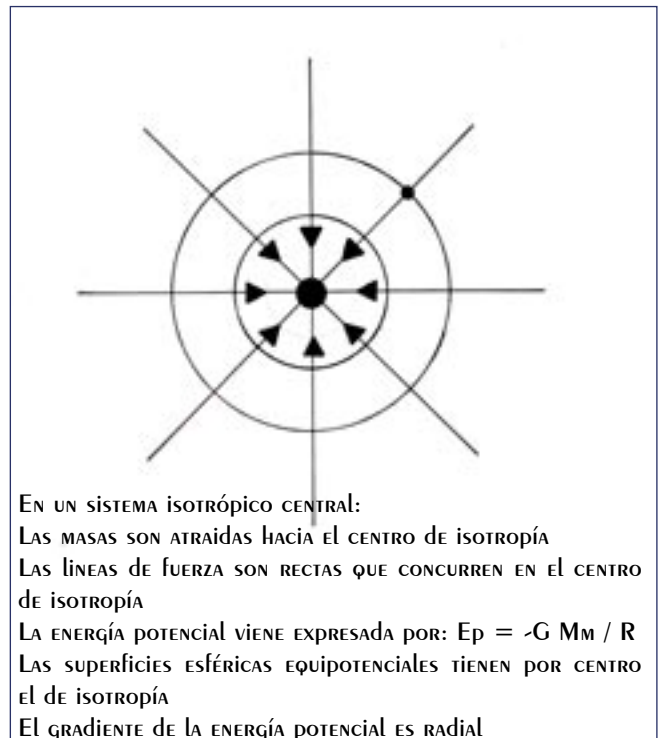
En un artículo anterior de esta misma revista (HUYGENS N° 90) desarrollamos una de dichas formulas, **la ecuación de Fridman de la velocidad**.

$$\dot{a}^2/a^2 = 8\pi G\rho/3 + K$$

donde \dot{a} representa la derivada de a respecto al tiempo.

Esta ecuación proporciona *la velocidad de la variación unitaria del factor de escala* en función de la *densidad* y de una *constante del Cosmos*. Se obtuvo a partir de la *ley de conservación de la energía* y relaciona el

valor de la *Constante de Hubble* en función de las características del Cosmos.



$$H = \dot{a}/a$$

En el citado artículo pudimos mostrar la incomprensible e inadvertida incoherencia existente entre dicha ecuación y la premisa del *Principio Cosmológico*, que establece las características de *homogeneidad* y de *una isotropía total* para el Cosmos, considerado a escalas suficientemente grandes.

Esto nos plantea la necesidad de realizar una renovación del concepto que nos han transmitido del Cosmos.

Pero no nos vamos a limitar a esta única ecuación; otros desarrollos de Fridman adolecen del mismo problema, debido a que la incoherencia ya había sido introducida conceptualmente en las ecuaciones de Einstein, de las que estas provenían.

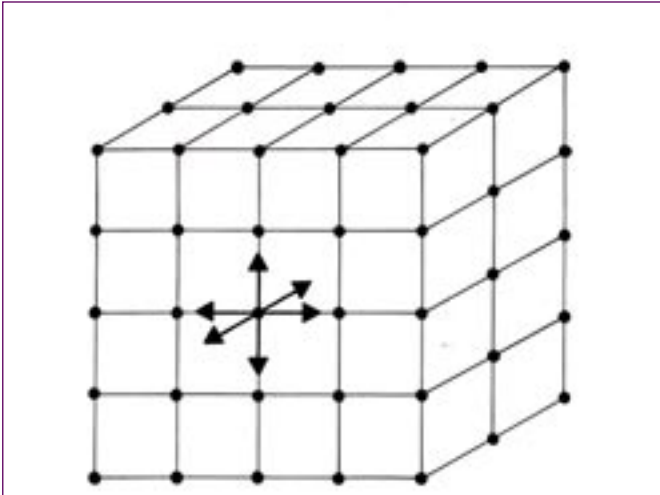
La ecuación de Fridmann de la aceleración:

$$\ddot{a}/a = -4 G \pi \rho / 3$$

Esta ecuación, como intentaremos mostrar, resulta ser también incoherente con las premisas que establece El Principio Cosmológico.

Veamos inicialmente su deducción:

Si expresamos una distancia R mediante *el factor de*



EN UN SISTEMA ISOTRÓPICO TOTAL:
 CADA MASA ES ISOTRÓPICAMENTE ATRAÍDA EN TODOS LOS SENTIDOS
 LA RESULTANTE DE LAS FUERZAS SOBRE CUALQUIER MASA ES NULA
 EL GRADIENTE DE LA ENERGÍA POTENCIAL ES NULO $\nabla E_p = 0$
 TODOS LOS PUNTOS TIENEN LA MISMA ENERGÍA POTENCIAL. $E_p = K$
 CUALQUIER DESPLAZAMIENTO SE REALIZARÁ SOBRE UNA LÍNEA EQUIPOTENCIAL

escala “a” de la forma siguiente “ $R = L a$ ”

Podremos expresar la velocidad, V , del incremento de esta distancia por “ $R \dot{a}/a$ ”

Dado que

$$V = L \dot{a} = L a \dot{a}/a = R \dot{a}/a$$

Y a la aceleración del incremento de esa distancia por “ $R \ddot{a}/a$ ”

Mediante la ecuación de Newton podemos escribir:

$$F = -m R \ddot{a}/a$$

Que según la ecuación de equilibrio de fuerzas expresaremos:

$$G M m / R^2 = - m R \ddot{a}/a$$

Dividiendo por “ $m R$ ”

$$GM / R^3 = - \ddot{a}/a$$

Sustituyendo M por la masa de la esfera atrayente tendremos:

$$4 G \pi R^3 \rho / 3 R^3 = - \ddot{a}/a$$

Resultando la expresión que buscábamos:

$$\ddot{a}/a = - 4 G \pi \rho / 3$$

Esta ecuación de Fridman también es conocida por la

ecuación de balance de fuerzas.

La incoherencia de la ecuación de balance de fuerzas o de la aceleración:

El mismo origen que ocasionó la incoherencia en la fórmula de la velocidad o de la conservación de la energía, es decir una mezcla y confusión entre la isotropía central y la isotropía total, es la causa de la incoherencia de esta última expresión matemática.

En el caso de la **isotropía central** existe la fuerza F producida por M sobre la masa m , y es la responsable de la aceleración de m .

En el caso de **isotropía total** existe efectivamente la fuerza F sobre la masa m , pero esta no es la única, ya que sobre m existen familias de fuerzas con distribución isotrópica con relación a m , cuya resultante tiene un valor nulo.

Esto impide que exista aceleración alguna de la masa, m , con esa consideración.

Esto nos muestra de nuevo como a pesar de que Fridman estableciese las premisas del Principio cosmológico desde el punto de vista de concepción del Cosmos, en cuando dedujo las ecuaciones introdujo inconscientemente la fórmula de la fuerza F propia de un caso de isotropía central en vez de haber introducido el valor correcto correspondiente a la isotropía total:

$$F = 0$$

Se repite la incoherencia y la causa que la introdujera.

La tercera fórmula de Fridman:

Esta expresión es resultado de la aplicación de la Ecuación de estado a la expansión de una parte suficientemente grande del Cosmos para poder aplicar el Principio Cosmológico.

Este tipo de expansión se produce sin una transferencia neta de calor entre el volumen y su entorno, es decir se podrán aplicar las ecuaciones de los procesos adiabáticos de la Termodinámica.

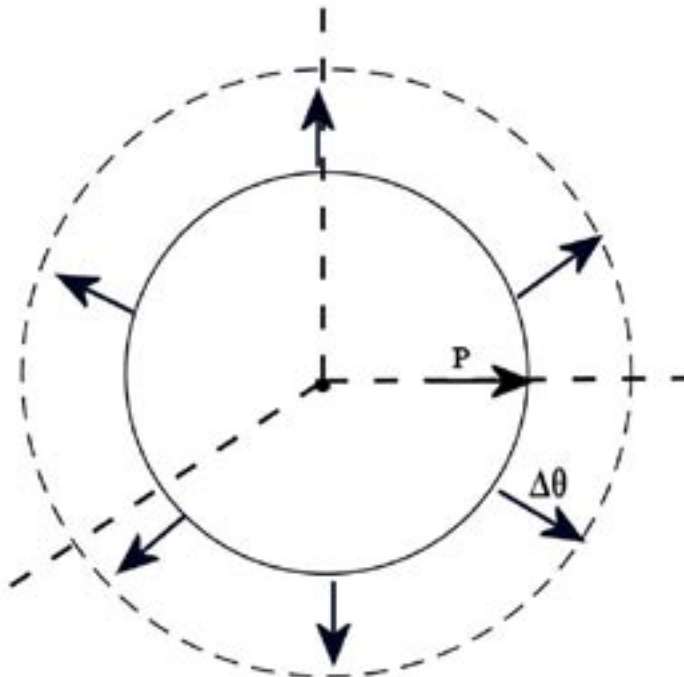
Una de estas ecuaciones nos indica que en este tipo de procesos se cumple la condición: “La variación de la

energía interna del sistema, E , es igual al trabajo que este produce, W ".

$$\Delta E = W$$

También sabemos que el trabajo producido es igual a la presión, P , por la variación del volumen, $\Delta\theta$.

$$W = - P \cdot \Delta\theta$$



EN UNA EXPANSIÓN ADIABÁTICA, LA VARIACIÓN DE ENERGÍA INTERNA (E) ES IGUAL AL TRABAJO QUE SE PRODUCE (W).

EL TRABAJO PRODUCIDO, ES IGUAL A LA DIFERENCIA DE PRESIÓN (P) POR LA VARIACIÓN DEL VOLUMEN ($\Delta\theta$)

Por ello en forma diferencial tendremos:

$$dE/dt = - P d\theta/dt$$

Desarrollando únicamente el primer término y utilizando el factor de escala, $R = La$, para el radio:

$$dE/dt = d/dt(Mc^2) = d/dt(4\pi R^3 \rho c^2/3) = 4\pi L^3 c^2/3 \cdot d/dt(a^3 \rho)$$

$$dE/dt = 4\pi L^3 c^2/3 \cdot (3a^2 \dot{a} \rho + a^3 d\rho/dt)$$

$$dE/dt = \underline{4\pi L^3 c^2/3} (3a^3 \dot{a} \rho/a + a^3 d\rho/dt)$$

Desarrollando ahora el segundo término:

$$\begin{aligned} -P d\theta/dt &= -P \cdot 4\pi/3 \cdot d R^3/dt = -P \cdot 4\pi L^3/3 \cdot (3a^2 \dot{a}) \\ &= \underline{-P \cdot 4\pi L^3 a^2 \dot{a}/a} \end{aligned}$$

Igualando los dos resultados y dividiendo por $4\pi L^3 a^3$

$$c^2 \rho \dot{a}/a + c^2/3 \cdot d/dt = - P \dot{a}/a$$

$$c^2/3 \cdot d\rho/dt = - (P + \rho c^2) \dot{a}/a$$

Así obtenemos la **tercera ecuación de Fridman**:

$$d\rho/dt = - 3 \dot{a}/a (P/c^2 + \rho)$$

La incoherencia de la Ecuación de Estado de Fridman.

Esta ecuación al igual que las otras que hemos analizado también es incoherente con relación a la hipótesis del *Principio Cosmológico*.

Cuando se ha establecido que el trabajo, W , es igual a una presión, P , por la variación de un volumen, en realidad la presión, P , representa la diferencia de presión entre ambas caras de la superficie que limita el volumen.

Según el *Principio Cosmológico* Todos los puntos son idénticos, tienen las mismas propiedades, no pueden haber gradientes, no puede haber diferencia de presión entre un lado y el otro de la "membrana hipotética" que envuelve nuestro volumen en estudio.

¿A que conclusiones nos conducen las incoherencias indicadas?

El análisis que hemos realizado de las ecuaciones de Fridman pone de manifiesto que aunque este matemático aplica para el Cosmos como hipótesis inicial el *Principio Cosmológico*, es decir una *isotropía total*, al deducir las formulas de una forma inconsciente no es consecuente con sus premisas y aplica las condiciones de una *isotropía central*.

Esto no quiere decir que las ecuaciones estén equivocadas.

Como ya indicamos en el anterior HUYGENS no hay que rechazar las formulas, lo que es necesario es revisar el *Principio Cosmológico*, y tomar consciencia que el campo de aplicación de estas ecuaciones ya no son con relación a cualquier punto.

Que su aplicación solamente es valida con relación a un único punto, *al centro de isotropía* del sistema.

NOTA: Este artículo forma parte de un conjunto, caracterizado por indagar en aquellos puntos débiles de la Cosmología estándar, según el criterio del autor.

OTROS ARTÍCULOS DEL AUTOR:

HUYGENS: F. Pavía Alemany

- Nº - 47 Marzo-Abril 2004 Estereoscopia Lunar.
- Nº - 49 Julio-Agosto 2004 mc^2 versus $m@c^2$.
- Nº - 53 Marzo-Abril 2005 La Itacoatiara de Inga.
- Nº - 58 Enero-Febrero 2006 La Corteza del Cosmos.
- Nº - 60 Mayo-Junio 2006 El Rey D. Jaime y el eclipse...
- Nº - 65 Marzo-Abril 2007 De Michelson al COBE.
- Nº - 66 Mayo-Junio 2007 La Radiación Cósmica de Fondo.
- Nº - 67 Julio-Agosto 2007 El Principio de Equivalencia
- Nº - 68 Sep.-Octubre 2007 El Cosmos másico y la anisotropía...
- Nº - 69 Nov.-Dic. 2007 La Dinámica del Cosmos y la...
- Nº - 74 Sep. -Octubre 2008 El Cosmos y el Conocimiento...
- Nº - 75 Nov.-Dic. 2008 El Cosmos tiene Centro...
- Nº - 76 Enero-Febrero 2009 Las Fuerzas de la Naturaleza...
- Nº - 78 Mayo-Junio 2009 El "Génesis" según...
- Nº - 83 Marzo-Abril 2010 El Desplazamiento al Rojo de...
- Nº - 84 Mayo-Junio 2010 La Radiación Cósmica de Fondo...
- Nº - 85 Julio-Agosto 2010 Einstein, Friedmann y el Centro del Cosmos
- Nº - 87 Nov.-Dic. 2010 Dos cosas claras sobre la Energía Oscura
- Nº - 90 Mayo-Junio 2011 La incoherencia de Einstein y de Fridman

Estos artículos pueden ser consultados también en la dirección: www.astrosafor.net