

Espacio-tiempo y relación de Planck

Simulación de la dinámica del espacio-tiempo en función de la relación Planck: temperatura-espectro de emisión

*Alfredo Bennun
Néstor Ledesma*

Abstract

Se puede inferir que por no ser factible la descripción pre-cuántica, el Big-Bang tiene como horizonte inicial una sola partícula Planck, el máximo de densidad de energía que equivale al mínimo agujero negro. El concepto de un único locus inicial del universo y su disipación en el tiempo Planck conforma el inicio del espacio-tiempo, para el universo auto-contenido, exponencialmente potenciando por el acoplamiento de nuevos cuántos de energía para conformar la era inflacionaria.

Una vez finalizada la incorporación y cuantificación de la energía, comienza la era de expansión con cronología secuenciada por desdoblamiento de fotones hasta llegar al actual CMB. Configurando una estructura cuántica como un continuo termodinámico.

La detección desde todas las direcciones de la imagen de la Última Dispersión (LD), puede corresponder con este mecanismo de desdoblamiento en forma similar a holografía que permite imágenes múltiples, cuando se divide una placa. El desdoblamiento de radiación cósmica de fondo (CMB) permite dividir en función del tiempo la imagen LD. Esta se reproduce 1000 veces porque el número de fotones CMB incrementa por mismo número. Este incremento es uniformemente dispersado en el espacio y la amplificación del volumen por 10^{12} produce pérdida de resolución.

La expansión dominada por radiación puede ser modelada por su espectro concordante a la ley de Planck. La cantidad relativa de la población de fotones CMB de frecuencia ν , y de energía $h\nu$ en una radiación térmica de temperatura T , por unidad de volumen, está dada por la integral de Planck. Permitiendo correlacionar la dinámica del espacio-tiempo en función de la relación temperatura-espectro de emisión.

Para lo cual se asume que el tiempo es proporcional al radio del universo conforme a la constante c , obteniéndose el volumen del CMB en función del parámetro de temperatura y viceversa: $T_{(\nu)} = 4.841404 \times 10^{21} V^{-1/4}$ donde $[V]=\text{cm}^3$ y $[T]=\text{K}$, concordantes con un universo de radio 13.7×10^9 años luz.

Esta magnificación del rol de CMB se puede explicar porque como proceso cuántico se correlaciona con el resto del universo a un nivel no afectado por la gravedad. Por lo tanto, se puede inferir que su efecto está en la recesión, en el crecimiento de los voids, pero no puede impedir la aglomeración de las galaxias en cúmulos y super-cúmulos

Introducción

El Big-Bang en un universo auto-contenido ⁽¹⁾ se puede describir como una estructura de multiplicación cuántica y disipación continua de energía, con conservación de la suma de entalpía y entropía ^(2,3,4,5,6,7). Este principio se puede aplicar a través del mecanismo de conversión paramétrica a la baja o PdC (parametric down conversion) ^(8,9), comprobado experimentalmente como capaz de sostener el efecto en cadena. Este sería equivalente a un sistema termodinámicamente abierto ⁽¹⁰⁾, porque el potencial disipativo de la entalpía mantiene la dinámica de expansión alejada del equilibrio en cada ciclo PdC ⁽¹¹⁾, hasta consumirse la entalpía en un último ciclo.

La tendencia de reversibilidad del PdC en el sistema, disminuye porque la probabilidad de desdoblamiento de los fotones supera la tendencia a la superposición, que no está favorecida por la forma del espectro de energía ^(12,13). La interacción entre fotones surgidos disminuye aun más conforme avanza la expansión y aumenta la entropía generada por la disminución de la densidad espectral ⁽¹⁴⁾. Esta direccionalidad da asimetría al sistema y configura la flecha del tiempo.

En este trabajo se analiza los parámetros cósmicos termodinámicos mediante la equivalencia cuántica de temperatura que surge del tratamiento de radiación de cuerpo negro de Planck ⁽¹⁵⁾. A través del cual la temperatura, una propiedad aleatoria macroscópica con distribución de energía cinética no-uniforme ⁽¹⁶⁾, resulta en un espectro de frecuencia sistemático a nivel cuántico.

Con esta herramienta conceptual se analiza temperatura-energía del CMB ^(17,18,19,20) para sistematizar la evolución del universo en función de la asimetría del espacio-tiempo, caracterizando la expansión mediante la dinámica del espectro de radiación del CMB.

Desarrollo y Resultados

Acoplamiento primordial de fotones Planck

El concepto cinético de la temperatura carece de significado para temperaturas mayores a 10^{12} K, o unos 90 MeV ⁽²¹⁾, porque la materia tal como la conocemos en este estado conforma un plasma con fotones de alta energía, donde hablar de interacción materia-fotón no tiene sentido. Estas condiciones son las que corresponden a 10^{-4} segundos después del tiempo Planck ^(22,23). Por lo que, describir la evolución de un universo "caliente" para el período anterior a 10^{-4} segundos carece de una interpretación física, que puede llevar a conclusiones incorrectas con respecto a la entalpía y la entropía.

Para esta simulación el universo comienza con un fotón Planck (1.2×10^{22} MeV, o bien el equivalente 10^{32} K), mínimo agujero negro que se disipa en el tiempo Planck (5×10^{-44} segundos). Al cual se van acoplando progresivamente otros hasta completar 1.4×10^{60} fotones

Planck, con un total de energía del universo de 1.7×10^{82} MeV manteniendo la densidad de energía casi constante ^(24,25,26). Para asimilar esto termodinámicamente se puede decir que están a la misma "temperatura". El acoplamiento durante la era inflacionaria ^(27,28,29,30) se puede asemejar a poner en contacto distintas masas de un fluido que compartan la misma temperatura. Donde se asume sólo un incremento de la masa-energía y el volumen del sistema para mantener la densidad constante.

Variar el momento de un fotón implica que interactúe con la materia, donde al impactar con el átomo surge un fotón con mayor longitud de onda, mecanismo no factible en el período inflacionario donde no hay átomos y tampoco observable en la evolución de los vacíos (voids) de la estructura esponjosa del universo. Por esto, la "interacción" necesaria para la división de fotones que comienza en el período inflacionario, con conservación del momento, es reemplazada por el mecanismo de PdC ^(8,9,31), lo que implica una multiplicación de fotones.

Los procesos conjuntos de acoplamiento primordial de los fotones Planck y PdC, explica el incremento exponencial del volumen del universo inflacionario. Que en realidad conlleva un incremento de la entalpía, con baja entropía. Esta última es de un valor relativamente pequeño con respecto a la entropía de expansión. Por lo tanto, al finalizar el período inflacionario el universo dispone de potencial energético más que suficiente para realizar el trabajo de expansión. El mecanismo de PdC permite apartarse del concepto de energía oscura ^(32,33) para mantener el universo plano. La evolución del PdC produce una tasa constante de expansión, por ser un proceso de división cuántica que no está sujeto a gravitación aunque si el conjunto de los fotones.

Universo dominado por la radiación

Siguiendo el razonamiento de un acoplamiento primordial de fotones Planck, de un universo inicial compuesto por fotones de alta energía, es posible hablar de un universo dominado por la radiación y en expansión mediada por PdC.

Siendo ρ la densidad media en el volumen V y c la velocidad de la luz. Para una expansión adiabática (sin intercambio de calor) de dicho volumen tiene que cumplirse el primer principio de la termodinámica de tal forma que la variación de la energía interna sea igual al trabajo realizado por la expansión.

$$dE/dt = -P dV/dt \Rightarrow d/dt (\rho c^2 a^3) = -P d/dt (a^3) \Rightarrow d\rho/dt = -3 H_0 (\rho + P / c^2)$$

Universo dominado por radiación: $P = 1/3 \rho c^2$

$$d\rho/dt = -3 H_0 (\rho + P / c^2) = -3 H_0 (\rho + 1/3 \rho c^2 / c^2) = -4 H_0 \rho$$

$$\int d\rho/\rho = -4 H_0 \int dt$$

$$\ln \rho = -4 H_0 t + k_1 \Rightarrow \rho = \rho_{inicial} \times e^{-4 H_0 t}$$

Ecuación válida durante el período inflacionario. Es decir, la luz estaba en estrecho contacto con la materia alcanzando ambas un equilibrio térmico perfecto. Hasta que el universo alcanzó la temperatura de 3000K aproximadamente, en ese momento los electrones empezaron a combinarse rápidamente con los núcleos formando átomos.

Se puede tener en cuenta lo siguiente:

1. El universo dominado por la radiación fotones-energía-masa tiene una densidad conforme a la relación:

$$\rho = \rho_{initial} \times e^{-4 H_0 t} \quad (1)$$

2. Consideremos la densidad espectral de Planck como el factor fundamental para evaluar una relación de energía-espacio-tiempo idealizada como una expansión en analogía a la radiación de un cuerpo negro.

$$\rho_T = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \times \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \therefore \rho_T = \int_0^\infty \rho_T(\nu) d\nu = \frac{8\pi h}{c^3} \int_0^\infty \frac{\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} d\nu$$

Llamando: $x = \frac{h\nu}{kT}$, $dx = \frac{h}{kT} d\nu \Rightarrow \nu = \frac{kT}{h} x$ y $d\nu = \frac{kT}{h} dx \Rightarrow$

$$\rho_T = \frac{8\pi h}{c^3} \frac{k^4 T^4}{h^4} \int_0^\infty \frac{x^3}{e^x - 1} dx \wedge \int_0^\infty \frac{x^3}{e^x - 1} = \frac{\pi^4}{15} \Rightarrow$$

Ley de Stefan $\rho_T = \frac{8\pi^5 k^4}{15 h^3 c^3} T^4 \quad (2.1)$

3. La elongación de la longitud de onda debida a la expansión, teniendo en cuenta que λ_i es la longitud de onda inicial, λ_f es la longitud de onda después de un lapso de tiempo cronológico (t), $H_{(t)}$ es la constante de Hubble dependiente del tiempo y $a_{(t)}$ es el parámetro de expansión en función del tiempo.

$$(a) \quad 1 + z = \frac{\lambda_f}{\lambda_i} \wedge 1 + z = \frac{a_{(t)}}{a_i} \Rightarrow \frac{\lambda_f}{\lambda_i} = \frac{a_{(t)}}{a_i}$$

$$(b) \quad H_{(t)} = \frac{1}{a} \frac{da}{dt} \text{ integrando } \int \frac{da}{a} = \int H_{(t)} dt \Rightarrow \ln a = H_{(t)} t + k \Rightarrow a_{(t)} = a_i \times e^{H_{(t)} t}$$

$$(a) \wedge (b) \Rightarrow (c) \quad \frac{\lambda_f}{\lambda_i} = \frac{a_{(t)}}{a_i} = \frac{a_i \times e^{H_{(t)} t}}{a_i} = e^{H_{(t)} t} \Rightarrow \lambda_f = \lambda_i \times e^{H_{(t)} t} \quad (3.1)$$

4. Relacionando las ecuaciones 1 y 2.1 se obtiene:

$$(1) \wedge (2.1) \Rightarrow \frac{8\pi^5 k^4}{15 h^3 c^3} T^4 = \rho_{initial} \times e^{-4 H_0 t} \quad (4.1)$$

Teniendo presente la ecuación 3.1 en la 4.1:

$$\frac{8\pi^5 k^4}{15h^3 c^3} T^4 = \rho_{initial} \times (e^{H_0 t})^{-4} \wedge e^{H(t)t} = \frac{\lambda_f}{\lambda_i} \Rightarrow \frac{8\pi^5 k^4}{15h^3 c^3} T^4 = \rho_i \times \frac{\lambda_i^4}{\lambda_f^4} \Rightarrow$$

$$\lambda_f = \left(\frac{15h^3 c^3}{8\pi^5 k^4} \right)^{1/4} \frac{\rho_i^{1/4} \times \lambda_i}{T} \quad (4.2)$$

Teniendo en cuenta que la densidad del locus inicial (Planck) es $\rho_i = 2.8933 \times 10^{120} \text{ MeV/cm}^3$ y la longitud de onda asociada es $\lambda_i = 1.616 \times 10^{-33} \text{ cm}$, entonces:

$$\lambda_f = \left(\frac{15 \cdot (4.1357 \times 10^{-21} \text{ MeV} \cdot \text{s})^3 (2.9979 \times 10^{10} \text{ cm/s})^3}{8\pi^5 (8.614 \times 10^{-11} \text{ MeV/K})^4} \right)^{1/4} \frac{(2.8933 \times 10^{120} \text{ MeV/cm}^3)^{1/4} 1.616 \times 10^{-33} \text{ cm}}{T}$$

$$\lambda_f = \left(\frac{15}{8\pi^5} \times \frac{7.07354 \times 10^{-62} \times 2.6944 \times 10^{31} \text{ K}^4 \text{ cm}^3}{5.50579 \times 10^{-41} \text{ MeV}} \right)^{1/4} \frac{1.30421 \times 10^{30} \text{ MeV}^{1/4} / \text{cm}^{1/4} \times 1.616 \times 10^{-33} \text{ cm}}{T}$$

$$\lambda_f = \frac{2.5434 \times 10^{-1} \text{ cmK}}{T} \quad (4.3)$$

Omitiendo los errores inherentes al cálculo, la expresión 4.3 es similar a la ley de Wien:

$$\lambda_{max} = \frac{0.2898 \text{ cmK}}{T}$$

Esto deja claro que las hipótesis iniciales pueden ser consideradas verdaderas.

Números de fotones y densidad de radiación CMB del universo

Para una temperatura dada la densidad de energía de la radiación de CMB se obtiene de la integral:

$$\rho_T = \frac{8\pi h}{c^3} \int_0^\infty \frac{v^3}{e^{\frac{hv}{kT}} - 1} dv \Rightarrow \rho_{(T)} \approx 3.80418 \times 10^{-9} T^4 \quad [\rho_{(T)}] = \text{MeV/cm}^3$$

La cantidad relativa de la población de fotones CMB (N_T) de frecuencia ν , y de energía $h\nu$ en una radiación térmica de temperatura T , por unidad de volumen, está dada por la integral de Planck:

$$N_{(T)} \approx \frac{8\pi}{c^3} \int_0^\infty \frac{v^2}{e^{\frac{hv}{kT}} - 1} dv, \text{ sustituyendo } x = \frac{hv}{kT}, \quad dx = \frac{h}{kT} dv \Rightarrow v = \frac{kT}{h} x \quad \dot{y}$$

$$dv = \frac{kT}{h} dx \Rightarrow N_T = \frac{8\pi}{c^3} \frac{k^3 T^3}{h^3} \int_0^\infty \frac{x^2}{e^x - 1} dx \Rightarrow N_T \approx 20 \times T^3 \quad [N_T] = \text{cm}^{-3}$$

Volumen total de CMB

Para un sistema adiabático homogéneo e isotrópico la energía E y el volumen V están relacionados por $E = V \times \rho$ (1), donde ρ es la densidad de energía.

Por otro lado, la radiación CMB cubre la totalidad del universo por lo que se puede inferir que el volumen ocupado por este es en realidad el volumen del universo mismo V_U . Si se considera que el período en que se forma la materia el residuo energético en forma de radiación CMB es 1/20000 del total de energía disponible, entonces se tiene una energía de 2.09×10^{78} MeV. Esta magnificación del rol de CMB se puede explicar que como proceso cuántico se correlaciona con el resto del universo a un nivel no afectado por la gravedad. Por lo tanto, se puede inferir que su efecto está en la recesión, en el crecimiento de los voids, pero no puede impedir la aglomeración de las galaxias en cúmulos y super-cúmulos

Teniendo en cuenta la densidad de radiación $\rho_{(T)} \approx 3.80418 \times 10^{-9} T^4$ y la energía CMB $E_{CMB} = 2.09 \times 10^{78}$ MeV en función de la expresión (1) se obtiene:

$$2.09 \times 10^{78} \text{ MeV} = V \times 3.80418 \times 10^{-9} \frac{\text{MeV}}{\text{cm}^3 \text{K}^4} T^4 \Rightarrow V_{U(T)} = \frac{5.49396 \times 10^{86} \text{ cm}^3 \text{K}^4}{T^4} [V_U] = \text{cm}^3$$

CMB después de inflación

Después del tiempo Planck a los 10^{-33} segundos la "temperatura" cayó a los 10^{27} K.

La densidad de energía de radiación (ó del universo) es: $\rho_T \approx \frac{8\pi h}{c^3} \int_0^\infty \frac{v^3}{e^{\frac{hv}{kTv}} - 1} dv$

$$\rho_T \approx \int_0^\infty \frac{3.857654768 \times 10^{-51} v^3}{e^{\frac{4.801099876 \times 10^{-11} v}{10^{27}} - 1}} dv \Rightarrow \rho_T \approx 4.71 \times 10^{99} \text{ MeV/cm}^3$$

La densidad de fotones para esta temperatura:

$$N_{(T)} \approx \int_0^\infty \frac{9.3278 \times 10^{-31} v^2}{e^{\frac{4.801 \times 10^{-11} v}{10^{27}} - 1}} dv = 2.02633 \times 10^{82} \quad N_{(T)} \approx 2.02633 \times 10^{82} \text{ cm}^{-3}$$

El volumen del universo en función de la longitud de onda Compton

La longitud de onda Compton es la más pequeña distancia en la cual una partícula de masa m puede ser localizada: $\lambda_c = h/2\pi mc = hc/2\pi E = \lambda/2\pi$. Este trabajo utiliza este concepto con dos condiciones. Primero, las energías de los fotones primordiales son muy grandes con locus energético muy pequeño que se comportan como verdaderas partículas con masa m en

reposo y volumen V . Segundo, la masa m es reemplazada por el equivalente en energía E de los fotones primordiales. Con estas condiciones se desarrollan los siguientes pasos.

1. La longitud de Compton en función de la energía del fotón es: $\lambda_c = \frac{hc}{2\pi E}$

2. La energía del fotón puede ser representada como contenida en una esfera cuyo diámetro es la longitud de onda Compton λ_c . Por lo tanto el volumen de la partícula Compton es:

$$V_c = \frac{\pi}{6} [\lambda_c]^3 = \frac{\pi}{6} \left[\frac{hc}{2\pi E} \right]^3 \Rightarrow V_c = \frac{h^3 c^3}{48\pi^2 E^3}$$

3. La energía total en el universo se estima en 1.71×10^{82} MeV

El volumen del locus de energía de la partícula aumenta conforme se duplica su longitud de onda Compton. Para un volumen inicial de λ_c se tiene $V_{c1} = \frac{\pi}{6} [\lambda_c]^3$, luego por elongación se

obtiene: $V_{c2} = \frac{\pi}{6} [2\lambda_c]^3$. La relación es $\frac{V_{c2}}{V_{c1}} = \frac{\frac{\pi}{6} [2\lambda_c]^3}{\frac{\pi}{6} [\lambda_c]^3} \Rightarrow \frac{V_{c2}}{V_{c1}} = 8$ entonces el volumen del

locus por elongación aumenta de la siguiente forma $V_{c-n} = 8^n \times V_c$, donde $0 < n < 50$.

Si interpretamos la elongación como un proceso continuo implica un cambio de la energía de su locus. Pero, por el principio de conservación del momento y la energía dicho proceso debe disipar energía en alguna forma, es decir, esta obligado a liberar otro fotón. Cuando un fotón duplica su longitud de onda su energía-locus disminuye a la mitad, surgiendo otro fotón con la misma energía. La variación del volumen producido por el proceso de elongación-duplicación del locus está compuesta de dos factores, aumenta 8 veces por elongación y 2 por duplicación. Resumiendo el volumen de Compton del proceso elongación-duplicación se expresa del siguiente modo.

$$V_{c-n} = \overbrace{8^n \times V_c}^{\text{Elongación}} \times \overbrace{2^n}^{\text{Duplicación}} \Rightarrow V_{c-n} = 2^{3n} \times 2^n \times V_c \Rightarrow V_{c-n} = 2^{4n} V_c$$

Si se parte de un Planck la secuencia que muestra la evolución del volumen se expresa como:

$$V_{c-n} = 2^{4n} V_{Pl}$$

Al proceso elongación-duplicación se agrega el proceso de acoplamiento de las partículas Planck. El volumen del universo inflacionario desde 10^{-43} hasta 10^{-33} segundo esta definido como la suma del volumen Compton (por elongación-duplicación) y el volumen de los Planck

acoplados. En cada nivel n hay que multiplicar $V_{c-n} = 2^{4n} V_{Pl}$ por los fotones Planck acoplados hasta que el universo tiene alrededor de 10 cm de diámetro.

Evolución del volumen inflacionario

La secuencia que muestra la evolución del volumen del universo inflacionario a partir del volumen inicial Planck (V_{Pl}), teniendo en cuenta que los fotones que ingresan (p) comienzan a elongarse y a duplicarse, es:

$$n=0, V_0 = V_{Pl}(p^0 2^{4 \times 0})$$

$$n=1, V_1 = V_{Pl}(p^0 2^{4 \times 1} + p^1 2^{4 \times 0})$$

$$n=2, V_2 = V_{Pl}(p^0 2^{4 \times 2} + p^1 2^{4 \times 1} + p^2 2^{4 \times 0})$$

$$n=3, V_3 = V_{Pl}(p^0 2^{4 \times 3} + p^1 2^{4 \times 2} + p^2 2^{4 \times 1} + p^3 2^{4 \times 0})$$

$$n=4, V_4 = V_{Pl}(p^0 2^{4 \times 4} + p^1 2^{4 \times 3} + p^2 2^{4 \times 2} + p^3 2^{4 \times 1} + p^4 2^{4 \times 0})$$

Entonces

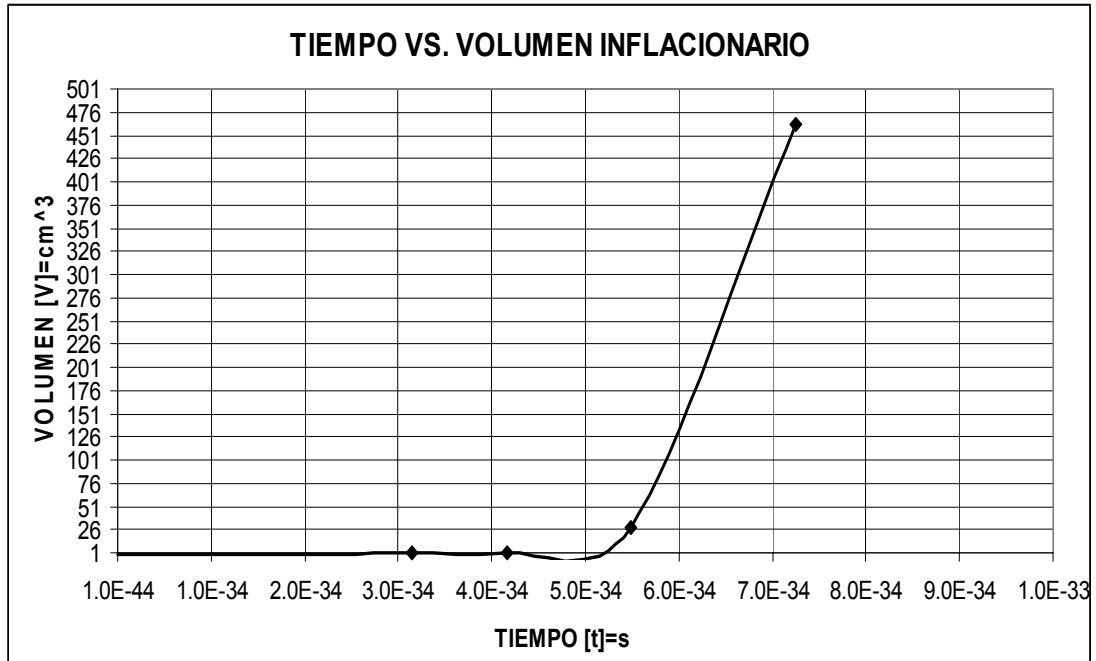
$$V_n = V_{Pl}(p^0 2^{4 \times n} + p^1 2^{4 \times (n-1)} + p^2 2^{4 \times (n-2)} + p^3 2^{4 \times (n-3)} + \dots + p^4 2^{4 \times (n-m)})$$

$$V_n = V_{Pl}(p^0 \frac{2^{4 \times n}}{2^{4 \times 0}} + p^1 \frac{2^{4 \times n}}{2^{4 \times 1}} + p^2 \frac{2^{4 \times n}}{2^{4 \times 2}} + p^3 \frac{2^{4 \times n}}{2^{4 \times 3}} + \dots + p^4 \frac{2^{4 \times n}}{2^{4 \times m}})$$

$$V_n = V_{Pl} 2^{4 \times n} \left(\frac{p^0}{2^{4 \times 0}} + \frac{p^1}{2^{4 \times 1}} + \frac{p^2}{2^{4 \times 2}} + \frac{p^3}{2^{4 \times 3}} + \dots + \frac{p^m}{2^{4 \times m}} \right)$$

$$V_U = V_{Pl} 2^{4 \times n} \sum_{m=0}^n \frac{p^m}{2^{4 \times m}} \Rightarrow V_U = \frac{p^{n+1} - 16^{n-1}}{p - 16} V_{Pl}$$

Gráfico de tiempo vs. volumen inflacionario



Acoplamiento de los fotones Planck

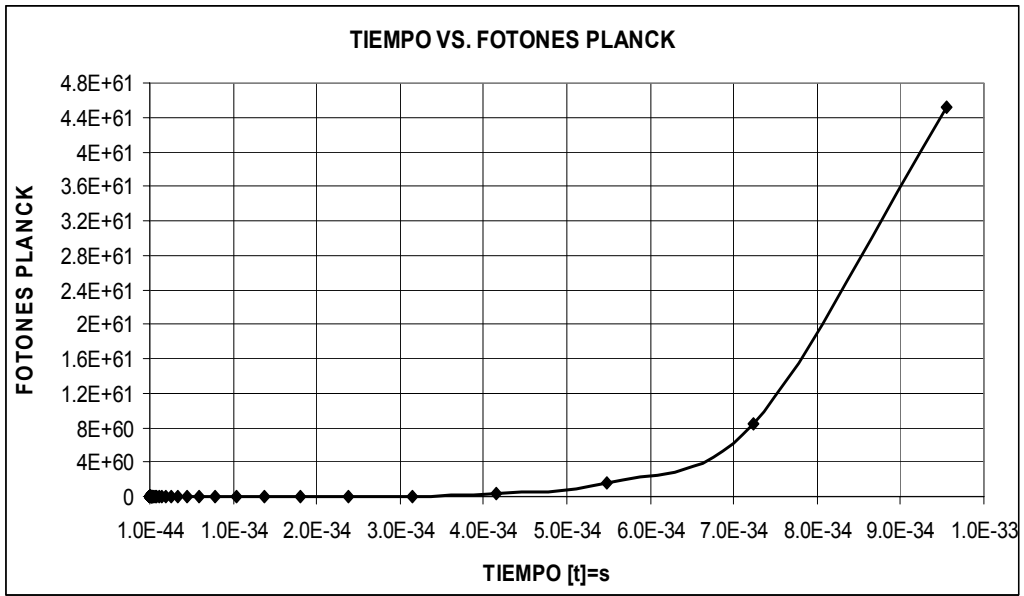
La secuencia de acoplamiento de los fotones se aprecia del siguiente modo:

$$n=0, \gamma_0 = p^0 ;$$

$$n=1, \gamma_1 = p^0 + p^1$$

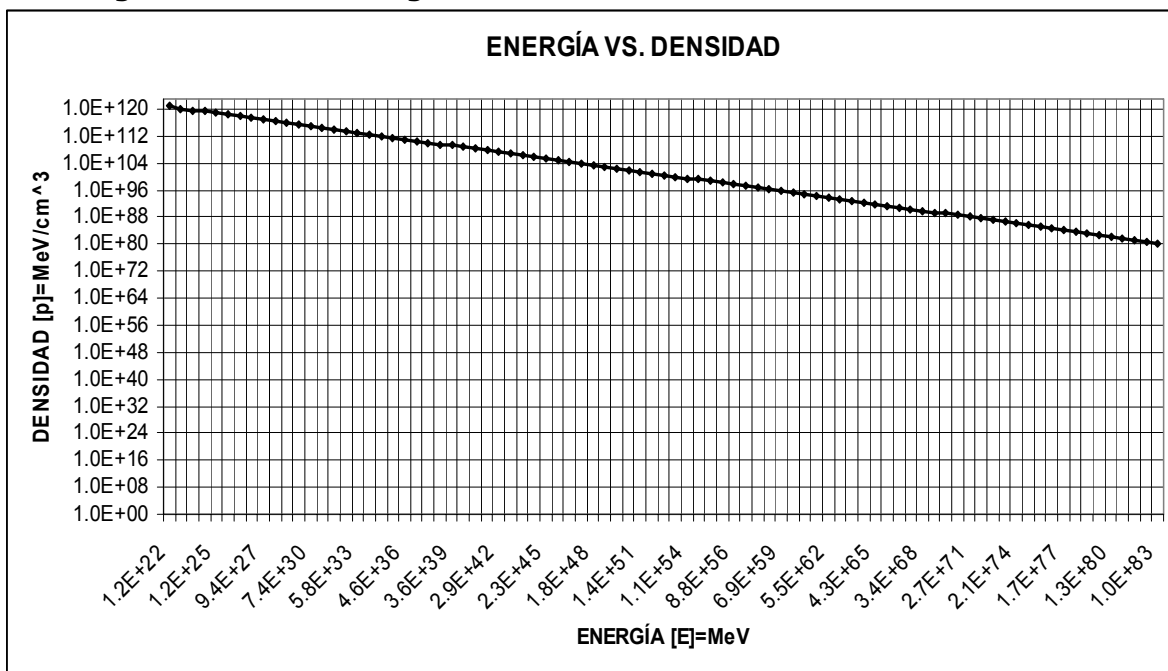
$$n=2, \gamma_2 = p^0 + p^1 + p^2 \text{ Entonces } \gamma_n = \sum_{n=0}^n p^n \Rightarrow \gamma_n = \frac{p^{n+1} - 1}{p - 1}$$

Gráfico del tiempo vs fotones Planck



Las tablas de simulación bajo las condiciones al finalizar la inflación determinan que los fotones Planck se acoplan en una progresión geométrica con base igual a 5 ó 6 fotones. Comienza con un fotón Planck luego se le acoplan 5 ó 6, luego 5^2 ó 6^2 , luego 5^3 ó 6^3 , así, sucesivamente. El total de pasos ó acoplamientos necesarios para que coincidan los valores de los parámetros de volumen Compton, volumen del universo, energía total, ajustados a los markers, son **84**.

Gráfico logarítmico de la energía vs. la densidad



CMB en el período LD

En el período LD la temperatura es 3000 K ($\lambda_{\text{máx}}=8.48 \times 10^{-5}$ cm), la densidad fotones y la densidad de energía son respectivamente:

$$N_{(T)} \approx \int_0^{\infty} 9.3278 \times 10^{-31} v^2 \times \frac{1}{e^{4.801 \times 10^{-11} v / 3000} - 1} dv \Rightarrow N_T \approx \frac{5.47488 \times 10^{11} \text{ fotones}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho_T \approx \frac{8\pi h}{c^3} \int_0^{\infty} \frac{v^3}{e^{hv/kT} - 1} dv \Rightarrow \rho_{(T)} = 3.80418 \times 10^{-9} T^4 \Rightarrow \rho_{(3000)} = 3.08 \times 10^5 \text{ MeV/cm}^3$$

Volumen del universo en LD (V_{LD}) está calculada en función de la densidad de radiación y la energía total de radiación, cuya distribución comprende la totalidad del universo.

$$V_U = \frac{5.49396 \times 10^{86} \text{ cm}^3 \text{K}^4}{(3000\text{K})^4} = 6.78 \times 10^{72} \text{ cm}^3$$

CMB en el Presente

La temperatura del CMB en el presente es $T=2.725$ K, la densidad de fotones N_T :

$$N_T \approx \int_0^{\infty} \frac{9.3278 \times 10^{-31} v^2}{e^{1.7619 \times 10^{-11} v} - 1} dv \Rightarrow N_T \approx \frac{405 \text{ fotones}}{\text{cm}^3}$$

La densidad de energía es $\rho_{(2.725)} = 2.098 \times 10^{-7} \text{ MeV/cm}^3$

Volumen del universo presente: $V_U = \frac{5.49396 \times 10^{86} \text{ cm}^3 \text{K}^4}{(2.725\text{K})^4} = 9.9 \times 10^{72} \text{ cm}^3$

Teniendo presente que la energía de radiación es en su mayoría CMB, 2.09×10^{78} MeV corresponde a $9.9 \times 10^{84} \text{ cm}^3$, ocupando la totalidad del vacío. Como el volumen de la materia es despreciable con respecto al vacío este representa aproximadamente el volumen mismo del universo.

En forma gráfica (figura 1) se resume los parámetros mencionados desde el período de última dispersión del siguiente modo.

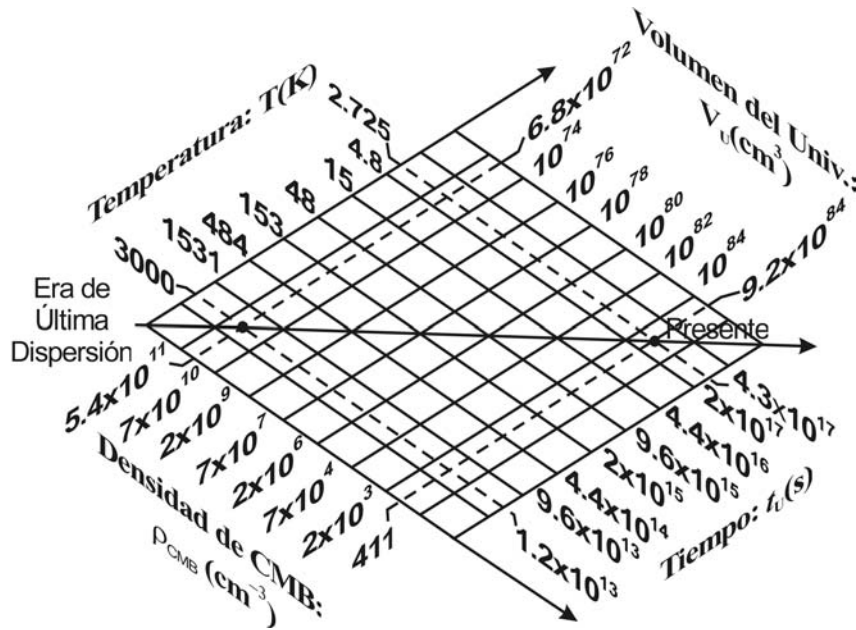


Fig.1: Relación entre radiación de cuerpo negro y las dimensiones espacio-temporales. A partir de los conceptos involucrados en la ley de Planck es posible obtener una fórmula que relaciona volumen del universo a partir de la temperatura y viceversa: $T(V) = 4.841404 \times 10^{21} T^{-1/4}$ donde $[V]=\text{cm}^3$ y $[T]=\text{K}$. Suponiendo que el tiempo es proporcional al radio del universo en forma de la constante c y que el volumen de CMB es el del universo mismo.

Discusión

Se cree que el porcentaje de materia del universo está constituido por un 5% de materia bariónica y un 25% en materia oscura, eso equivaldría a una densidad media de dos protones por m^3 , que es el valor observado y confirmado por múltiples mediciones, usado en esta simulación.

Este número difiere de los 6 protones por m^3 determinado por la relación de Friedmann, lo que lleva a que se ajuste la cantidad de energía del universo incluyendo un 70% de una energía con características especiales, llamada energía oscura, aun no detectada. Se supone que esta incrementa la densidad del universo pero paradójicamente no es afectada por la gravitación y se la supone determinante de la expansión. Por lo tanto, actúa como una fuerza que se opone a gravitación, y reemplaza así a la constante cosmológica, la quintaesencia, etc (34,35,36,37,38,39,40), permitiendo la descripción del Big-Bang como auto-contenido.

La observación muestra un universo constituido por enormes regiones vacías (voids) y las galaxias en sus bordes agrupadas en cúmulos y supercúmulos, con un volumen despreciable en comparación. Se puede asumir de este modo que la suma de todos los voids constituye el volumen del universo. Esto permite inferir que la causa que incrementa el volumen de los voids puede escapar de la gravedad necesaria para mantener la atracción entre las galaxias. La recesión galáctica no sólo es detectable sino que se puede inferir como relacionada con la evolución del universo, en que el vacío aumenta hasta alcanzar un volumen mil millón de veces superior al galáctico.

Conclusiones

La búsqueda de una solución llevó a postular que los fotones de CMB se dividen y se elongan, en un proceso iterativo que obtuvo su primer impulso durante el período Planck y que se mantiene porque la energía potencial relacionada con temperatura todavía está lejos del equilibrio. Aunque los fotones CMB están sujetos a la gravedad dicho mecanismo no lo está. Si se acepta que el incremento del vacío está correlacionado con la división y elongación de CMB se hace innecesario recurrir arbitrariamente al concepto de que la energía oscura pueda tener masa y no estar sujeta a la gravedad. Ninguna medición hasta el presente logra encontrar la energía "faltante" lo que lleva de forma natural a cuestionar la validez del planteo cinético de la que se obtiene dicha fórmula.

El decrecimiento de frecuencia en función del proceso de desdoblamiento y elongación fotónica, a pesar de ser una reacción espontánea, incrementa el espacio y la entropía, por decrecimiento de la densidad de energía. La flecha de expansión se asocia a una flecha temporal porque cinéticamente la división de un fotón predomina restringiendo la reversibilidad la cual depende de la superposición de dos fotones de igual identidad cuántica.

Referencias

1. Gamow G., *Mr. Tompkins in Wonderland, Mr. Tompkins explores the atom*, Cambridge University Press, Cambridge, lectures (1993).
2. Einstein A., Podolsky B. and Rosen N., *Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?*, Institute for Advanced Study, Princeton, New Jersey. *Physical Review*, volume 47 May 15, (1935).
3. Hawking, S. W., <<The Quantum Theory of the Universe>>, en T. Piran y S. Weinberg eds., *Interactions between Elementary Particle Physics and Cosmology*, World Scientific Press, Singapur, 1986.
4. Hawking, S. W., *A Brief History of Time*, Bantam, Nueva York, 1988 (hay trad. cast.: *Historia del tiempo*, Critica, Barcelona,199013).

5. Vilenkin, A., <<Creation of Universes from Nothing>>, *Physics Letters*, B 117 (1982), 25.—, <<Boundary Conditions in Quantum Cosmology>>, *Physical Review*, D 33 (1982), 3560.
6. M J Klein, Planck, Entropy, and Quanta, 1901-1906, *The Natural Philosopher* **1** (1963), 83-108.).
7. M J Klein, Thermodynamics and Quanta in Planck's Work, *Physics Today* **19** (1966), 23-32.
8. M. Torres Cisneros, J.W. Haus, P. Powers, P.Bojja, M. Scalora, M.J. Bloemer, N. Akozbek, L.A. Anguilera Cortes, R. Guzmán Cabrera, R.Castro Sánchez, M.A. Meneases Nava, J.A. Andrade Lucio y J.J. Sánchez Mondragon. *Conversión Paramétrica en un Cristal fotónico no-lineal*. *Revista Mexicana de Física* **51**,pp 258-264 (2005).
9. Bennun, A.: "A Model Dimensioning the Space-Time by Parametric-Down Conversion", *The general science journal, Astrophysics*: Sep. 5, (2007).
10. I. Prigogine, *El Nacimiento del Tiempo*, Tusquets Editores, Buenos Aires (2006).
11. Bennun, A.: "A Simulation Shows the Distinct Roles of Matter Curving and CMB Expanding Space", *The general science journal, Astrophysics*: Dec. 18, (2007).
12. Bennun, A.: "Changes in Space-Time Configuration of CMB for a Role in Vacuum Fluctuations", *The general science journal, Astrophysics*: Sep. 13, (2007).
13. Bennun, A.: "CMB Radiation and the Casimir Effect", *The general science journal, Quantum Physics*: Dec. 12 (2007).
14. Einstein, A. & W. de Sitter, "On the Relation between the Expansion and the Mean Density of the Universe," *Proceedings of the National Academy of Sciences* **18**, 213 (1932) [reprinted, with commentary, in Lang, Kenneth R. & Owen Gingerich, eds., *A Source Book in Astronomy & Astrophysics, 1900-1975* (Harvard Univ. Press, 1979), 849-50].
15. M J Klein, Max Planck and the Beginnings of Quantum Theory, *Archive for History of Exact Sciences* **1** (1962), 459-479
16. Penrose Roger, "El camino a la realidad", Randon House Mondadori, Barcelona, (2006).
17. D. J. Fixsen y otros, "The Cosmic Microwave Background Spectrum from the full COBE FIRAS data set", *Astrophysical Journal* 473, 576-587 (1996).
18. Smoot, G., COBE Observations and Results, <arXiv:astro-ph/9902027> (1999).
19. Smoot, G. and Scott, D., **Cosmic Background Radiation**, in Hagiwara, K. *et al.*, *Physical Review D***66**, 010001-1, 2002.
20. Tegmark, M., The angular power spectrum of the four-year COBE data, the *Astrophysical Journal*, 464: L35-L38 (1996).
21. Gribbin J., "The universe a biography", Penguin Books, Ltd. Edición Español, Editorial Crítica (2007).
22. Reeves H., "El primer Segundo", Editorial Andrés Bello, 1998.
23. A.A.Grib, V.Yu.Dorofeev, Creation of particles in the early Friedmann Universe. Proc. of the Second A.A.Friedmann Intern. Seminar on Gravitation and Cosmology, 117 (1994).
24. Bennun A., Ledesma N., "PdC-dependent sequence of CMB divisions analyzed as a Schrödinger's energy-box", *The General Science Journal, Astrophysics*, www.wbabin.net (April 16, 2008).
25. Bennun A., "El espacio tiempo y el Fondo Cósmico de Microondas (CMB). ¿Es posible relacionar el CMB con el Efecto Casimir y las Fluctuaciones de Vacío?", *Matemática, Física, Astronomía*, www.casanchi.com (23 Febrero, 2008).
26. Bennun A., "Inflation-Expansion Characterized by Relativistic Space-Time-Velocity Plus the Quantum-Dimensioning Parameters of CMB-Elongation", *The General Science Journal, Special and General Relativity*, www.wbabin.net (Jan. 14, 2008).
27. Guth, A. H., *The Inflationary Universe: The Quest for a New Theory of Cosmic Origins* (1998) Publisher: Perseus Books; 1st edition (1998).
28. Linde, A. D., Inflation, quantum cosmology and the anthropoid principle. arXiv: hep-th/0211048 (2002).
29. El Hasi C. "Non Trivial Dynamics and Inflation", en "Chaos in Gravitational N-Body Systems" de J.C. Muzzio et al (*Kluwer Academic Publishers*) 239-244. (1996)

30. Calzetta, E. and El Hasi C., "Nontrivial Dynamics in the Early Stages of Inflation", *Phys. Rev. D* **51**, 2713. (1995)
31. Brida, G., Genovese, M., Novero, C., "Experimental limit on spontaneous parametric up conversion", *Journal of Modern Optics*, Vol. 50, N° 11, pp. 1757-1762 (6) (2003)
32. Djorgovski, S. and Gurzadyan, V., "Dark Energy from Vacuum Fluctuations", in Cline, D. et al, *Nuclear Physics B*, (2006)
33. Padmanabhan, T., "Vacuum Fluctuations of Energy Density can Lead to the Observed Cosmological Constant", arXiv:hep-th/0406060 v1, 7 Jun (2004)
34. A. Einstein, *The Meaning of Relativity*, Princeton University Press, Princeton (1988).
35. Rindler, W., *Relativity special, general and cosmological*, Oxford University Press, (2001)
36. Linde, A. D., A New Inflationary Universe Scenario: a possible solution of the horizon, flatness, homogeneity, isotropy and primordial monopole problems, *Phys. Lett. B*, **108**, 389-393 (1982)
37. Linde, A. D., Chaotic Inflation, *Phys. Lett. B* **129**, 177-181 (1983)
38. Linde, A. D., Eternally existing self-reproducing chaotic inflationary universe. *Phys. Lett. B* **175**, 395-400 (1986)
39. Linde, A. D., The Self-Reproducing Inflationary Universe, in *Scientific American*, November (1994)
40. Albrecht, A. and Steinhardt, P. J., Cosmology for grand unified theories with radiating induced symmetry breaking, *Phys. Rev. Lett.* **48**, 1220-1223 (1982)

Alfredo Bennun
 Graduate School of Rutgers University (retired)
www.alfredobennun.com.ar

Néstor Ledesma
 Estudiante de Ingeniería
 Profesor de Matemáticas, INTVA

Addendum

Tabla de simulación

Tiempo inflacionario [t]=s	Período inflacionario n	Acoplamiento de fotones	Volumen inflacionario [V]=cm ³	Energía [E]=MeV	Densidad [ρ]= MeV /cm ³
5.39E-44	0	1	2.2106E-99	1.221E+22	5.5233E+120
7.12E-44	1	6.3	4.70864E-98	7.6923E+22	1.6337E+120
9.39E-44	2	34.39	8.1548E-97	4.19902E+23	5.1491E+119
1.24E-43	3	183.267	1.33768E-95	2.23769E+24	1.6728E+119
1.64E-43	4	972.3151	2.15773E-94	1.1872E+25	5.5021E+118
2.16E-43	5	5154.27003	3.46161E-93	6.29336E+25	1.818E+118
2.85E-43	6	27318.63116	5.54348E-92	3.3356E+26	6.0172E+117
3.76E-43	7	144789.7451	8.87216E-91	1.76788E+27	1.9926E+117
4.97E-43	8	767386.6493	1.41968E-89	9.36979E+27	6.5999E+116
6.56E-43	9	4067150.241	2.27157E-88	4.96599E+28	2.1862E+116
8.66E-43	10	21555897.28	3.63454E-87	2.63198E+29	7.2416E+115
1.14E-42	11	114246256.6	5.81529E-86	1.39495E+30	2.3988E+115
1.51E-42	12	605505160.8	9.30448E-85	7.39322E+30	7.9459E+114
1.99E-42	13	3209177353	1.48872E-83	3.91841E+31	2.6321E+114
2.63E-42	14	17008639974	2.38195E-82	2.07675E+32	8.7187E+113
3.47E-42	15	90145791863	3.81112E-81	1.10068E+33	2.8881E+113
4.58E-42	16	4.77773E+11	6.09778E-80	5.8336E+33	9.5668E+112
6.05E-42	17	2.5322E+12	9.75646E-79	3.09181E+34	3.169E+112
7.98E-42	18	1.34206E+13	1.56103E-77	1.63866E+35	1.0497E+112
1.05E-41	19	7.11294E+13	2.49765E-76	8.6849E+35	3.4772E+111
1.39E-41	20	3.76986E+14	3.99624E-75	4.60299E+36	1.1518E+111
1.84E-41	21	1.99802E+15	6.39399E-74	2.43959E+37	3.8154E+110
2.42E-41	22	1.05895E+16	1.02304E-72	1.29298E+38	1.2639E+110
3.20E-41	23	5.61245E+16	1.63686E-71	6.8528E+38	4.1865E+109
4.22E-41	24	2.9746E+17	2.61898E-70	3.63198E+39	1.3868E+109
5.57E-41	25	1.57654E+18	4.19037E-69	1.92495E+40	4.5938E+108
7.36E-41	26	8.35565E+18	6.70459E-68	1.02022E+41	1.5217E+108
9.71E-41	27	4.42849E+19	1.07273E-66	5.40719E+41	5.0406E+107
1.28E-40	28	2.3471E+20	1.71637E-65	2.86581E+42	1.6697E+107
1.69E-40	29	1.24396E+21	2.7462E-64	1.51888E+43	5.5308E+106

2.23E-40	30	6.59301E+21	4.39392E-63	8.05006E+43	1.8321E+106
2.95E-40	31	3.49429E+22	7.03027E-62	4.26653E+44	6.0688E+105
3.89E-40	32	1.85198E+23	1.12484E-60	2.26126E+45	2.0103E+105
5.14E-40	33	9.81547E+23	1.79975E-59	1.19847E+46	6.6591E+104
6.78E-40	34	5.2022E+24	2.8796E-58	6.35189E+46	2.2058E+104
8.95E-40	35	2.75717E+25	4.60736E-57	3.3665E+47	7.3068E+103
1.18E-39	36	1.4613E+26	7.37177E-56	1.78424E+48	2.4204E+103
1.56E-39	37	7.74488E+26	1.17948E-54	9.4565E+48	8.0175E+102
2.06E-39	38	4.10479E+27	1.88717E-53	5.01194E+49	2.6558E+102
2.72E-39	39	2.17554E+28	3.01948E-52	2.65633E+50	8.7973E+101
3.59E-39	40	1.15303E+29	4.83116E-51	1.40785E+51	2.9141E+101
4.73E-39	41	6.11108E+29	7.72986E-50	7.46163E+51	9.653E+100
6.25E-39	42	3.23887E+30	1.23678E-48	3.95466E+52	3.1976E+100
8.25E-39	43	1.7166E+31	1.97884E-47	2.09597E+53	1.0592E+100
1.09E-38	44	9.09799E+31	3.16615E-46	1.11087E+54	3.5086E+99
1.44E-38	45	4.82194E+32	5.06584E-45	5.88759E+54	1.1622E+99
1.90E-38	46	2.55563E+33	8.10535E-44	3.12042E+55	3.84983E+98
2.50E-38	47	1.35448E+34	1.29686E-42	1.65382E+56	1.27526E+98
3.31E-38	48	7.17876E+34	2.07497E-41	8.76526E+56	4.22429E+97
4.36E-38	49	3.80474E+35	3.31995E-40	4.64559E+57	1.39929E+97
5.76E-38	50	2.01651E+36	5.31192E-39	2.46216E+58	4.63516E+96
7.60E-38	51	1.06875E+37	8.49907E-38	1.30495E+59	1.5354E+96
1.00E-37	52	5.66438E+37	1.35985E-36	6.91621E+59	5.08601E+95
1.32E-37	53	3.00212E+38	2.17576E-35	3.66559E+60	1.68474E+95
1.75E-37	54	1.59113E+39	3.48122E-34	1.94276E+61	5.5807E+94
2.31E-37	55	8.43296E+39	5.56995E-33	1.02966E+62	1.84861E+94
3.05E-37	56	4.46947E+40	8.91192E-32	5.45722E+62	6.12351E+93
4.02E-37	57	2.36882E+41	1.42591E-30	2.89233E+63	2.02841E+93
5.31E-37	58	1.25547E+42	2.28145E-29	1.53293E+64	6.71912E+92
7.01E-37	59	6.65401E+42	3.65032E-28	8.12455E+64	2.22571E+92
9.25E-37	60	3.52663E+43	5.84052E-27	4.30601E+65	7.37266E+91
1.22E-36	61	1.86911E+44	9.34483E-26	2.28219E+66	2.44219E+91
1.61E-36	62	9.9063E+44	1.49517E-24	1.20956E+67	8.08976E+90
2.13E-36	63	5.25034E+45	2.39228E-23	6.41066E+67	2.67973E+90
2.81E-36	64	2.78268E+46	3.82764E-22	3.39765E+68	8.87662E+89
3.71E-36	65	1.47482E+47	6.12423E-21	1.80075E+69	2.94038E+89
4.89E-36	66	7.81654E+47	9.79876E-20	9.544E+69	9.74001E+88
6.46E-36	67	4.14277E+48	1.5678E-18	5.05832E+70	3.22638E+88

8.53E-36	68	2.19567E+49	2.50848E-17	2.68091E+71	1.06874E+88
1.13E-35	69	1.1637E+50	4.01357E-16	1.42088E+72	3.54019E+87
1.49E-35	70	6.16763E+50	6.42172E-15	7.53068E+72	1.17269E+87
1.96E-35	71	3.26884E+51	1.02747E-13	3.99126E+73	3.88453E+86
2.59E-35	72	1.73249E+52	1.64396E-12	2.11537E+74	1.28675E+86
3.42E-35	73	9.18218E+52	2.63034E-11	1.12114E+75	4.26236E+85
4.51E-35	74	4.86656E+53	4.20854E-10	5.94207E+75	1.41191E+85
5.95E-35	75	2.57927E+54	6.73366E-09	3.14929E+76	4.67694E+84
7.86E-35	76	1.36702E+55	1.07739E-07	1.66913E+77	1.54924E+84
1.04E-34	77	7.24518E+55	1.72382E-06	8.84637E+77	5.13185E+83
1.37E-34	78	3.83995E+56	2.75811E-05	4.68858E+78	1.69993E+83
1.81E-34	79	2.03517E+57	0.000441297	2.48494E+79	5.631E+82
2.39E-34	80	1.07864E+58	0.007060753	1.31702E+80	1.86527E+82
3.15E-34	81	5.7168E+58	0.112972041	6.98021E+80	6.17871E+81
4.16E-34	82	3.0299E+59	1.807552656	3.69951E+81	2.0467E+81
5.49E-34	83	1.60585E+60	28.92084249	1.96074E+82	6.77968E+80
7.24E-34	84	8.511E+60	462.7334798	1.03919E+83	2.24577E+80

Constantes

Energía Planck: $E_{pl} = 1.221 \times 10^{22}$ MeV

Longitud de onda Planck: $\lambda = 1.015 \times 10^{-32}$ cm

Constante de Boltzmann: $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K = 8.614×10^{-11} MeV/K

Constante de Planck: $h = 4.1356674335 \times 10^{-21}$ MeV.s

Velocidad de la luz en el vacío: $c = 29979245800$ cm/s