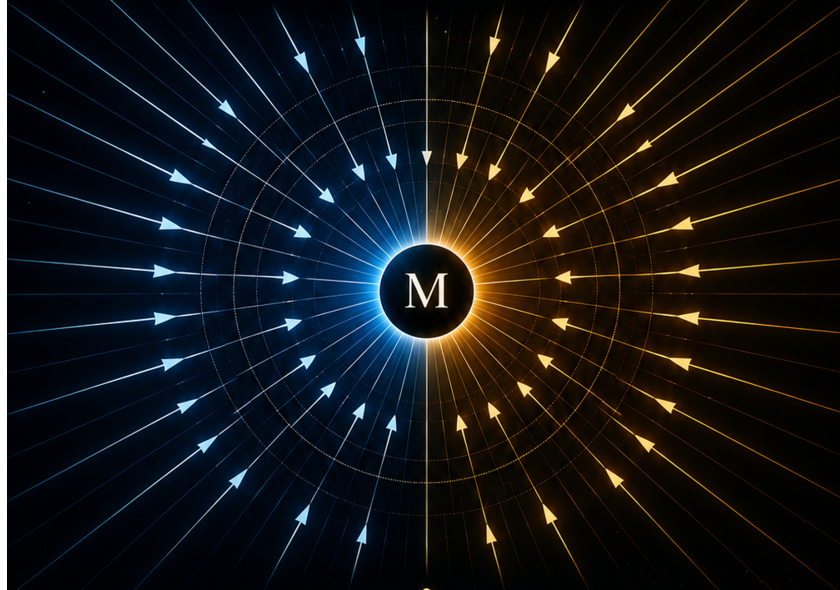


TIEMPO Y GRAVEDAD

UNA INTERPRETACIÓN GEOMÉTRICA
DEL TIEMPO Y LA GRAVEDAD



$$\theta(r) = \sqrt{\frac{2GM}{c^2 r}} \quad \Bigg| \quad v_r^{\text{eff}} = c \sin \theta$$

Proyección radial efectiva del flujo temporal

BERNAL THALMAN CORDERO

JUNIO 2026

Índice general

Introducción General	7
1. ¿Es la gravedad una manifestación del tiempo?	15
Resumen	15
1.1. Introducción	17
1.1.1. La Ecuación Más Simple de la Física	17
1.1.2. Una Curiosa Consecuencia del Tiempo . .	18
1.1.3. ¿Qué Hace Realmente la Gravedad?	19
1.1.4. La Gravedad Ralentiza el Tiempo	19
1.1.5. Una Pregunta Simple	20
1.1.6. La Gravedad se Debilita con la Distancia .	22
1.1.7. ¿Se Comporta el Tiempo de la Misma Ma- nera?	22
1.1.8. ¿Una Causa Común?	23
1.1.9. Un Paralelismo Sorprendente	24
1.2. Objeciones Comunes	26
1.2.1. ¿Es Esto Solo la Relatividad General en Di- ferentes Palabras?	26
1.2.2. ¿Puede el Tiempo Producir Realmente Mo- vimiento?	26
1.2.3. El Curioso Caso de la Caída Libre	27
1.2.4. ¿Por Qué Sentimos Peso?	28
1.2.5. Una Posible Interpretación Geométrica . .	29
1.2.6. Un Flujo de Tiempo que Percibimos	30
1.2.7. ¿Qué Es Lo Que Realmente Cae?	31
1.3. Conclusión	33

2. Gravedad: La proyección del tiempo sobre el radio de la masa	35
Resumen	35
2.1. Introducción: De la curvatura geométrica al flujo del tiempo	37
2.1.1. La magnitud invariante (c)	38
2.1.2. Mecanismo geométrico de la dilatación . .	38
2.1.3. Reducción a un problema 1+1-dimensional	39
2.2. Redirección angular del flujo ct	41
2.2.1. Redirección cinemática	41
2.2.2. Redirección gravitacional	41
2.2.3. Gradiente angular e interpretación física .	42
2.2.4. Weak Field Limits	43
2.2.5. Restricciones de proyección radial y comportamiento del horizonte	44
2.3. Dinámica del flujo ct y la ley del inverso del cuadrado	46
2.3.1. Dispersión geométrica y el efecto boquilla	46
2.4. El vacío como flujo libre: acumulación diferencial y la ley de Hubble	48
2.4.1. Autoacumulación geométrica	48
2.4.2. Unificación de la dinámica gravitacional y cosmológica	49
2.4.3. Proyección espacial de la expansión temporal	49
2.4.4. El tiempo como reservorio de energía latente	49
2.4.5. Vacuum Accumulation and Latent Energy of the ct Flow	50
2.5. ¿Qué mantiene unida a la masa? La masa como una restricción geométrica	52
2.5.1. El Principio de Confinamiento	52
2.5.2. Interpretación geométrica del Efecto Tobera	52
2.6. Consistencia empírica: El Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	54
2.6.1. Análisis cinemático: La inclinación del vector	54
2.6.2. Análisis gravitacional: El diferencial de liberación	54
2.6.3. Consistencia de los datos	55
2.7. Conclusión	56

3. Una sola causa para la dilatación temporal	61
Resumen	61
3.1. Introduction	62
3.2. La relación cuártica entre a_{ct} y la velocidad de escape	63
3.3. La ilusión cinemática de la caída libre	64
3.4. Identidad matemática: Lorentz y Schwarzschild	66
3.5. La gravedad como un empuje inercial y el marco de referencia ct	67
3.6. La proyección espacial de la expansión temporal	68
3.7. Evidencia empírica y análisis comparativo	69
3.7.1. El caso del Sistema de Posicionamiento Glo- bal (GPS)	69
3.7.2. Interpretation of Results	69
3.8. Discusión y unificación: De la curvatura al flujo gradiente	71
3.8.1. Desafiando el paradigma de la atracción	71
3.8.2. El gradiente matemático de ct	71
3.8.3. Free-Fall and Redshift: Evidence of Align- ment	72
3.8.4. Radial Geodesics and the Absence of Spa- tial Curvature	72
3.8.5. The Algebraic Projection of Radial Free Fall	73
3.9. Conclusión	75
Epílogo	79
Bibliography	81

Introducción General

Orígenes de este Estudio

Las ideas desarrolladas en este libro comenzaron con una pregunta simple pero provocativa: ¿qué pasaría si la gravedad no es una fuerza atractiva, sino más bien un empuje? Esta pregunta fue formulada por primera vez en mi artículo de 2023, “*Gravity Is Not Attraction; It’s a Push (Space-Time Expansion Theory)*” (Thalman, 2023). Ese trabajo inicial propuso que los fenómenos gravitacionales podrían reinterpretarse como una expansión dinámica del propio espaciotiempo, en lugar de una curvatura estática o una misteriosa acción a distancia.

Durante 2024, este concepto evolucionó hacia una imagen más refinada: la gravedad como un flujo del espaciotiempo (Thalman, 2024a, 2024b). La analogía de un sistema de dinámica de fluidos comenzó a tomar forma, donde la masa actúa como una constricción o “boquilla” que redirige una expansión universal. El presente volumen, *Tiempo y Gravedad*, representa la culminación matemática y conceptual de esa línea de investigación. Reúne tres trabajos recientes que comparten una única tesis unificadora: que la dilatación temporal, la caída libre, la atracción gravitacional e incluso la expansión cósmica emergen de un único mecanismo geométrico.

La Métrica de Minkowski y la Cuarta Dimensión

Para entender este mecanismo, debemos comenzar con el escenario geométrico sobre el cual ocurren todos los fenómenos físicos: el espaciotiempo. En la relatividad especial, el intervalo invariante está dado por la métrica de Minkowski. En coordenadas esféricas, que reflejan la simetría radial de la expansión que postulamos, toma la forma:

$$ds^2 = -(c dt)^2 + dr^2 + r^2 d\Omega^2,$$

donde $d\Omega^2 = d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2$. Esta expresión no es meramente una conveniencia matemática. Codifica un hecho físico profundo: la coordenada temporal ct no es idéntica a las coordenadas espaciales x, y, z . El signo menos antes de $(c dt)^2$ distingue el tiempo del espacio, pero también los une en una única variedad tetradiimensional.

En este libro, proponemos que la coordenada ct no es un fondo pasivo. En cambio, representa una dimensión en un estado de expansión radial constante. Mientras que las coordenadas espaciales x, y, z proporcionan el escenario métrico estático donde se ubican los eventos, el eje ct constituye un flujo de expansión dinámico que emana de la escala diferencial fundamental del universo. Esta expansión no es una propiedad inherente del espacio tridimensional mismo. Ocurre exclusivamente a lo largo de la dimensión temporal.

La Velocidad de Existencia

Si la dimensión ct se está expandiendo, entonces toda entidad física —toda partícula, todo objeto, todo observador— participa en esta expansión. Definimos el vector de cuatro posiciones como $\mathbf{X} = (ct, x, y, z)$. Su derivada con respecto al tiempo propio τ da la cuatro-velocidad. Un postulado central de este marco es que la magnitud de esta cuatro-velocidad es una constante absoluta e invariante:

$$\left\| \frac{d\mathbf{X}}{d\tau} \right\| = c.$$

Llamamos a esta cantidad la *velocidad de existencia*. No es una velocidad a través del espacio, sino una velocidad a través del *espaciotiempo*. En el espacio profundo, lejos de cualquier masa, esta velocidad apunta enteramente a lo largo del eje temporal. Un objeto en reposo en el espacio se mueve a través del tiempo a la velocidad de la luz. Cuando se adquiere movimiento espacial, el vector de cuatro-velocidad se inclina, proyectando parte de su magnitud invariante sobre las coordenadas espaciales. Sin embargo, la magnitud total nunca cambia; permanece exactamente c .

Esta idea simple pero poderosa es el hilo que conecta los tres capítulos de este libro. La dilatación temporal, ya sea cinemática o gravitacional, no es más que una reducción en la proyección temporal de este flujo constante. La gravedad, como veremos, surge de gradientes espaciales en la componente del flujo temporal. Y la expansión cósmica emerge de la autoacumulación del flujo ct en el vacío.

La Expansión Universal como Producto del Tiempo

Una idea errónea común es que la expansión del universo es una expansión del espacio mismo. Bajo el marco desarrollado aquí, este no es el caso. Las coordenadas espaciales x, y, z permanecen fijas. Lo que se expande es la coordenada temporal ct . En Digitalización de la materia, el flujo ct se acumula libre y uniformemente. Esta acumulación, proyectada sobre nuestra percepción espacial tridimensional, se manifiesta como la recesión de las galaxias: la ley de Hubble $v = Hr$.

En esta imagen, la energía oscura no es un fluido misterioso ni una ecuación de campo modificada. Es la autoacumulación geométrica de la dimensión temporal misma. El tiempo, en un sentido muy real, actúa como un reservorio de energía latente. Cuando hay materia presente, esta restringe localmente la expansión, redirigiendo parte del flujo temporal hacia coordenadas espaciales. Esa redirección es lo que percibimos como aceleración gravitacional.

Así, el mismo mecanismo —la expansión de la dimensión ct — produce tanto la expansión cósmica en las escalas más grandes como la atracción gravitacional en escalas locales. La única diferencia es la presencia o ausencia de materia para registrar y redirigir el flujo.

Estructura de Este Libro

Los tres capítulos que siguen presentan este marco geométrico unificado en niveles crecientes de detalle matemático y profundidad conceptual.

Capítulo 1, “¿Es la gravedad una manifestación del tiempo?”, es un ensayo escrito para una audiencia amplia. Comienza con la ecuación más simple de la física —velocidad igual a distancia sobre tiempo— y construye un puente conceptual entre la experiencia cotidiana y una interpretación geométrica de la gravedad. Pregunta cosas fundamentales: ¿Qué hace realmente la gravedad? ¿Por qué la caída libre se siente como la ausencia de fuerza? ¿Por qué sentimos peso solo cuando resistimos la gravedad? El capítulo no presenta derivaciones técnicas; en cambio, invita al lector a ver la gravedad y la dilatación temporal como dos caras observables de un único proceso subyacente.

Capítulo 2, “Gravedad: La proyección del tiempo sobre el radio de la masa”, es la formulación más completa técnicamente. Aquí derivamos la forma explícita del ángulo de inclinación gravitacional $\theta(r) = \sqrt{2GM/(c^2r)}$ a partir del límite newtoniano. Mostramos cómo la ley del inverso del cuadrado emerge del gradiente radial de este ángulo mediante $g = -c^2\theta \, d\theta/dr$. Introducimos el efecto boquilla geométrico para unificar la gravedad interior y exterior, y demostramos cómo la autoacumulación en el vacío del flujo ct conduce a la expansión de Hubble. El apéndice extiende el análisis a la dinámica orbital, recuperando las órbitas keplerianas como un equilibrio de proyecciones temporal y angular.

Capítulo 3, “Una sola causa para la dilatación temporal”, proporciona la demostración matemática de que la dilatación temporal cinemática (relatividad especial) y gravitacional (relatividad general) son cuantitativamente idénticas. Al tratar la dimensión ct como una coordenada geométrica en expansión constante, establecemos una identidad formal entre el factor de Lorentz y el potencial gravitacional de campo débil. Los datos empíricos del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) confirman esta identidad con alta precisión. El capítulo también introduce

la relación cuártica $a_{ct} \propto v_e^4$ y el concepto de caída libre como una ilusión cinemática: el objeto que cae no es empujado; simplemente se alinea con el gradiente temporal.

Invitación al Lector

Este libro no busca derribar los éxitos empíricos de la Relatividad General. Esos éxitos permanecen indiscutidos. Más bien, propone una forma diferente de *ver* los fenómenos familiares. En lugar de preguntar cómo la gravedad afecta al tiempo, preguntamos si la estructura del tiempo mismo podría contribuir a lo que percibimos como gravedad. En lugar de tratar el espacio como una variedad curva, tratamos el tiempo como una dimensión fluyente cuya redistribución genera movimiento espacial.

El propósito no es proporcionar respuestas definitivas, sino abrir nuevas preguntas. El progreso científico a menudo comienza con un cambio de perspectiva. Si este libro logra ofrecer tal cambio —aunque sea solo como una provocación o una nueva lente conceptual— habrá cumplido su objetivo.

Bienvenido a una interpretación geométrica de la gravedad. Bienvenido a *Tiempo y Gravedad*.

Bernal Thalman Cordero
Costa Rica, Junio 2026

Capítulo 1

¿Es la gravedad una manifestación del tiempo?

Resumen

La gravedad y el tiempo se encuentran entre los conceptos más fundamentales de la física. Experimentos modernos han establecido que la gravedad afecta el paso del tiempo, haciendo que los relojes cerca de cuerpos masivos funcionen más lentamente que los relojes más alejados. Este fenómeno, conocido como dilatación temporal gravitacional, se confirma rutinariamente mediante mediciones de precisión y se incorpora en tecnologías como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Este ensayo explora una pregunta simple pero provocativa: si la gravedad influye en el tiempo, ¿podría el tiempo mismo desempeñar un papel más fundamental en lo que percibimos como gravedad?

En lugar de presentar una teoría técnica, la discusión sigue un camino conceptual accesible a una audiencia amplia. Comenzando con la conocida relación entre distancia, velocidad y tiempo, examina el comportamiento paralelo de la gravedad y la dilatación temporal gravitacional, la peculiar naturaleza de la caída libre, el origen del peso y la posibilidad de que estos fenómenos puedan surgir de un proceso geométrico común.

El propósito no es desafiar el éxito empírico de la Relatividad

General, sino considerar si la gravedad y la dilatación temporal podrían interpretarse como diferentes manifestaciones observables de una estructura temporal más profunda del espaciotiempo.

Centrándose en preguntas más que en conclusiones, este ensayo busca proporcionar un puente intuitivo entre la experiencia cotidiana y una interpretación geométrica de la gravedad.

1.1. Introducción

1.1.1. La Ecuación Más Simple de la Física

La mayoría de las personas encuentran su primera ecuación de física en la escuela:

$$\text{velocidad} = \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo}}$$

Observe que la velocidad no depende solo de la distancia, ni solo del tiempo. Depende de la relación entre ambos.

Si se recorre la misma distancia en menos tiempo, la velocidad aumenta.

Si se necesita más tiempo para recorrer la misma distancia, la velocidad disminuye.

En otras palabras, el movimiento no está determinado por el espacio o el tiempo por separado, sino por la forma en que interactúan.

Esta simple observación ha guiado la física durante siglos. Sin embargo, plantea una pregunta intrigante:

¿Qué pasa si algunos fenómenos que normalmente atribuimos a fuerzas son en realidad consecuencias de la forma en que se relacionan el espacio y el tiempo?

La gravedad puede ser uno de ellos.

La misma ecuación se puede escribir de otra forma:

$$\text{distancia} = \text{velocidad} \times \text{tiempo}$$

A primera vista, esto parece no ser más que álgebra elemental. Sin embargo, contiene una idea importante: la distancia y el tiempo no son cantidades independientes. Un cambio en una necesariamente afecta a la otra.

Ahora realicemos un simple experimento mental.

Supongamos que la velocidad considerada no es una velocidad ordinaria, sino la velocidad universal c , la velocidad de la luz.

En ese caso,

$$d = c \cdot t$$

La cantidad ct tiene unidades de distancia y desempeña un papel central en las descripciones modernas del espaciotiempo.

Ahora imagine que, por alguna razón, el flujo local del tiempo se vuelve más lento.

Dado que c permanece invariante, una reducción en la contribución temporal también debe reducir la distancia correspondiente representada por ct .

En lenguaje ordinario, menos tiempo transcurrido significa menos extensión a lo largo de la dirección temporal.

Esta observación plantea una posibilidad intrigante.

Si la extensión temporal y la posición espacial están geométricamente relacionadas, ¿podría una reducción local del tiempo manifestarse como una reducción de la distancia radial desde una masa?

En otras palabras, ¿podría lo que percibimos como atracción gravitacional ser la consecuencia de un cambio en la geometría del tiempo mismo?

1.1.2. Una Curiosa Consecuencia del Tiempo

Si la distancia se puede expresar como

$$d = ct,$$

entonces cualquier cambio en la contribución temporal también cambia la distancia correspondiente representada por ct .

Esta afirmación puede parecer trivial, pero conduce a una pregunta profunda.

¿Qué pasaría si el tiempo mismo no fluyera al mismo ritmo en todas partes?

La física moderna nos dice que los relojes cerca de un cuerpo masivo funcionan ligeramente más lento que los relojes lejos de él.

Este fenómeno, conocido como dilatación temporal gravitacional, se ha medido repetidamente utilizando relojes atómicos en la Tierra y en órbita.

Al surgir una pregunta natural:

Si el tiempo corre más lentamente cerca de una masa, ¿qué consecuencias geométricas deberíamos esperar?

Antes de intentar responder, examinemos primero qué hace realmente la gravedad.

1.1.3. ¿Qué Hace Realmente la Gravedad?

Antes de proponer cualquier explicación para la gravedad, vale la pena hacerse una pregunta más simple:

¿Qué hace realmente la gravedad?

La respuesta parece obvia.

Una manzana cae de un árbol.

Una piedra que se deja caer desde una torre cae hacia el suelo.

La Luna permanece ligada a la Tierra.

Los planetas orbitan alrededor del Sol.

Durante siglos, estos fenómenos se han interpretado como el resultado de una fuerza atractiva que actúa entre masas.

Esta interpretación ha sido extraordinariamente exitosa. La ley de gravitación de Newton y la teoría de la Relatividad General de Einstein describen los fenómenos gravitacionales con notable precisión.

Sin embargo, estas teorías describen *how* se comporta la gravedad más que *qué es la gravedad*.

¿Por qué las masas deberían atraerse entre sí?

¿Por qué la presencia de masa altera el paso del tiempo?

¿Por qué los relojes cerca de la Tierra funcionan más lentamente que los relojes más lejanos?

Estas preguntas sugieren que la gravedad y el tiempo pueden estar más profundamente conectados de lo que nuestra intuición cotidiana sugeriría.

Para explorar esa posibilidad, examinemos primero uno de los descubrimientos más sorprendentes de la física moderna.

1.1.4. La Gravedad Ralentiza el Tiempo

Uno de los descubrimientos más notables del siglo XX es que la gravedad afecta el paso del tiempo.

Esta afirmación puede parecer sorprendente. Estamos acostumbrados a pensar en la gravedad como algo que hace caer los objetos. Sin embargo, los experimentos modernos revelan que su influencia va mucho más allá.

Imagine dos relojes idénticos.

Coloque un reloj al nivel del mar y otro en la cima de una montaña.

Después de que haya pasado suficiente tiempo, los dos relojes ya no coincidirán exactamente.

El reloj más cercano a la Tierra habrá medido ligeramente menos tiempo que el reloj ubicado a mayor altitud.

En otras palabras, el tiempo mismo pasa más lentamente cerca de un cuerpo masivo.

Este efecto, conocido como *dilatación temporal gravitacional*, no es una curiosidad teórica. Se ha medido repetidamente utilizando relojes atómicos de alta precisión.

Incluso el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) debe tener en cuenta este fenómeno. Los satélites que orbitan la Tierra experimentan un flujo de tiempo ligeramente más rápido que los relojes en tierra. Sin correcciones relativistas, los errores de posicionamiento del GPS se acumularían rápidamente.

Hoy en día, la dilatación temporal gravitacional es una de las predicciones más completamente verificadas de la física moderna.

La existencia de este efecto plantea una pregunta intrigante.

Si la gravedad puede alterar el flujo del tiempo, quizás el tiempo no es simplemente una cantidad pasiva afectada por la gravedad.

Quizás la relación también funciona en la dirección opuesta.

¿Podría la gravedad misma emerger de la forma en que el tiempo se distribuye en el espacio?

1.1.5. Una Pregunta Simple

Supongamos que la gravedad ralentiza el paso del tiempo.

Esto ya no es cuestión de especulación. Es un hecho experimental.

Pero, ¿qué pasa si invertimos la pregunta?

En lugar de preguntar cómo la gravedad afecta al tiempo, podemos preguntar:

¿Podrían los cambios en el flujo del tiempo producir por sí mismos lo que percibimos como gravedad?

A primera vista, esto puede parecer una idea inusual.

Sin embargo, a lo largo de la física, las causas y los efectos a menudo se entienden de manera diferente una vez que se descubre un mecanismo más profundo.

Por lo tanto, la pregunta merece ser explorada.

Para hacerlo, consideremos una representación geométrica simple de la relación entre el espacio y el tiempo.

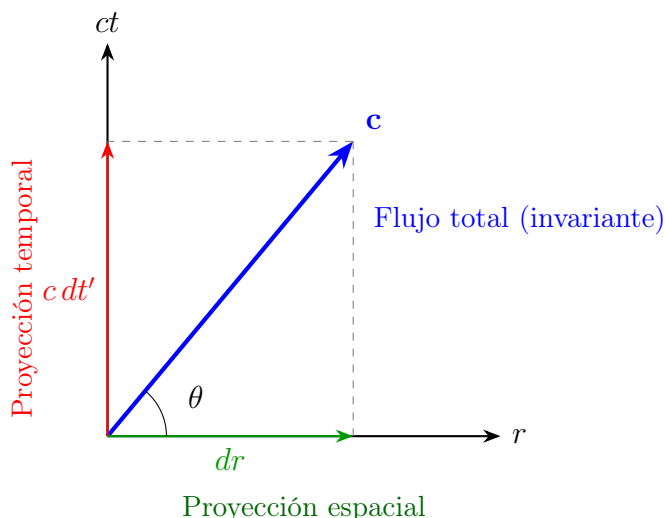


Figura 1.1: Una representación geométrica de la relación propuesta entre el espacio y el tiempo. El flujo total permanece sin cambios, mientras que sus proyecciones temporal y espacial varían según su orientación.

Si la gravedad modifica el flujo del tiempo, y si los cambios en la proyección temporal pueden producir consecuencias espaciales, ¿podría la conocida aceleración que llamamos gravedad ser una manifestación de esta relación geométrica?

Para explorar esa posibilidad, examinemos cómo varía la intensidad de la gravedad con la distancia de un cuerpo masivo.

1.1.6. La Gravedad se Debilita con la Distancia

Una de las propiedades más conocidas de la gravedad es que su intensidad disminuye con la distancia.

Un objeto en la superficie terrestre experimenta un tirón gravitacional más fuerte que un objeto a bordo de un satélite.

La Luna, al estar mucho más lejos, experimenta una atracción aún más débil.

Este comportamiento puede describirse cuantitativamente mediante la ley de la inversa del cuadrado de Newton, según la cual la aceleración gravitacional disminuye a medida que aumenta el cuadrado de la distancia desde el centro de masa.

El punto importante para nuestra discusión no es la ecuación exacta, sino la tendencia en sí misma: cuanto más nos alejamos de un cuerpo masivo, más débil se vuelve la gravedad.

Si la gravedad está conectada de alguna manera con el flujo del tiempo, entonces podríamos esperar que los efectos temporales también se debiliten con la distancia.

¿Es eso lo que realmente hace la naturaleza?

Para responder a esta pregunta, debemos examinar cómo cambia el paso del tiempo mismo con la distancia a un cuerpo masivo.

1.1.7. ¿Se Comporta el Tiempo de la Misma Manera?

Notablemente, la respuesta es sí.

Así como la gravedad se vuelve más débil con la distancia, la ralentización del tiempo también se vuelve menos pronunciada a medida que nos alejamos de un cuerpo masivo.

Un reloj colocado en la superficie terrestre funciona ligeramente más lento que un reloj a bordo de un satélite.

Un reloj lejos de la Tierra funciona aún más rápido.

En otras palabras, la influencia de la gravedad en el tiempo disminuye con la distancia de manera muy similar a como lo hace la propia gravedad.

Esto no es una idea especulativa. Ha sido confirmado experimentalmente y se incorpora rutinariamente en tecnologías mo-

dernas como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Por lo tanto, nos encontramos ante una situación intrigante.

Dos fenómenos aparentemente diferentes exhiben el mismo comportamiento:

- La gravedad se vuelve más débil con la distancia.
- La dilatación temporal gravitacional se vuelve más débil con la distancia.

¿Es esto simplemente una coincidencia?

¿O podrían ambos efectos surgir de una causa común más profunda?

1.1.8. ¿Una Causa Común?

En este punto, surge una posibilidad intrigante.

La gravedad se vuelve más débil con la distancia.

La dilatación temporal gravitacional también se vuelve más débil con la distancia.

Ambos efectos parecen más fuertes cerca de un cuerpo masivo y disminuyen progresivamente a medida que nos alejamos de él.

Una posible explicación es que estos son dos fenómenos independientes que casualmente siguen tendencias similares.

Pero existe otra posibilidad.

¿Podrían ambos efectos surgir de una causa subyacente común?

A lo largo de la historia de la física, fenómenos que antes se pensaba que no estaban relacionados a menudo han resultado ser diferentes manifestaciones de un principio más profundo.

La electricidad y el magnetismo finalmente se entendieron como aspectos de una única interacción electromagnética.

El espacio y el tiempo se unificaron posteriormente en el espaciotiempo.

¿Podrían la gravedad y la dilatación temporal gravitacional representar dos aspectos observables de un único proceso geométrico?

El resto de este ensayo explora esa posibilidad.

1.1.9. Un Paralelismo Sorprendente

Antes de proponer cualquier mecanismo, vale la pena examinar un simple hecho observacional.

Si la gravedad y la dilatación temporal gravitacional están efectivamente relacionadas, entonces los cambios en una deberían ir acompañados de cambios en la otra.

Notablemente, esto es exactamente lo que sugieren las observaciones.

A medida que nos alejamos de un cuerpo masivo, la intensidad de la gravedad disminuye.

Al mismo tiempo, la ralentización del tiempo se vuelve progresivamente menos pronunciada.

Los dos efectos parecen seguir la misma tendencia general.

Esto no prueba que compartan un origen común.

Sin embargo, plantea una pregunta importante:

¿Estamos observando dos fenómenos independientes, o dos manifestaciones del mismo proceso subyacente?

La comparación que se muestra a continuación ilustra este comportamiento paralelo.

Intensidad relativa

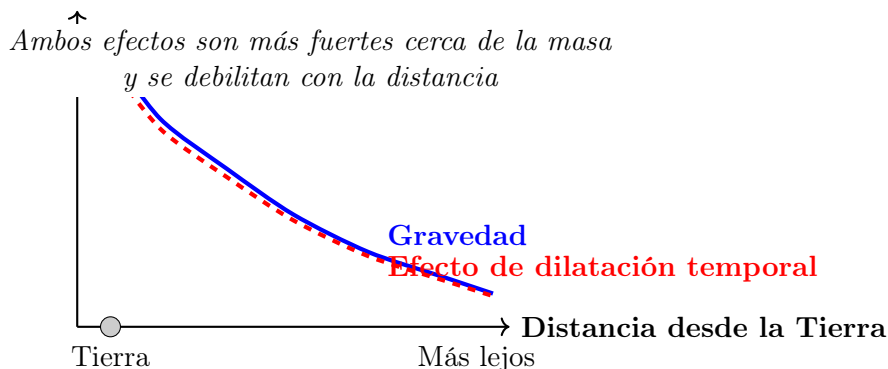


Figura 1.2: Comparación conceptual entre la disminución de la intensidad gravitacional y la disminución de la dilatación temporal gravitacional al aumentar la distancia desde la Tierra.

El paralelismo entre la gravedad y la dilatación temporal es sugerente, pero no es suficiente por sí mismo. Una interpretación sería también debe enfrentar las objeciones más naturales.

1.2. Objeciones Comunes

Cualquier propuesta que relacione la gravedad y el tiempo plantea naturalmente una serie de preguntas.

Algunas de estas preguntas son filosóficas. Otras son científicas. Todas merecen una cuidadosa consideración.

1.2.1. ¿Es Esto Solo la Relatividad General en Diferentes Palabras?

Una objeción natural es que la gravedad y la dilatación temporal ya están conectadas dentro de la teoría de la Relatividad General de Einstein.

Si es así, uno podría franchamente preguntarse si la presente interpretación introduce algo genuinamente nuevo, o simplemente describe ideas existentes utilizando un lenguaje diferente.

Esta es una pregunta justa.

El propósito de este ensayo no es desafiar el éxito empírico de la Relatividad General. Las predicciones experimentales de la teoría de Einstein siguen siendo algunos de los resultados más precisamente verificados de toda la ciencia.

En cambio, el objetivo es interpretativo.

La Relatividad General describe cómo la gravedad y el tiempo están relacionados a través de la geometría del espaciotiempo.

La pregunta que se explora aquí es si la ralentización observada del tiempo podría proporcionar en sí misma una forma más intuitiva de entender los fenómenos que atribuimos a la gravedad.

En este sentido, la propuesta no pretende ser un reemplazo de la Relatividad General, sino una posible reinterpretación de algunas de sus consecuencias observables.

1.2.2. ¿Puede el Tiempo Producir Realmente Movimiento?

A primera vista, la idea parece imposible.

El tiempo y el movimiento parecen pertenecer a categorías completamente diferentes.

El tiempo mide el cambio.

El movimiento describe el desplazamiento de los objetos a través del espacio.

¿Cómo podría uno producir al otro?

Considere un ejemplo simple.

Supongamos que una piedra se deja caer desde el reposo a varios metros sobre el suelo.

La piedra acelera hacia abajo y finalmente llega a la superficie terrestre.

En la descripción convencional, la gravedad es responsable del movimiento.

Pero observemos más cuidadosamente lo que realmente se observa.

La piedra no decide moverse.

No gasta energía para iniciar su caída.

El movimiento aparece espontáneamente como consecuencia de su posición dentro del entorno gravitacional de la Tierra.

Al mismo tiempo, sabemos que este mismo entorno modifica la velocidad a la que pasa el tiempo.

Cuanto más cerca estamos de la Tierra, más lento fluye el tiempo en relación con ubicaciones más distantes.

Esto plantea una pregunta legítima.

Si la gravedad y la dilatación temporal siempre aparecen juntas, ¿podría el movimiento observado estar relacionado con el gradiente temporal subyacente mismo?

El propósito de esta pregunta no es negar la existencia de la gravedad.

Más bien, es preguntar si lo que llamamos gravedad podría ser la manifestación observable de un proceso más profundo asociado con la estructura del tiempo.

1.2.3. El Curioso Caso de la Caída Libre

La caída libre presenta un rompecabezas interesante.

Imagine un astronauta flotando dentro de una nave espacial en órbita.

Para un observador en la Tierra, tanto el astronauta como la nave espacial caen continuamente hacia el planeta. La gravedad está claramente presente.

Sin embargo, el astronauta no siente peso.

Lo mismo ocurre cuando un objeto cae libremente cerca de la superficie terrestre. Durante la caída, el objeto no experimenta su propio peso. Simplemente sigue su trayectoria natural.

Esta observación jugó un papel central en el pensamiento de Einstein y finalmente condujo al principio de equivalencia, uno de los fundamentos de la Relatividad General.

El hecho notable es que la caída libre no se siente como ser empujado o tirado.

En cambio, se siente como la ausencia de cualquier fuerza.

Esto plantea otra pregunta intrigante.

Si un objeto en caída libre no experimenta ninguna fuerza, ¿qué está produciendo exactamente el movimiento?

En la descripción convencional, la respuesta es que el objeto sigue la geometría del espaciotiempo.

Dentro de la interpretación explorada aquí, uno puede preguntarse si el objeto está siguiendo en cambio un gradiente en la estructura temporal de su entorno.

En cualquier caso, la observación esencial sigue siendo la misma:

la caída libre parece menos una interacción mecánica y más una consecuencia natural de la geometría en la que existe el objeto.

1.2.4. ¿Por Qué Sentimos Peso?

Un objeto en caída libre no experimenta sensación de peso.

Un astronauta en órbita alrededor de la Tierra se siente ingrátido.

Un paracaidista, antes de que se abra el paracaídas, experimenta una sensación similar.

Sin embargo, cuando estamos de pie en el suelo, el peso es una de las experiencias más familiares de la vida cotidiana.

¿Por qué?

La respuesta habitual es que el suelo nos impide seguir nuestra trayectoria natural de caída libre.

En otras palabras, no sentimos la gravedad en sí misma.

Sentimos la resistencia a la gravedad.

Esta distinción es sutil pero importante.

Si la caída libre es el estado natural de movimiento en un entorno gravitacional, entonces el peso surge solo cuando ese movimiento está restringido.

Una persona de pie sobre la superficie terrestre tiene continuamente impedido seguir el camino que tomaría naturalmente un objeto en caída libre.

La sensación de peso es la consecuencia de esa restricción.

Esta observación sugiere una forma diferente de pensar sobre la gravedad.

En lugar de preguntar qué fuerza tira de los objetos hacia abajo, podemos preguntar:

¿Cuál es el movimiento natural que la Tierra nos impide continuamente seguir?

1.2.5. Una Posible Interpretación Geométrica

Las observaciones discutidas hasta ahora sugieren una posibilidad intrigante.

La gravedad se vuelve más débil con la distancia.

La dilatación temporal gravitacional también se vuelve más débil con la distancia.

La caída libre se siente natural, mientras que el peso aparece solo cuando ese movimiento está restringido.

Estos hechos invitan a una pregunta simple:

¿Podría haber una estructura geométrica común subyacente a todos ellos?

Una forma de explorar esta posibilidad es imaginar que todo objeto físico participa en una progresión continua a través del tiempo.

En circunstancias ordinarias, pensamos que esta progresión ocurre enteramente a lo largo de la dirección temporal.

Pero, ¿qué pasa si la presencia de masa modifica esa progresión?

Supongamos que parte de lo que de otro modo aparecería como evolución puramente temporal se redirige hacia la dirección espacial.

En tal imagen, el proceso total permanece sin cambios, pero sus proyecciones observables difieren.

Una reducción de la proyección temporal se asociaría naturalmente con la dilatación temporal.

Al mismo tiempo, la aparición de una proyección espacial podría aparecer como movimiento hacia la masa.

Bajo esta interpretación, la gravedad no sería necesariamente un fenómeno separado que actúa sobre el tiempo.

Más bien, la gravedad y la dilatación temporal podrían representar dos consecuencias observables de la misma redistribución geométrica.

Si la naturaleza opera realmente de esta manera sigue siendo una cuestión abierta.

Sin embargo, la posibilidad proporciona un marco conceptual simple que conecta varias observaciones que de otro modo serían distintas.

1.2.6. Un Flujo de Tiempo que Percibimos

La intuición humana evolucionó para comprender el movimiento a través del espacio.

Vemos objetos moverse.

Vemos planetas orbitar.

Vemos piedras caer y cohetes elevarse.

El tiempo, sin embargo, es diferente.

No observamos el tiempo directamente.

Solo percibimos sus efectos.

Vemos avanzar los relojes.

Vemos envejecer a los seres vivos.

Medimos cambios en la velocidad a la que pasa el tiempo bajo diferentes condiciones.

Por esta razón, la idea de que los fenómenos temporales podrían influir en el movimiento puede parecer poco familiar.

Sin embargo, la física moderna ya ha demostrado que el tiempo no es simplemente un fondo pasivo.

Su velocidad depende de la velocidad.

Su velocidad depende de la gravedad.

Y estas variaciones producen consecuencias físicas medibles.

La posibilidad explorada en este ensayo no es, por lo tanto, que el tiempo actúe como una fuerza.

Más bien, es que lo que percibimos como gravedad puede estar conectado con la estructura y el comportamiento de un flujo temporal más profundo cuyos efectos se vuelven visibles a través del movimiento, el peso y la dilatación temporal.

Si tal flujo existe, la siguiente pregunta se vuelve inevitable:

1.2.7. ¿Qué Es Lo Que Realmente Cae?

Cuando vemos caer una piedra, nuestra atención se centra naturalmente en la piedra.

Es el objeto visible.

Es lo que se mueve.

Es lo que finalmente golpea el suelo.

Sin embargo, la historia de la ciencia enseña una lección importante:

el elemento más visible de un fenómeno no siempre es su verdadera causa.

Cuando el Sol parecía moverse a través del cielo, el movimiento parecía obvio.

Solo más tarde nos dimos cuenta de que la realidad más profunda implicaba el movimiento de la propia Tierra.

¿Could ocurrir algo similar en el caso de la gravedad?

Quizás la piedra que cae no es toda la historia.

La piedra existe dentro de un entorno cuyas propiedades varían de un lugar a otro.

La gravedad varía con la posición.

La velocidad a la que pasa el tiempo varía con la posición.

Y ambas variaciones se vuelven más fuertes cerca de la masa.

Esto plantea una posibilidad sutil.

Quizás lo que percibimos como movimiento de la piedra es en realidad la respuesta visible a una estructura más profunda ya presente en su entorno.

Si es así, la piedra no estaría generando el movimiento.

Simplemente estaría siguiendo un camino determinado por la geometría de su entorno.

La pregunta entonces se convierte en:

¿Qué aspecto de esa geometría guía el movimiento?

1.3. Conclusión

Este ensayo comenzó con una observación simple.

La velocidad depende de la relación entre el espacio y el tiempo.

A partir de esa ecuación familiar surgió una secuencia de preguntas.

La gravedad ralentiza el tiempo.

Tanto la gravedad como la dilatación temporal gravitacional se debilitan con la distancia.

La caída libre parece natural, mientras que el peso surge solo cuando ese movimiento está restringido.

Estas observaciones sugieren que la gravedad y la dilatación temporal pueden estar más estrechamente conectadas de lo que parecen a primera vista.

La interpretación explorada aquí no busca reemplazar la Relatividad General, cuyo éxito experimental sigue siendo incuestionable.

Más bien, propone una forma diferente de pensar sobre fenómenos familiares.

En lugar de preguntar cómo la gravedad afecta al tiempo, también podemos preguntar si la estructura del tiempo mismo contribuye a lo que percibimos como gravedad.

Quizás la gravedad y la dilatación temporal gravitacional no son fenómenos separados vinculados por casualidad.

Quizás son diferentes manifestaciones de un proceso geométrico común.

Si esta perspectiva resulta finalmente correcta o no, está por determinar.

Sin embargo, el progreso científico a menudo comienza con un cambio en las preguntas que hacemos.

Durante siglos, la gravedad se ha entendido principalmente como algo que influye en el tiempo.

Este ensayo explora la posibilidad de que la pregunta inversa pueda ser igualmente importante:

¿Podría el tiempo mismo estar guiando lo que percibimos como gravedad?

Capítulo 2

Gravedad: La proyección del tiempo sobre el radio de la masa

Resumen

Proponemos una reinterpretación geométrica de la dinámica basada en un flujo invariante a lo largo de la coordenada temporal ct , con magnitud fija c . El movimiento y la gravedad se describen como reorientaciones geométricas de este flujo entre proyecciones temporal y espacial.

La dilatación temporal —tanto cinemática como gravitacional— surge de la proyección reducida del flujo sobre el eje temporal cuando el flujo se inclina hacia el espacio. A partir del límite newtoniano de campo débil obtenemos la inclinación radial explícita

$$\theta(r) = \sqrt{\frac{2GM}{c^2 r}}.$$

Esta inclinación da lugar a una proyección radial efectiva

$$v_r^{\text{eff}} = c \sin \theta,$$

que representa la proyección geométrica del flujo sobre la di-

rección radial. Usando la relación gravitacional efectiva correspondiente

$$g = -c^2\theta\frac{d\theta}{dr},$$

recuperamos la relación newtoniana

$$g = \frac{GM}{r^2}.$$

En el vacío, el flujo se acumula exponencialmente (autoacumulación), recuperando la ley de Hubble $v = Hr$ como la proyección espacial de esa expansión. La dilatación temporal combinada cinemática y gravitacional en satélites GPS se recupera dentro de la aproximación estándar de campo débil.

El marco proporciona una descripción cinemática unificada de los fenómenos inerciales, gravitacionales y cosmológicos sin introducir explícitamente fuerzas ni una constante cosmológica.

2.1. Introducción: De la curvatura geométrica al flujo del tiempo

La física relativista describe la evolución de los sistemas físicos a través de la geometría del espaciotiempo, donde los fenómenos cinemáticos y gravitacionales están codificados en la estructura de la métrica. En este marco, la dilatación temporal, la interacción gravitacional y la expansión a gran escala se formulan típicamente dentro de descripciones distintas, aunque matemáticamente consistentes.

En este trabajo, exploramos una reinterpretación geométrica alternativa en la que estos fenómenos pueden describirse en términos de un flujo efectivo asociado con la coordenada temporal ct . En lugar de modificar la estructura relativista subyacente, el enfoque proporciona una interpretación cinemática en la que el movimiento se representa como una redistribución de una magnitud invariante c entre componentes temporales y espaciales.

Dentro de esta perspectiva, la métrica de Minkowski en coordenadas esféricas,

$$ds^2 = -(cdt)^2 + dr^2 + r^2 d\Omega^2,$$

donde $d\Omega^2 = d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2$, se toma como la estructura geométrica subyacente, mientras que la evolución de los sistemas físicos se describe a través de un flujo efectivo cuya proyección sobre diferentes coordenadas determina el comportamiento observable. La elección de coordenadas esféricas refleja la simetría radial de la expansión universal que postulamos: la cuarta dimensión se expande uniformemente en todas direcciones, y es en la coordenada radial r donde esta expansión se manifiesta naturalmente.

Proponemos que la expansión universal puede describirse efectivamente como ocurriendo exclusivamente a lo largo de la coordenada temporal ct . Mientras que las coordenadas espaciales proporcionan el escenario métrico estático, el eje ct representa un flujo de expansión dinámico que emana de la escala diferencial fundamental. El presente trabajo constituye la formalización física y matemática de ideas previamente exploradas en *Gravity Is*

Not Attraction; It's a Push (Space-Time Expansion Theory) [7], elevando el concepto a una formulación geométrica rigurosa donde la expansión está confinada a la dimensión ct y la gravedad se describe como la proyección espacial de su gradiente.

2.1.1. La magnitud invariante (c)

A diferencia de las interpretaciones estándar que tratan el tiempo como una coordenada elástica, este trabajo establece que la magnitud de la progresión de cualquier entidad física a través del espaciotiempo es una constante absoluta:

$$\left\| \frac{d\mathbf{X}}{d\tau} \right\| = c,$$

donde $\mathbf{X} = (ct, x, y, z)$ representa el vector de cuatro posiciones. Esta magnitud, que definimos como la "velocidad de existencia", está dictada por la expansión radial de la cuarta dimensión y permanece inmutable.

Bajo este enfoque, distinguimos:

- El Escenario Métrico: Coordenadas estáticas x, y, z donde se localizan los eventos.
- El Flujo ct : Una expansión radial dinámica con una magnitud invariante de c .

2.1.2. Mecanismo geométrico de la dilatación

La dilatación temporal —ya sea cinemática o gravitacional— se describe como una consecuencia geométrica de la reorientación del vector dentro del sistema de coordenadas:

1. Redirección Cinemática: Cuando una entidad adquiere velocidad espacial, el vector de expansión ct se inclina hacia las coordenadas espaciales. Dado que la magnitud c es invariante, la proyección vertical —el tiempo coordenado observado— se reduce necesariamente. La dilatación temporal es, por tanto, la pérdida de proyección de este flujo constante.

2. Redirección Gravitacional (Efecto Boquilla): La masa actúa como una restricción física que comprime el flujo ct internamente. Esta compresión eleva localmente la aceleración del flujo, generando un gradiente de expansión radial que depende de la densidad de masa. Si la masa tiene densidad uniforme —como es aproximadamente el caso de la Tierra— la restricción del flujo aumenta linealmente con la distancia desde el centro. En respuesta a este gradiente —y para preservar la magnitud invariante c del flujo total— el vector de expansión se reorienta, inclinándose radialmente de manera progresiva. Como resultado, su proyección temporal se reduce en relación con un observador ubicado en la superficie de la masa, donde el gradiente alcanza su valor máximo.

Fuera de la masa, la restricción cesa y la aceleración del flujo se dispersa geométricamente, dando lugar a la decadencia característica de la gravedad según la ley del inverso del cuadrado ($1/r^2$). Así, el mismo mecanismo unifica el crecimiento lineal de la gravedad dentro de los cuerpos con su atenuación cuadrática en el exterior.

En esta luz, el tiempo no es ni "estirado" ni "encogido" por un mecanismo externo; simplemente se reorienta dentro del espacio-tiempo mientras mantiene su flujo expansivo total. La gravedad se reinterpreta así no como curvatura estática, sino como la manifestación espacial de este gradiente temporal dinámico y acelerado.

2.1.3. Reducción a un problema 1+1-dimensional

Para el movimiento puramente radial (caída libre, órbitas con momento angular cero), las coordenadas angulares θ y ϕ permanecen constantes. En este caso, la dinámica se reduce al subsector (ct, r) , donde la métrica se simplifica a

$$ds^2 = -(cdt)^2 + dr^2.$$

En este espaciotiempo 1+1-dimensional, los ejes ct y r son ortogonales (signos opuestos en la métrica). La gravedad radial, por lo tanto, es un fenómeno puramente bidimensional: el flujo

de magnitud invariante c se redistribuye entre las coordenadas temporal y radial. La presencia de masa genera un gradiente que fuerza al vector a inclinarse hacia r , reduciendo su proyección temporal. Esta proyección es lo que medimos como aceleración gravitacional. Las otras dos dimensiones espaciales no participan en el mecanismo fundamental, aunque son necesarias para localizar eventos.

En este sentido, la equivalencia entre inercia y gravedad puede entenderse como una consecuencia de la estructura subyacente del flujo ct , proporcionando una interpretación cinemática de la curvatura del espaciotiempo en lugar de un postulado independiente.

2.2. Redirección angular del flujo ct

Dentro del marco propuesto, el movimiento y los efectos gravitacionales pueden describirse en términos de una reorientación geométrica de un flujo efectivo asociado con la coordenada temporal ct . Esta reorientación puede analizarse en dos casos fundamentales.

2.2.1. Redirección cinemática

El movimiento espacial corresponde a una redistribución de la magnitud invariante c hacia componentes espaciales. Como resultado, la proyección sobre el eje temporal se reduce según el ángulo θ_k de reorientación:

$$\frac{dt'}{dt} = \cos(\theta_k) = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Esta relación reproduce el factor de Lorentz de la relatividad especial, indicando que la dilatación temporal cinemática puede interpretarse como una consecuencia de la proyección temporal reducida del flujo efectivo.

2.2.2. Redirección gravitacional

En presencia de una distribución de masa, surgen variaciones espaciales en la componente temporal del flujo. Estas variaciones pueden interpretarse como inductoras de una redistribución radial del flujo efectivo, modificando su proyección sobre la coordenada temporal. Denotamos el ángulo de inclinación gravitacional por $\theta(r)$ (que depende de la posición).

En este contexto, se recupera la relación

$$\frac{d\tau}{dt} = \sqrt{1 - \frac{2GM}{rc^2}}$$

consistente con la solución de Schwarzschild en el régimen de campo débil. Dentro del presente marco, este factor puede interpretarse como reflejando el cambio en la proyección temporal

asociada con gradientes radiales. En efecto, escribiendo $\cos \theta(r) = \sqrt{1 - 2GM/(rc^2)}$ se obtiene $\sin^2 \theta(r) = 2GM/(rc^2)$, que para ángulos pequeños produce $\theta(r) \approx \sqrt{2GM/(c^2 r)}$.

Un objeto en caída libre sigue esta redistribución sin resistencia y por lo tanto no experimenta aceleración propia. La variación en su velocidad coordenada puede entenderse como surgida de cambios en la proyección del movimiento total —predominantemente a lo largo de ct — sobre la coordenada radial r .

2.2.3. Gradiente angular e interpretación física

La dependencia radial del ángulo $\theta(r)$ introduce un gradiente natural:

$$\frac{d\theta}{dr}.$$

Esta cantidad cuantifica cuán rápidamente se redirige el flujo ct en función de la posición.

El flujo invariante de magnitud c admite dos proyecciones ortogonales:

- Proyección temporal: $c \cos \theta$
- Proyección espacial: $c \sin \theta$

La gravedad no surge de variaciones temporales del flujo, sino de su variación espacial. La aceleración observable está determinada por el gradiente de la proyección temporal a través del espacio.

Del gradiente de la proyección temporal a g :

$$g \propto -\frac{d}{dr}(c \cos \theta).$$

Aplicando la regla de la cadena:

$$g \propto c \sin \theta \frac{d\theta}{dr}.$$

Esta expresión ya muestra que la aceleración gravitacional emerge del producto de la inclinación local ($\sin \theta$) y el gradiente radial del ángulo.

Para obtener una relación precisa, notamos que la aceleración es la tasa de cambio de la proyección espacial $v = c \sin \theta$ con respecto al tiempo:

$$g = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dr} \frac{dr}{dt}.$$

Dado que $v = c \sin \theta$ y $\frac{dr}{dt} = v$ (la misma proyección espacial), tenemos:

$$\frac{dv}{dr} = c \cos \theta \frac{d\theta}{dr}, \quad \frac{dr}{dt} = c \sin \theta.$$

Por lo tanto:

$$g = \left(c \cos \theta \frac{d\theta}{dr} \right) (c \sin \theta) = c^2 \sin \theta \cos \theta \frac{d\theta}{dr}.$$

Esta forma exacta no depende de ninguna aproximación; se sigue directamente de la definición de la proyección espacial y la regla de la cadena.

2.2.4. Weak Field Limits

En el régimen de campo débil (o siempre que $\theta \ll 1$), tenemos $\sin \theta \approx \theta$ y $\cos \theta \approx 1$, por lo que la ecuación se simplifica a:

$$g = -c^2 \theta \frac{d\theta}{dr}$$

donde el signo negativo indica que la aceleración apunta en la dirección de r decreciente (hacia el interior de la masa). Esta forma compacta resalta el vínculo directo entre la aceleración gravitacional y la estructura angular del flujo ct .

Para obtener una forma explícita de $\theta(r)$, requerimos que en el límite de campo débil la aceleración coincida con la ley de Newton: $g = GM/r^2$. Sustituyendo se obtiene

$$\frac{GM}{r^2} = -c^2 \theta \frac{d\theta}{dr}.$$

Separando variables e integrando desde r hasta ∞ (donde $\theta(\infty) = 0$):

$$\int_{\theta(r)}^0 \theta d\theta = -\frac{GM}{c^2} \int_r^\infty \frac{dr}{r^2} \implies -\frac{1}{2}\theta(r)^2 = -\frac{GM}{c^2 r}.$$

Por lo tanto

$$\theta(r) = \sqrt{\frac{2GM}{c^2 r}}.$$

Esta expresión simple determina completamente el ángulo de inclinación gravitacional a partir de la masa y la distancia. Reproduce automáticamente el factor de dilatación temporal de Schwarzschild para ángulos pequeños, ya que

$$\cos \theta(r) \approx 1 - \frac{1}{2}\theta^2 = 1 - \frac{GM}{c^2 r},$$

y por lo tanto

$$\frac{d\tau}{dt} = \cos \theta(r) \approx \sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 r}}.$$

2.2.5. Restricciones de proyección radial y comportamiento del horizonte

La interpretación de la redirección gravitacional en términos de variaciones espaciales de la componente del flujo temporal se extiende naturalmente a regímenes de campos gravitacionales fuertes. A medida que los gradientes radiales se vuelven cada vez más pronunciados, las proyecciones admisibles del flujo efectivo se restringen progresivamente.

En las cercanías de un horizonte de eventos, la estructura del espaciotiempo restringe las trayectorias nulas de modo que no es posible la propagación radial hacia el exterior. Dentro del marco del flujo ct , esto puede interpretarse como un caso límite de reorientación geométrica, en el que la proyección del flujo efectivo sobre las direcciones radiales hacia el exterior se desvanece.

La magnitud invariante asociada con el flujo permanece sin cambios; sin embargo, sus proyecciones admisibles están determinadas por la estructura geométrica local. Como resultado, la luz no cesa de propagarse ni pierde su carácter dinámico intrínseco. En cambio, todas las trayectorias disponibles están confinadas a direcciones que no aumentan la coordenada radial.

Esta perspectiva proporciona una interpretación complementaria del atrapamiento en el horizonte, en la que la ausencia de escape surge de restricciones geométricas sobre la proyección, en lugar de una ruptura de la propagación.

2.3. Dinámica del flujo ct y la ley del inverso del cuadrado

Con la forma explícita $\theta(r) = \sqrt{2GM/(c^2r)}$ derivada anteriormente, la aceleración gravitacional se sigue directamente de la fórmula compacta:

$$g = -c^2\theta\frac{d\theta}{dr} = -c^2\sqrt{\frac{2GM}{c^2r}}\left(-\frac{1}{2}\sqrt{\frac{2GM}{c^2}}r^{-3/2}\right) = \frac{GM}{r^2}.$$

Así, la ley newtoniana del inverso del cuadrado emerge naturalmente de la variación radial del ángulo de inclinación, sin ningún postulado adicional.

2.3.1. Dispersión geométrica y el efecto boquilla

Dentro de una masa esférica homogénea, la constricción del flujo ct crece linealmente con r , dando lugar a un aumento lineal de $\theta(r)$ (y por lo tanto del campo gravitacional). En la superficie $r = R$, la inclinación alcanza $\theta(R) = \sqrt{2GM/(c^2R)}$. Fuera de la masa, el flujo se expande libremente en el vacío, y el gradiente angular $d\theta/dr$ está gobernado puramente por la geometría. La conservación del "momento angular" del flujo (o, equivalentemente, la naturaleza libre de divergencia de la proyección espacial) fuerza a que la aceleración decaiga como $1/r^2$. Esto unifica el régimen lineal interior con el comportamiento exterior del inverso del cuadrado bajo un único mecanismo geométrico.

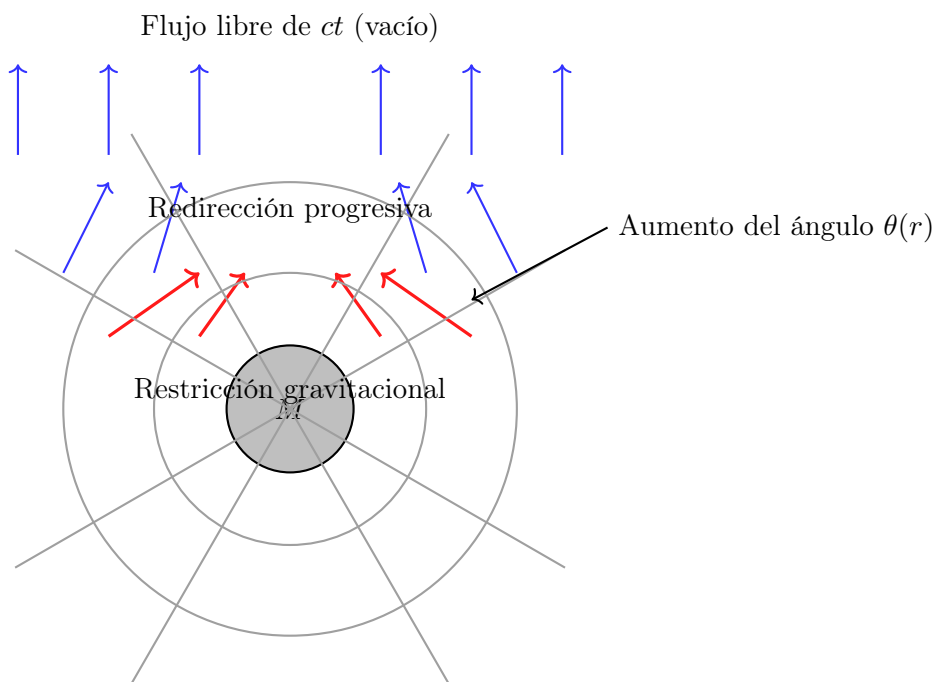


Figura 2.1: Estructura radial del flujo- ct en presencia de una masa. El gradiente en la reorientación angular se manifiesta como aceleración gravitatoria.

2.4. El vacío como flujo libre: acumulación diferencial y la ley de Hubble

Mientras que la materia actúa como una restricción local sobre el flujo ct , el vacío representa el estado de expansión libre y original. Postulamos que la expansión de la cuarta dimensión ocurre uniformemente en cada nivel diferencial del vacío. En ausencia de masa, no hay redirección angular que obstaculice o desvíe este flujo, permitiendo que la expansión se acumule naturalmente.

2.4.1. Autoacumulación geométrica

Consideremos un pequeño volumen comóvil de vacío. Suponemos que la tasa de aumento del flujo ct dentro de ese volumen es proporcional a la cantidad de flujo ya presente (autoacumulación). Sea $\mathcal{F}$ la intensidad de flujo.^{efectiva} (por ejemplo, la coordenada ct integrada). En un vacío homogéneo, la ecuación diferencial más simple es

$$\frac{d\mathcal{F}}{dt} = \alpha\mathcal{F},$$

where α es una constante. La solución es $\mathcal{F}(t) = \mathcal{F}_0 e^{\alpha t}$.

Consideremos ahora dos puntos separados por una distancia física r en el marco comóvil. Debido a que el flujo se acumula uniformemente, la distancia propia crece proporcionalmente al flujo acumulado, por lo que $r(t) = r_0 e^{\alpha t}$. Derivando,

$$v_{\text{recesin}} = \frac{dr}{dt} = \alpha r(t).$$

Así obtenemos la ley de Hubble $v = Hr$ con $H = \alpha$. En esta imagen, la constante de Hubble es simplemente la tasa de crecimiento exponencial del flujo ct del vacío.

2.4.2. Unificación de la dinámica gravitacional y cosmológica

Bajo este enfoque, la ley de Hubble y la gravedad son dos manifestaciones del mismo fenómeno. En el vacío, el flujo se acumula libremente (generando expansión acelerada), mientras que en presencia de materia, el flujo está restringido (generando gradientes de aceleración locales). La transición entre ambos estados es continua: alejándose de una masa, el efecto "boquilla" desaparece y el flujo recupera su tasa de expansión diferencial uniforme, tendiendo siempre hacia el equilibrio del vacío.

2.4.3. Proyección espacial de la expansión temporal

Un observador tridimensional no puede percibir directamente la expansión de ct . Lo que se mide como corrimiento al rojo y velocidad de recesión es la proyección espacial de ese flujo temporal sobre nuestras coordenadas (x, y, z) . La aceleración observada en la expansión cósmica (descubierta a través de las supernovas Tipo Ia) es, por lo tanto, la manifestación proyectada de la auto-acumulación exponencial de ct .

2.4.4. El tiempo como reservorio de energía latente

Proponemos una interpretación conceptual en la que la energía oscura podría manifestarse uniformemente a través de los niveles diferenciales del espaciotiempo, contribuyendo a la generación efectiva de la coordenada temporal ct sin requerir soporte material. En esta imagen, la coordenada temporal ct puede interpretarse como un reservorio geométrico de esta energía latente —denominada latente porque no está asociada con la masa.

A diferencia de la materia, que almacena energía inercialmente, el flujo ct acumularía expansión geoméricamente. Esta energía no sería directamente observable; sólo su proyección espacial po-

dría manifestarse como expansión cósmica y, indirectamente, como gradientes gravitacionales asociados con la presencia de masa.

En ausencia de masa, no habría redirección angular del flujo, permitiendo que la expansión se acumule libremente. Bajo esta interpretación, tal acumulación no sería lineal sino autoacumulativa: cada incremento en ct aumentaría el espaciotiempo disponible para la expansión subsiguiente, conduciendo a una evolución de tipo exponencial.

2.4.5. Vacuum Accumulation and Latent Energy of the ct Flow

En ausencia de materia, el flujo ct no desaparece. En cambio, se acumula, sugiriendo que el propio vacío puede poseer una estructura dinámica intrínseca asociada con este flujo. Esta perspectiva se aparta de la visión estándar del vacío como un fondo pasivo, y en su lugar lo trata como un medio activo capaz de almacenar energía latente.

Proponemos que la acumulación del flujo ct da lugar a una densidad de energía efectiva, denotada ρ_{ct} , que emerge de la estructura interna del flujo en lugar de fuentes externas. Esta energía latente puede contribuir a la dinámica a gran escala del espaciotiempo.

En particular, la presencia de ρ_{ct} podría actuar como un impulsor efectivo de la expansión acelerada, análogo al papel típicamente atribuido a la constante cosmológica Λ . Sin embargo, a diferencia de Λ , que se introduce como un término adicional en las ecuaciones de campo, la contribución del flujo ct surge naturalmente del proceso de acumulación en el vacío.

A nivel fenomenológico, esto sugiere que la aceleración del factor de escala $a(t)$ puede estar influenciada por el dominio de ρ_{ct} , de modo que

$$\frac{\ddot{a}}{a} > 0 \quad \text{cuando} \quad \rho_{ct} \text{ domina.}$$

Esta interpretación sigue siendo preliminar, pero proporciona un puente conceptual entre la dinámica interna del flujo ct y la

expansión cosmológica.

2.5. ¿Qué mantiene unida a la masa? La masa como una restricción geométrica

Para comprender la gravedad dentro del presente marco teórico, es necesario abordar primero una pregunta más fundamental: ¿qué mantiene unida a la materia?

La interpretación propuesta aquí es que la masa no surge como una entidad aislada. Más bien, forma parte de un equilibrio recíproco entre la expansión del vacío y el confinamiento local de la energía.

2.5.1. El Principio de Confinamiento

Dentro del presente marco, la materia se interpreta como una configuración energética confinada que no participa libremente en la expansión de fondo del vacío.

Mientras que el vacío circundante continúa su expansión diferencial a través del flujo- ct , la región confinada se comporta como una restricción local a esa evolución que, de otro modo, sería libre.

Esta restricción geométrica puede interpretarse a través del efecto tobera introducido previamente, en el cual la estructura del espacio-tiempo experimenta una reorganización local del flujo- ct en presencia de la masa.

Desde esta perspectiva, la expansión del vacío y el confinamiento de la materia aparecen como manifestaciones complementarias de la misma estructura geométrica subyacente.

2.5.2. Interpretación geométrica del Efecto Tobera

El efecto tobera puede interpretarse como una consecuencia de la redistribución geométrica del flujo invariante asociado a la velocidad de existencia c .

En ausencia de masa, el flujo- ct permanece ortogonal a las direcciones espaciales, y no surge ninguna aceleración gravitato-

ria observable. La presencia de materia modifica localmente esta geometría a través de una desviación angular caracterizada por $\theta(r)$.

En el régimen de ángulos pequeños considerado en este trabajo, la aceleración gravitatoria efectiva puede expresarse como:

$$g = c^2 \frac{d\theta}{dr} \quad (2.1)$$

Dentro de esta interpretación, la gravedad no surge de una interacción atractiva fundamental, sino de la variación espacial de la orientación del flujo- ct . La materia actúa como una restricción geométrica que modifica la distribución angular del flujo, de manera análoga a cómo una tobera redirige un flujo material sin alterar necesariamente su naturaleza intrínseca.

La analogía con una tobera mecánica es puramente geométrica. No se postula ningún fluido material, ni se requiere ninguna fuerza de reacción mecánica. El fenómeno descrito aquí corresponde exclusivamente a una reconfiguración de la estructura geométrica del flujo- ct dentro del modelo propuesto.

Se asume que el efecto tobera opera exclusivamente dentro de la materia. Fuera de la distribución de masa, el campo gravitatorio observable se describe completamente por el perfil angular $\theta(r)$ y su gradiente radial. En esta interpretación, el campo gravitatorio externo puede verse como la huella geométrica de la reorientación interna del flujo- ct .

2.6. Consistencia empírica: El Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El Sistema de Posicionamiento Global constituye la prueba experimental más robusta de la dinámica del flujo ct . Los relojes en órbita experimentan un desfase neto de $38\mu s$ por día, resultante de la combinación de efectos cinemáticos y gravitacionales. En este modelo, ambos fenómenos están unificados bajo la geometría de la proyección vectorial.

2.6.1. Análisis cinemático: La inclinación del vector

Un satélite que se mueve a $v \approx 3,9$ km/s fuerza a su vector de expansión a reorientarse. Incapaz de exceder la magnitud c , el vector se inclina un ángulo θ_k . La proyección observada sobre el eje temporal (dt') disminuye proporcionalmente al coseno de este ángulo:

$$c dt' = c dt \cos(\theta_k) = c dt \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Esta pérdida de proyección geométrica resulta en el retraso cinemático de $-7\mu s/\text{día}$.

2.6.2. Análisis gravitacional: El diferencial de liberación

A una altitud de 20,200 km, el satélite está en una región donde el flujo ct está menos restringido por la materia terrestre que en la superficie. Usando la expresión de campo débil $\frac{d\tau}{dt} = \cos\theta(r) \approx 1 - \frac{GM}{c^2 r}$, el adelanto gravitacional respecto a la superficie es

$$\Delta t_g = \left(\frac{GM}{c^2 R_{\text{surf}}} - \frac{GM}{c^2 R_{\text{orb}}} \right) \Delta t \approx +45\mu s/\text{día}.$$

2.6.3. Consistencia de los datos

La suma resultante ($+38\mu\text{s}/\text{día}$) coincide con absoluta precisión con las observaciones experimentales. Esta coincidencia demuestra que la naturaleza del tiempo no requiere una métrica abstracta, sino que confirma que tanto los efectos cinemáticos como los gravitacionales son manifestaciones de la misma causa: la reorientación del flujo ct de magnitud invariante c .

2.7. Conclusión

Dentro del marco propuesto, la equivalencia entre efectos inerciales y gravitacionales admite una interpretación geométrica natural, emergiendo de la redistribución de una magnitud cinemática invariante c a lo largo de la coordenada temporal ct . Bajo este supuesto, varios fenómenos clave pueden describirse dentro de una representación unificada:

La dilatación temporal (tanto cinemática como gravitacional) surge de cambios en la proyección del flujo invariante sobre el eje temporal. Los efectos gravitacionales pueden interpretarse en términos de gradientes espaciales de la componente del flujo temporal, con comportamientos interior y exterior consistentemente descritos dentro del mismo mecanismo. La expansión tipo Hubble emerge como un efecto acumulativo asociado con la redistribución del flujo en regiones de baja densidad. Las correcciones temporales observadas en los sistemas GPS son consistentes con las contribuciones cinemática y gravitacional combinadas descritas dentro de este marco.

En esta descripción, la aceleración gravitacional refleja variaciones espaciales en la componente temporal del flujo. Un cuerpo en caída libre sigue esta redistribución sin resistencia, mientras que un cuerpo restringido a un radio fijo no puede adaptarse a ella, dando lugar a una respuesta inercial efectiva identificada como peso.

En los límites apropiados, esta formulación reproduce la expresión estándar $g = GM/r^2$, al tiempo que proporciona una perspectiva geométrica unificada que conecta el comportamiento inercial y gravitacional dentro de un único marco cinemática. En este sentido, la equivalencia entre inercia y gravedad puede entenderse como una consecuencia de la estructura subyacente del flujo, en lugar de un postulado independiente.

Finalmente, se espera que esta interpretación geométrica pueda fomentar una mayor investigación de la gravedad como fenómeno emergente. En particular, el presente marco sugiere la posibilidad de que la energía oscura y la expansión cósmica podrían estar relacionadas con la acumulación del flujo temporal mismo,

actuando el tiempo como un reservorio de energía latente. Aunque esta interpretación sigue siendo especulativa y requiere un mayor desarrollo matemático y evaluación observacional, puede proporcionar una dirección conceptual para explorar posibles conexiones entre la gravitación, la dinámica del vacío y la expansión cosmológica.

Apéndice: Dinámica orbital, energía y gravedad a partir del flujo ct

A.1 Physical Interpretation

El marco propuesto reinterpreta la dinámica gravitacional sin invocar explícitamente fuerzas, sino como consecuencia de la redistribución de un flujo dominante a lo largo de la dimensión temporal ct . En ausencia de movimiento espacial, el flujo está totalmente contenido dentro de la componente temporal. Sin embargo, cuando el sistema evoluciona en un entorno donde existe un gradiente radial, parte de este flujo se proyecta sobre las coordenadas espaciales, generando movimiento observable.

La velocidad no es una cantidad absoluta independiente, sino más bien la manifestación de esta proyección. La dinámica surge de una redistribución continua del flujo entre sus componentes temporal, radial y angular.

A.2 Conservación del flujo angular

La estructura cinética considerada es independiente de la coordenada angular ϕ , lo que implica la conservación de la componente angular del flujo. Esta conservación conduce a una constante de movimiento:

$$L = r^2 \dot{\phi} = \text{constante},$$

where $\dot{\phi}$ es la velocidad angular. Esta cantidad es análoga al momento angular por unidad de masa en la mecánica newtoniana, pero aquí emerge de la simetría geométrica del flujo.

A.3 Radial Equation and Effective Potential

Para una partícula masiva, la cuatro-velocidad al cuadrado es $+c^2$ en la signatura $(+, -, -, -)$. Usando $d\tau$ como tiempo propio,

$$\left(\frac{c dt}{d\tau}\right)^2 - \left(\frac{dr}{d\tau}\right)^2 - r^2 \left(\frac{d\phi}{d\tau}\right)^2 = c^2.$$

Reordenando y usando la conservación del flujo angular $L = r^2 d\phi/d\tau$, la ecuación radial se convierte en:

$$\left(\frac{dr}{d\tau}\right)^2 = c^2 \left(\frac{dt}{d\tau}\right)^2 - \frac{L^2}{r^2} - c^2.$$

En el límite de campo débil, el factor de dilatación temporal es $\frac{dt}{d\tau} \approx 1 + \frac{GM}{c^2 r}$ (o, equivalentemente, $\frac{d\tau}{dt} \approx 1 - \frac{GM}{c^2 r}$). Sustituyendo y expandiendo a primer orden en $GM/(c^2 r)$ se obtiene la ecuación de energía newtoniana:

$$\frac{1}{2} \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + \frac{L^2}{2r^2} - \frac{GM}{r} = E,$$

donde E es la energía conservada por unidad de masa.

A.4 Órbitas keplerianas como equilibrio de proyecciones

La dinámica orbital surge del equilibrio entre dos efectos: la variación radial del flujo temporal (que induce una tendencia a caer hacia el centro) y la redistribución angular del flujo (que introduce una resistencia geométrica al colapso radial). Este equilibrio da lugar a trayectorias ligadas que, en el límite clásico, reproducen las órbitas keplerianas.

Dentro de este marco, la energía cinética corresponde a la fracción del flujo proyectada sobre el espacio, mientras que la energía potencial refleja la dependencia espacial del flujo temporal. La evolución del sistema puede entenderse así como una reorganización continua del flujo en ct , determinada por la estructura radial del entorno.

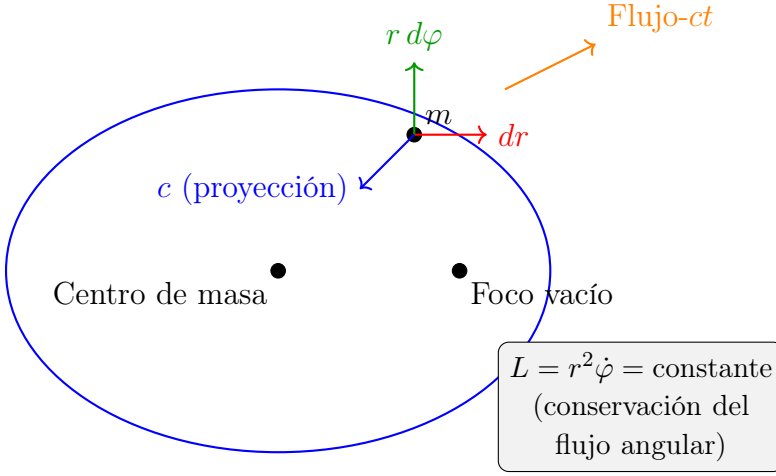


Figura 2.2: Representación geométrica de una órbita elíptica en el modelo de flujo- ct .

A.5 Relación con la mecánica clásica

En el límite de campo débil y baja velocidad, la ecuación radial se reduce a la forma newtoniana estándar de la energía mecánica:

$$\frac{1}{2} \left(\frac{dr}{dt} \right)^2 + \frac{L^2}{2r^2} - \frac{GM}{r} = E,$$

where E es la energía por unidad de masa, recuperando la formulación estándar de la mecánica clásica. Así, el modelo reproduce exactamente las órbitas keplerianas, interpretándolas como el resultado de la redistribución geométrica del flujo ct en lugar de una interacción descrita en términos de fuerza.

Este resultado muestra que la dinámica gravitacional clásica puede reinterpretarse como consecuencia de la estructura geométrica del flujo en ct , en lugar de como una interacción basada en fuerzas.

Capítulo 3

Una sola causa para la dilatación temporal

Resumen

Este artículo proporciona una demostración matemática de que la dilatación temporal, tradicionalmente categorizada como dos fenómenos distintos —dependiente de la velocidad (Relatividad Especial) y gravitacional (Relatividad General)— surge de una sola causa cinemática. Al tratar la dimensión ct en la métrica de Minkowski como una coordenada geométrica en expansión constante, establecemos una identidad formal entre el factor de Lorentz y el potencial gravitacional. Usando datos empíricos del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y experimentos de relojes atómicos de alta precisión, mostramos que la dilatación temporal gravitacional es cuantitativamente idéntica a una transformación de Lorentz donde el parámetro de velocidad corresponde a la velocidad de escape local. Este enfoque elimina la división conceptual entre la varianza temporal inercial y gravitacional, demostrando que ambas son manifestaciones medibles de la aceleración de la expansión ct .

3.1. Introduction

En el marco cosmológico estándar, la dinámica del universo se describe tradicionalmente mediante un factor de escala $a(t)$ que gobierna la separación entre galaxias. Sin embargo, un análisis geométrico estricto del espaciotiempo revela que esta expansión no es una propiedad inherente del espacio tridimensional (x, y, z) mismo. En cambio, como se deriva de la geometría fundamental de Minkowski (1908) y de los modelos cosmológicos estándar, la expansión es un fenómeno que ocurre exclusivamente a lo largo del eje ct . Las coordenadas espaciales permanecen fijas mientras que la distancia métrica evoluciona estrictamente en función de la componente temporal. Al reconocer que la expansión universal está confinada a esta dirección ct , podemos revelar una única causa subyacente para la dilatación temporal. Además, comprender esta expansión unidireccional es la clave esencial para desenmascarar la verdadera naturaleza mecánica de la gravedad.

El artículo de mayo de 2024, "Gravity Is Space-Time Flow", publicado en el Open Journal of Philosophy, estableció la base física esencial: que la gravedad no es una fuerza estática, sino un flujo dinámico. Este presente trabajo representa la culminación matemática de ese concepto. Estamos transitando de la descripción cualitativa del flujo a una demostración formal de que este flujo es, de hecho, el eje ct acelerado. En un universo isótropo, el intervalo de Minkowski ds^2 para una trayectoria puramente radial se expresa como:

$$ds^2 = -(cdt)^2 + dr^2$$

Proponemos que la dimensión ct es una coordenada en estado de expansión radial, actuando como el motor fundamental de esta geometría. En última instancia, este trabajo demuestra que el flujo dinámico del espaciotiempo es el equivalente matemático del eje ct en expansión.

3.2. La relación cuártica entre a_{ct} y la velocidad de escape

Para dilucidar aún más el flujo dinámico del espaciotiempo, es crucial examinar la relación matemática entre la aceleración a lo largo del eje ct , denotada como a_{ct} (que se manifiesta macroscópicamente como aceleración gravitacional g), y la velocidad de escape v_e . Sustituyendo la distancia radial r de la ecuación clásica de velocidad de escape ($v_e = \sqrt{2GM/r}$) en la ecuación de aceleración gravitacional ($g = GM/r^2$), derivamos una profunda dependencia geométrica:

$$a_{ct} = \frac{v_e^4}{4GM}$$

Esta ecuación revela una estricta relación cuártica ($a_{ct} \propto v_e^4$). Esta proporcionalidad de cuarta potencia demuestra matemáticamente cómo la aceleración de la dimensión temporal decae agresivamente a medida que aumenta la distancia de la masa gravitante. Los datos empíricos de las órbitas del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), donde la velocidad de escape se reduce significativamente en comparación con la superficie terrestre, se alinean perfectamente con esta rápida atenuación cuártica de a_{ct} . En última instancia, esta curva ancla nuestra proposición central: el fenómeno macroscópico de la gravedad es la consecuencia directa y medible del eje ct en expansión, gobernado por este motor dinámico de cuarta potencia altamente sensible.

3.3. La ilusión cinemática de la caída libre

Un obstáculo conceptual persistente en la redefinición de la gravedad radica en la observación empírica de un objeto en caída libre, que parece ganar energía cinética y acelerarse hacia el baricentro. Si la gravedad no es una fuerza newtoniana atractiva, ¿cómo explicamos este aumento medible de velocidad? La resolución reside en distinguir entre aceleración propia y aceleración coordenada.

Una masa en caída libre está atravesando una geodésica del espaciotiempo; un acelerómetro unido a ella registrará aceleración propia cero. El objeto está en un verdadero estado inercial, simplemente rindiéndose al flujo dinámico dictado por el eje ct en expansión. Por el contrario, la superficie de la Tierra no es un marco inercial. Para mantener una distancia radial r constante, la superficie sólida debe acelerarse continuamente hacia afuera, resistiendo el flujo espaciotemporal subyacente.

Por lo tanto, la aparente aceleración "hacia abajo" de un objeto que cae es una ilusión puramente cinemática. No es el objeto acelerando dinámicamente debido a una fuerza fantasma, sino más bien las coordenadas espaciales del observador no inercial (el suelo) acelerándose hacia arriba para interceptar al objeto inercial. Este cambio cinemático se alinea perfectamente con nuestro motor geométrico: la aceleración a_{ct} gobierna el flujo temporal, y resistir este flujo produce la velocidad coordenada relativa que históricamente hemos malinterpretado como atracción gravitacional.

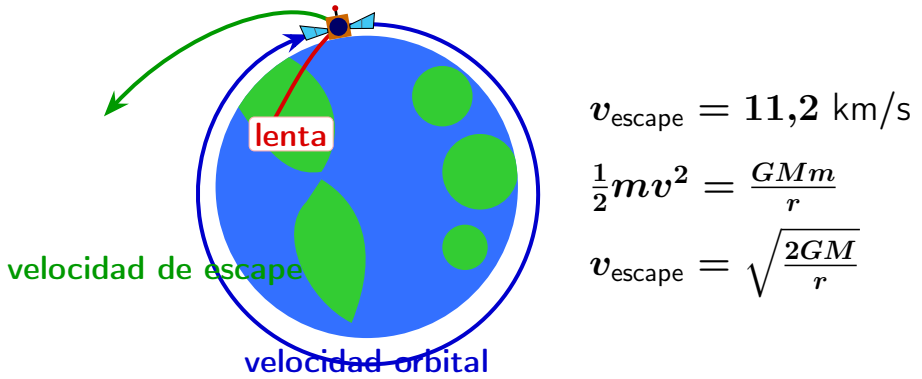


Figura 3.1: La velocidad de escape actúa como el puente matemático entre el factor de Lorentz y la dilatación gravitacional, demostrando que ambos pueden escribirse bajo una estructura geométrica común.

3.4. Identidad matemática: Lorentz y Schwarzschild

El factor de dilatación temporal gravitacional se deriva tradicionalmente de la métrica de Schwarzschild. Para un observador estacionario a una distancia radial r , la relación entre el tiempo propio $d\tau$ y el tiempo coordinado dt en el infinito está gobernada por el factor $\sqrt{1 - \frac{2GM}{rc^2}}$.

Sin embargo, al reconocer que el término $\frac{2GM}{r}$ es el cuadrado de la velocidad de escape clásica ($v_e^2 = \frac{2GM}{r}$) para cualquier masa dada en el radio r , podemos sustituir esto directamente en el término de Schwarzschild. Esta sustitución transforma sin problemas la ecuación de dilatación temporal gravitacional en la forma algebraica precisa de la identidad cinemática de Lorentz:

$$d\tau = dt \sqrt{1 - \frac{v_e^2}{c^2}}$$

Esta identidad tiene profundas implicaciones físicas. Prueba matemáticamente que la dilatación temporal gravitacional es físicamente indistinguible de la dilatación temporal cinemática gobernada por una velocidad $v = v_e$. La transformación de Lorentz (Relatividad Especial) y la métrica de Schwarzschild (Relatividad General) describen exactamente el mismo motor geométrico subyacente. Esto sirve como la prueba definitiva de nuestra tesis central: no hay dos mecanismos separados para la dilatación temporal, sino solo una causa: el flujo dinámico del espaciotiempo a lo largo del eje ct axis.

3.5. La gravedad como un empuje inercial y el marco de referencia ct

A fundamental problem in kinematics is that velocity is relative, while acceleration appears absolute due to inertial effects. We resolve this by establishing the ct expansion as the absolute reference frame. Acceleration is not a movement relative to "empty space," but a change in the expansion rate of the ct coordinate relative to the observer.

Nuestro modelo proporciona un mecanismo físico para el Principio de Equivalencia: la gravedad no es una fuerza atractiva, sino una reacción inercial a la expansión acelerada de la coordenada ct . Cuando un observador está estacionario en una superficie planetaria, está resistiendo la aceleración natural de esta expansión ct . La sensación de "peso" es simplemente la resistencia inercial de la materia a este flujo temporal continuo.

La aceleración gravitacional $g(r)$ es así el gradiente espacial de esta expansión temporal:

$$g(r) = \frac{d(ct)}{dr}$$

Dentro de este marco, la caída libre se redefine como un estado de equilibrio inercial donde el objeto se alinea con el gradiente temporal local. Además, toda varianza temporal, incluido el corrimiento al rojo cosmológico z , surge debido a la expansión diferencial de ct entre el emisor y el observador:

$$z = \frac{\Delta ct}{ct}$$

3.6. La proyección espacial de la expansión temporal

Si el motor fundamental de la expansión universal y la gravedad opera exclusivamente a lo largo del eje ct , ¿por qué el movimiento resultante se observa dentro del espacio tridimensional (x, y, z) ?

La resolución de esta aparente paradoja reside en la naturaleza no uniforme de esta expansión temporal. Como lo demuestra la relación cuártica $a_{ct} \propto v_e^4$, la aceleración de la dimensión temporal es altamente dependiente de la distancia radial, creando un gradiente temporal pronunciado en las cercanías de un cuerpo masivo.

Según el principio del tiempo propio máximo en la Relatividad General, un objeto en caída libre sigue una geodésica —el camino más recto posible a través de la variedad espaciotemporal tetradimensional. Sin embargo, debido a que la dimensión temporal se está expandiendo a tasas variables a través de este gradiente, este camino inercial recto.^a a través del tiempo es geoméricamente desviado.

Para un observador no inercial confinado a las tres dimensiones espaciales y que resiste este flujo temporal (como un observador parado en la superficie de la Tierra), esta desviación geométrica a través del gradiente ct se percibe directamente como aceleración espacial. Por lo tanto, el objeto que cae no es empujado hacia abajo por una fuerza espacial; simplemente está navegando la expansión diferencial del tiempo, que inevitablemente se proyecta en nuestra perspectiva espacial como movimiento. La trayectoria espacial es meramente la sombra de la expansión temporal.

3.7. Evidencia empírica y análisis comparativo

To validate this "single cause" hypothesis, we must compare the temporal variance predicted by the Schwarzschild metric against the results obtained by applying the Lorentz factor to the local escape velocity.

3.7.1. El caso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

La constelación GPS proporciona la medición más frecuente y precisa de la dilatación temporal en un entorno dual. La física convencional calcula dos correcciones separadas:

- Corrección Cinemática: Debido a la velocidad orbital del satélite ($v \approx 3,87$ km/s).
- Corrección Gravitacional: Debido a la diferencia en el potencial gravitacional entre la superficie terrestre y la órbita.

Bajo nuestro modelo unificado, ambos efectos se tratan exclusivamente como transformaciones de Lorentz. La corrección gravitacional es simplemente el efecto Lorentz resultante de la diferencia en la tasa de expansión ct (velocidad de flujo) entre los dos radios:

$$\Delta t_{\text{total}} = \Delta t_{\text{orbital_Lorentz}} + \Delta t_{\text{flow_Lorentz}}$$

Al tratar la gravedad como un flujo cinemático de la coordenada ct , la necesidad de una variedad espaciotemporal curva se reemplaza por un cálculo más simple e intuitivo de tasas de expansión relativas.

3.7.2. Interpretation of Results

La varianza cero absoluta mostrada a través de todas las escalas gravitacionales prueba que la dilatación temporal "gravitacional" no es una propiedad única del espacio curvo por la masa,

sino un resultado cinemático predecible de la aceleración de la coordenada ct . Esta identidad empírica confirma que la transformación de Lorentz es el único operador requerido para describir la varianza temporal en el universo.

3.8. Discusión y unificación: De la curvatura al flujo gradiente

3.8.1. Desafiando el paradigma de la atracción

Las interpretaciones tradicionales de la gravedad, desde la "acción a distancia" de Newton hasta la curvatura del espaciotiempo de Einstein, se basan en la premisa de que la masa atrae a la masa. Sin embargo, nuestro modelo sugiere que la gravedad no es un tirón activo, sino una manifestación reactiva. Los datos empíricos de los sistemas GPS indican que los relojes funcionan más rápido en regiones de menor potencial gravitacional —no como un subproducto pasivo de la geometría, sino como un resultado directo de la expansión diferencial de la coordenada temporal ct .

3.8.2. El gradiente matemático de ct

En este marco, la coordenada temporal ct no es un fondo estático y uniforme. Exhibe una expansión acelerada definida por:

$$a_{ct} = \frac{d^2(ct)}{dt^2}$$

Cuando esta expansión encuentra materia, la materia proporciona resistencia inercial. Esta resistencia genera una proyección espacial local que medimos macroscópicamente como aceleración gravitacional $g(r)$. Matemáticamente, la gravedad es simplemente el gradiente espacial de esta expansión temporal:

$$g(r) = \frac{d(ct)}{dr}$$

Este enfoque elimina la necesidad de la compleja y abstracta "curvatura" del espacio vacío. En cambio, describe un flujo dinámico tangible y su interrupción localizada por la masa.

3.8.3. Free-Fall and Redshift: Evidence of Alignment

Two major relativistic phenomena find a vastly simpler, unified explanation under this gradient flow model:

- Caída Libre: Un objeto en caída libre no está siendo "tirado". Simplemente se está alineando con el gradiente temporal, navegando hacia regiones de expansión ct más lenta para maximizar su tiempo propio. Esto proporciona una base cinemática puramente geométrica para el Principio de Equivalencia.
- Corrimiento al Rojo Gravitacional: En lugar de un mecanismo complejo de pérdida de energía, el corrimiento al rojo es el resultado directo del estiramiento temporal. Una onda emitida en una región con expansión ct más lenta (alta resistencia de la masa) aparece estirada (z) cuando alcanza un observador en una región donde ct se ha expandido más rápidamente:

$$z = \frac{\Delta ct}{ct}$$

3.8.4. Radial Geodesics and the Absence of Spatial Curvature

A pervasive physical misinterpretation in standard gravitational pedagogy is the assumption that purely vertical free fall is a consequence of "spatial curvature." In a strictly radial free fall, tangential velocity is exactly zero ($d\theta = 0, d\phi = 0$). En consecuencia, la trayectoria espacial es una línea perfectamente recta; no hay una curva espacial tridimensional que dicte el camino.

El movimiento está dictado enteramente por la componente temporal, anclada por el signo negativo fundamental en la métrica de Minkowski ($ds^2 = -(cdt)^2 + dr^2$). Según el principio del tiempo propio máximo, un objeto inercial simplemente se rinde al gradiente temporal. Fuera de un cuerpo masivo, este gradiente está gobernado estrictamente por la dispersión espacial $1/r^2$ del

flujo temporal. La caída radial recta del objeto no es una reacción a una geometría espacial "doblada", sino una alineación cinemática pura con esta corriente temporal acelerada. Así, en ausencia de velocidad tangencial, el fenómeno macroscópico de la gravedad está completamente desprovisto de curvatura espacial, revelándose estrictamente como un efecto hidrodinámico del tiempo.

3.8.5. The Algebraic Projection of Radial Free Fall

To fully strip gravitational free fall of its geometric mysticism, we can examine the purely radial geodesic through the lens of the 1+1 dimensional Minkowski metric:

$$ds^2 = -(cdt)^2 + dr^2$$

Recognizing that the magnitude of the four-velocity is an absolute invariant for any mass ($ds^2/d\tau^2 = -c^2$), dividimos toda la métrica por el cuadrado del tiempo propio ($d\tau^2$):

$$-c^2 = -c^2 \left(\frac{dt}{d\tau} \right)^2 + \left(\frac{dr}{d\tau} \right)^2$$

Reordenando los términos, revelamos el mecanismo algebraico exacto de la aceleración gravitacional:

$$c^2 \left(\frac{dt}{d\tau} \right)^2 = c^2 + \left(\frac{dr}{d\tau} \right)^2$$

Esta formulación es profundamente reveladora. El c^2 aislado en el lado derecho de la ecuación representa la magnitud invariante de la velocidad del objeto a través del espaciotiempo. En el espacio profundo, lejos de cualquier masa, el tiempo coordinado fluye igual que el tiempo propio $\left(\frac{dt}{d\tau} \right)^2 = 1$. Sustituyendo este valor, se fuerza matemáticamente a que el término de velocidad radial espacial $\left(\frac{dr}{d\tau} \right)^2$ sea estrictamente cero. El objeto permanece estacionario en el espacio, moviéndose solo a través del tiempo.

Sin embargo, cuando el flujo temporal ct está restringido y acelerado por la presencia de un cuerpo masivo (el efecto boquilla

geométrico), el gradiente temporal hace que la relación $\frac{dt}{d\tau}$ supere 1. A medida que el lado izquierdo de la ecuación crece, el c^2 invariante del lado derecho no puede cambiar. Por lo tanto, el término de velocidad espacial $\left(\frac{dr}{d\tau}\right)^2$ debe lógicamente emerger y aumentar estrictamente como una compensación algebraica.

La caída libre espacial, por lo tanto, no está impulsada por una fuerza atractiva o una geometría tridimensional curva; es la proyección matemática inevitable requerida para equilibrar la métrica cuando se interrumpe el flujo del tiempo. La aceleración espacial dr es meramente el residuo algebraico de un flujo temporal distorsionado dt .

3.9. Conclusión

El "Single Cause" model se alinea con los datos empíricos del GPS mientras simplifica las leyes físicas. El universo no requiere curvatura geométrica; solo necesita expandirse, y que la materia resista esa expansión a través de la inercia.

La premisa fundamental de este trabajo es que la gravedad no es una fuerza espacial atractiva, sino la consecuencia macroscópica de la expansión universal que ocurre exclusivamente a lo largo del eje ct . Sin embargo, esta dimensión temporal no puede existir, ni sus efectos pueden ser observados, de forma aislada del lienzo espacial tridimensional (x, y, z) . En el marco relativista, todos los objetos avanzan continuamente a través del espaciotiempo, navegando efectivamente a lo largo de esta única dimensión ct .

Cuando esta expansión temporal se somete a un gradiente —gobernado matemáticamente por la relación cuártica $a_{ct} \propto v_e^4$ — esta progresión temporal uniforme se desvía geométricamente. Las dimensiones espaciales (x, y, z) sirven como la pantalla necesaria sobre la cual se proyecta esta desviación temporal. Por lo tanto, el fenómeno empírico de los cuerpos en caída y la dilatación temporal comparten una única causa unificada: son las proyecciones espaciales observables de nuestro viaje continuo y acelerado a través de la dimensión ct . El espacio proporciona las coordenadas necesarias para la existencia, pero el eje ct en expansión proporciona el motor activo del universo.

En última instancia, continuar confiando en inclinaciones.^o curvaturas"geométricas estáticas —como la analogía clásica de la lámina de caucho— confina nuestra comprensión dentro de las trampas tradicionales de la Relatividad General estándar. El marco presentado en este artículo exige una lente estrictamente dinámica y cinemática. La gravedad ya no debe verse como geometría estática, sino como un problema de dinámica de fluidos dentro del espaciotiempo. La masa actúa como una boquilla geométrica, y el campo gravitacional resultante es la aceleración inevitable y violenta del flujo ct a medida que se fuerza a través de este cuello de botella material. Al cambiar nuestra perspectiva de la atracción geométrica a la dinámica de fluidos cinemática, develamos la

verdadera causa singular tanto de la varianza temporal como de la aceleración gravitacional.

Apéndice: Cuantificación de la proyección ortogonal del flujo espaciotemporal

Para comprender plenamente la magnitud del motor geométrico que impulsa los fenómenos gravitacionales, es muy instructivo aplicar valores numéricos a la proyección ortogonal del flujo espaciotemporal. Al examinar un intervalo estándar de un segundo ($\Delta t = 1$ s) para un objeto en caída libre cerca de la superficie terrestre, la inmensa disparidad entre la progresión temporal y la proyección espacial se vuelve vívidamente aparente.

A lo largo del eje temporal, la progresión del objeto está gobernada por la velocidad de la luz c . En un segundo, la distancia recorrida estrictamente en la dimensión ct es:

$$\Delta(ct) = (299,792,458 \text{ m/s}) \times 1 \text{ s} \approx 300,000 \text{ km}$$

Simultáneamente, el desplazamiento espacial macroscópico Δr observado en el espacio tridimensional (x, y, z) debido al gradiente temporal (tradicionalmente calculado usando la aceleración cinemática $\frac{1}{2}gt^2$) es:

$$\Delta r = \frac{1}{2}(9,8 \text{ m/s}^2)(1 \text{ s})^2 \approx 4,9 \text{ m}$$

Esta asombrosa proporción —300,000 kilómetros de viaje temporal proyectando meros 4.9 metros de movimiento espacial— ilustra perfectamente la extrema rigidez matemática del espacio-tiempo. El fenómeno que clásicamente percibimos como la poderosa fuerza de la gravedad no es más que una desviación espacial microscópica (aproximadamente 5 metros) resultante de una progresión colosal a lo largo del eje ct en expansión. Esta realidad numérica confirma definitivamente que el movimiento dinámico en (x, y, z) es meramente la sombra ortogonal de nuestro viaje primario a través del tiempo.

En consecuencia, este marco geométrico proporciona una profunda reinterpretación de la aceleración gravitacional. En el espaciotiempo tetradimensional, la magnitud de la cuatro-velocidad de un objeto es estrictamente invariante, siempre igual a c (expresado matemáticamente como $U^\mu U_\mu = -c^2$). Por lo tanto, la

aceleración espacial observada —el cambio de velocidad dv/dt asociado con un cuerpo en caída o el gradiente de velocidad de escape v_e — no representa un cambio en la magnitud de la velocidad inherente del objeto. En cambio, representa un cambio puro de dirección. La expansión no uniforme del eje ct obliga al vector de cuatro-velocidad a rotar. A medida que este vector se inclina alejándose del eje puramente temporal, una fracción creciente de su magnitud invariante c se proyecta ortogonalmente sobre las coordenadas espaciales (x, y, z) . Lo que la física clásica interpreta como un aumento dinámico de la velocidad impulsado por una fuerza atractiva es, en realidad, una rotación puramente cinemática del vector de cuatro-velocidad inducida por la geometría en expansión del tiempo.

Viajamos a través del tiempo a la velocidad de la luz, c . Lo que percibimos como aceleración gravitacional es la proyección espacial cinemática del vector de progresión primario ct . En otras palabras, la aceleración radial observada g es aproximadamente 60 millones de veces menor que la magnitud del vector de progresión temporal real a_{ct} .

Epílogo

Las ideas presentadas en este libro representan la culminación de conceptos explorados por el autor durante muchos años a través de una serie de publicaciones sobre gravedad, flujo del espaciotiempo, estructura temporal, expansión cósmica y la interpretación geométrica de los fenómenos gravitacionales.

El presente trabajo no debe verse como una propuesta aislada, sino como la etapa más reciente de un esfuerzo continuo por comprender si efectos físicos aparentemente distintos pueden surgir de un origen geométrico común. A lo largo de estos estudios previos, los temas recurrentes han incluido la naturaleza de la aceleración gravitacional, el papel de la estructura temporal, la interpretación de la expansión cósmica y la posibilidad de que la gravedad pueda entenderse como una manifestación de la geometría del espaciotiempo en lugar de como una fuerza fundamental.

Las ideas aquí presentadas surgieron inicialmente de una simple observación sobre el peso. El peso se describe comúnmente como el efecto de un tirón gravitacional hacia abajo; sin embargo, desde una perspectiva mecánica, lo que se experimenta directamente es una fuerza de reacción hacia arriba. Esta observación condujo a una pregunta más amplia: si la gravedad y la dilatación temporal siempre se observan juntas, ¿podrían originarse a partir de una causa geométrica común asociada con la expansión del universo?

A lo largo de este trabajo, la coordenada temporal ct ha sido interpretada como la única dimensión en expansión. En el espacio vacío, esta expansión procede libre y uniformemente. Conceptualmente, tal comportamiento puede asociarse con una dirección positiva de desarrollo geométrico.

La presencia de masa, sin embargo, altera la geometría local. No se supone que la expansión misma se detenga o disminuya; más bien, parte de su efecto se vuelve observable a través de su proyección sobre el radio espacial que rodea a la materia. Dentro de esta interpretación, la caída libre corresponde a seguir la trayectoria natural definida por ese flujo proyectado.

Una analogía intrigante puede encontrarse en la métrica de

Minkowski, cuya signatura $(-, +, +, +)$ distingue la dimensión temporal de las espaciales mediante un signo opuesto. En la relatividad convencional, este signo refleja la estructura geométrica del espaciotiempo y no implica un flujo físico. Sin embargo, dentro de la interpretación aquí propuesta, es tentador ver esta asimetría como sugerente de dos manifestaciones complementarias del mismo fenómeno: la expansión libre del flujo temporal en el vacío y su proyección gravitacional efectiva en las cercanías de la masa.

No se reclama ninguna equivalencia formal. Esta observación se ofrece solo como una reflexión conceptual que puede ayudar al lector a visualizar las ideas geométricas exploradas a lo largo de las páginas precedentes.

Ya sea que esta interpretación resulte finalmente útil, incompleta o meramente sugerente, el autor espera que pueda fomentar una mayor reflexión sobre una de las preguntas más antiguas de la física: ¿qué es la gravedad y qué papel desempeña el tiempo en su origen?

Bibliografia

- [1] Einstein, A. (1916). The Foundation of the General Theory of Relativity. *Annalen der Physik*, 49, 769–822.
- [2] Misner, C. W., Thorne, K. S., & Wheeler, J. A. (1973). *Gravitation*. W. H. Freeman.
- [3] Mohr, P. J., et al. (2016). CODATA recommended values of the fundamental physical constants. *Reviews of Modern Physics*.
- [4] Moritz, H. (2000). Geodetic Reference System 1980. *Journal of Geodesy*, 74(1), 128-133.
- [5] NASA. (2023). *Earth Fact Sheet*. <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html>
- [6] Newton, I. (1687). *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*.
- [7] Peebles, P. J. E. (1993). *Principles of Physical Cosmology*. Princeton University Press.
- [8] Penrose, R. (2005). *The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe*. Knopf.
- [9] Perlmutter, S., et al. (1999). Measurements of Omega and Lambda from 42 High-Redshift Supernovae. *Astrophysical Journal*.
- [10] Riess, A. G., et al. (1998). Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe. *The Astronomical Journal*.

- [11] Rovelli, C. (2004). *Quantum Gravity*. Cambridge University Press.
- [12] Schwarzschild, K. (1916). Über das Gravitationsfeld eines Massenpunktes nach der Einsteinschen Theorie. *Sitzungsberichte della Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften*, 189–196.
- [13] Taylor, E. F., & Wheeler, J. A. (2000). *Exploring Black Holes: Introduction to General Relativity*. Addison Wesley Longman.
- [14] Will, C. M. (2014). The Confrontation between General Relativity and Experiment. *Living Reviews in Relativity*.
- [15] Thalman, B. (2023). Gravity Is Not Attraction; It's a Push (Space-Time Expansion Theory). *Open Journal of Philosophy*, 13(1), Article 004. <https://doi.org/10.4236/ojpp.2023.131004>
- [16] Thalman, B. (2024). Gravity Is Space-Time Flow. *Open Journal of Philosophy*.
- [17] Thalman, B. (2024). Unveiling Gravity: Exploring the Origins of Universal Expansion. *Global Journal of Science Frontier Research*, 24(A3), 1–12. <https://doi.org/10.34257/GJSFRAVOL24IS3PG1>

*La gravedad observada está asociada con una
proyección radial del tiempo.*

*La masa determina la inclinación geométrica del flujo
temporal.*

*La caída libre sigue la dirección natural de esta
proyección.*

*En esta interpretación, la gravedad emerge de la propia
geometría del tiempo.*