Mass: constant work of space-time?

Llorenç Balsach

30 April, 2005

A correspondence between mass and time equal to $m = @'t$ is deduced from the definitions of Planck units of length and time, where @' is a constant that has dimension of force. The similarity of this equation with the equation $l = ct$ could allows us to extrapolate a possible physical meaning of this correspondence: the energy of light is vibration of space-time with a constant force and maximum for all observers. A possible equation of the amplitude of curvature of vibration of the space based on the frequency and the constants G , h i c is proposed.

(Partially translated: See sections 2 and 3)

1 Sistema de unidades SL

La velocidad de la luz, una velocidad constante universal, independiente de cualquier observador, determina que el espacio y el tiempo estén fuertemente imbricados ya que a cualquier longitud o distancia le podemos hacer corresponder un tiempo y viceversa. Únicamente hay que aplicar la velocidad constante c de la luz para encontrar, para cualquier observador, una correspondencia entre estas dos dimensiones

$$l = ct \qquad (1)$$

donde l es la longitud que recorre un rayo de luz en el vacío en el tiempo t o, si se quiere, t es el tiempo que tarda la luz en recorrer una longitud l. Esta sencilla ecuación (1) nos dice, entre otras cosas, que en un universo donde hay luz –y definidas como tenemos las unidades de espacio y tiempo–, no puede existir un espacio sin tiempo ni un tiempo sin espacio ya que $c > 0$.[1]

La velocidad de la luz c, en nuestro sistema internacional de unidades (SI), sistema pensado con unidades "humanas" (metro, segundo, kilogramo) tiene el valor de 299 792 458 m/s. Curiosamente, estas unidades (longitud y tiempo), están definidas actualmente respecto las características de un determinado rayo de luz (la radiación de unos átomos de cesio-133 en unas determinadas condiciones). La longitud y el tiempo son dimensiones definidas, pues, por la misma luz.[2]

[1] Como que $c > 0$, si $l = 0 \Rightarrow t = 0$, y si $t = 0 \Rightarrow l = 0$

[2] En 1967, se definió el segundo como el período de tiempo correspondiente a 9 192 631 770 ciclos de una cierta radiación emitida por átomos de cesio-133. Es decir, si queremos medir

Las distancias o longitudes son dimensiones espaciales pero también las podemos pensar y operar como temporales. Por ejemplo, si miramos por la ventana y vemos un objeto a 50/c segundos-luz (50 metros) podemos pensar que realmente la imagen que vemos en nuestra retina es la imagen del objeto 50/c segundos en dirección al pasado.[3]

Son conceptos equivalentes. Una dimensión longitud la podemos pensar como dimensión tiempo y viceversa.

Esto es consecuencia de que tanto el tiempo como la longitud están definidas a partir de la luz: un tiempo está definido como un determinado número de ciclos de una radiación y la longitud también, la dimensión fundamental de tiempo y longitud es el ciclo: un número de ciclos nos da un tiempo (pensándolo como tiempo: período) y un número de ciclos nos da una longitud (pensándolo como longitud: longitud de onda). Por ejemplo, consideremos la radiación del átomo de cesio que se usa para definir el segundo: si cogemos 9 192 631 770 ciclos tendremos 1 segundo, pero pensando este número de ciclos (9 192 631 770) como longitud nos da 299 792 458 metros.[4] Es decir 1 segundo es equivalente a 299 792 458 metros (a las dos cantidades les corresponde 9 192 631 770 ciclos)

A un ciclo de esta radiación le corresponden $1.08782776 \times 10^{-10}$ segundos o bien 0.0326129084 metros. La longitud y el tiempo se definen, pues, como un determinado número de ciclos de esta o cualquier otra radiación y de alguna manera podemos decir que tienen la misma dimensión física. En el Anexo 1 desarrollamos un poco más este concepto dimensional.

Una realidad física del universo (la "velocidad" constante de la luz en el vacío) nos permite definir un sistema de unidades de longitud y tiempo –a su vez estas unidades nos permiten definir el concepto velocidad–; definidos el espacio y el tiempo de esta manera se deduce recíprocamente –más por definición que por deducción– que la velocidad de la luz es constante (asumiendo que cualquier radiación nos seria igual de útil, como la del cesio, para definir unidades de longitud y tiempo).

Si nunca tuviéramos algún contacto con seres de otro mundo y hubiéramos de hablar de física con ellos, está claro que sería más sencilla la comunicación entre las dos inteligencias si se unificara el valor numérico de las dimensiones longitud y tiempo y el valor de c se hiciera igual a 1. Esto se puede hacer cambiando el sistema de unidades propias (cualquiera de las dos inteligencias podría volver a sus propias unidades cuando quisiera).

Este cambio de unidades para dar $l = t$ y el valor $c = 1$ se puede hacer de muchas maneras, pero empezaremos por la más simple para nosotros: adoptando como unidad de longitud el segundo-luz (sl).

A este sistema de unidades lo llamaremos sistema de unidades SL. A nivel

un segundo hemos de contar 9 192 631 770 ciclos de esta radiación.

[3]No es que lo podamos pensar, es que realmente vemos el objeto tal como era 50/c segundos antes, no compartimos el "presente absoluto" con ningún objeto, ni siquiera con nuestro propio cuerpo.

[4]La Conferencia General de Pesos y Medidas del año 1983 definió el metro como la distancia que recorre la luz en el vacío en

gráfico diferenciaremos las dimensiones y magnitudes que cambien de valor en este sistema poniendo una prima (') al lado del símbolo de la magnitud.

Como que en un segundo la luz recorre 299 792 458 metros, 1 sl = 299792458 m.

Las unidades de tiempo y masa siguen siendo las mismas (1 s' = 1 s, 1 Kg' = 1 Kg).

La constante de gravitación G se convierte, por ejemplo, en $G' = 2.47661795 \times 10^{-36}$ s/Kg.[5]

La constante de acción de Planck h se convierte en $h' = 7.37249493 \times 10^{-51}$ Kg-s.[5]

En el sistema SL la velocidad de la luz es $c' = 1$ sl/s (la luz recorre un segundo-luz cada segundo y en general t segundos-luz cada t segundos).[6]

La ecuación (1) se convierte en

$$l' = t \qquad (2)$$

y, por ejemplo, $E = mc^2$ se convierte en $E' = m \qquad (3)$

Algunas de las relaciones entre las dimensiones y constantes del sistema internacional de unidades SI (sin prima) y del sistema SL (con prima) son las siguientes: (4)

- $l' = l/c$ (longitud)
- $t' = t$ (tiempo) [$f' = f$ (frecuencia)]
- $m' = m$ (masa)
- $v' = v/c$ (velocidad)
- $a' = a/c$ (aceleración)
- $F' = F/c$ (fuerza)
- $E' = E/c^2$ (energía)
- $p' = p/c$ (momento)
- $E' = E/c^2$ (campo eléctrico)
- $G' = G/c^3$ (constante universal de gravitación)[7]
- $h' = h/c^2$ (constante de Planck)[7]

[5] Veremos a lo largo de este artículo que a estas constantes les podemos aplicar estas dimensiones de tiempo y masa

[6] Si definiéramos la longitud y el tiempo como ciclos de ondas sonoras también podríamos escoger un sistema de unidades tal que el sonido recorriera t segundos-sonido cada t segundos; el problema sería que estas unidades variarían para cada observador móvil, cosa que no pasa con la luz.

[7] G' se puede deducir de varias maneras, por ejemplo sustituyendo $r' = r/c$ en la fórmula del radio de Schwarzchild y h' se deduce fácilmente de $E = h\nu$)

2 Space-time-mass-energy

(For english readers coming in this section directly: System SL of units: unit of lenght = second-light)

Once situated in system SL we will see that we easily arrive to a peculiar correspondence between space, time and mass:

In SL the length, time and mass of Planck takes the following values:

$l'_p = t_p = \sqrt{\hbar' G'}$

$m_p = \sqrt{\hbar'/G'}$

where we easily deduce:

$t_p/m_p = G'$
(Planck constant disappears!)
that is to say,

$$l'_p = t_p = G' m_p$$

This equality defines a relation between the units of Planck; however, because we are speaking solely of a correspondence (with a physical meaning to be determined) and because we can multiply each side of the equation by any same number without the equality is modified (any length and any time can be obtained from Planck units $l' = xl'_p$ or $t = xt_p$) we can generalize this correspondence as:

$$l' = t = G'm \qquad (5)$$

and, adding (3)

$$l' = t = G'm = G'E' \qquad (6)$$

Up to here we have solely a correspondence between length, time, mass and energy. But, what physical meaning can have these equalities?

Another relation between space and mass can be found in the formula of the radius of Schwarzschild, that in SL takes the form, very similar to (5):

$r' = 2G'm \qquad (7)$

and in general relativity we found the relation between the curvature of the space produced by a mass-energy system, by means of the metric tensor G and the tensor energy-moment T

$G_{\alpha\beta} = 8\Pi G T_{\alpha\beta} \qquad (8)$

the parallelism of the equations (5) and (6) with the equations (7) and (8) does us to suspect a possible physical meaning of (5) and (6): the affectation of the space due to a mass m or an energy E .

But the equation (5) can also be seen from another point of view:
if we define $@' = 1/G'$
we obtain

$m = @'t \qquad (9) \quad \text{or} \quad E' = @'t$

that takes the form of the well-known equation (1) of which we have spoken in the beginning but with m instead of l and with another constant:

$$l = ct \qquad (1)$$

$$m = @'t \qquad (9)$$

We could speculate extrapolating the physical properties of the equation (1) to the new dimensions of (9):

See that @' has dimensions of force (MT^{-1} in SL) (see Appendix 1). We could say, extrapolating the meaning of the constant c in the equation (1), that there is a constant force @' in the universe, being the same one for all the observers, and that is the maximum force possible.

Let us convert @' to SI units (International System units)

$F'_{max} = @' = 1/G'$

replacing the relations between SL and SI showed in (4):

$F_{max}/c = \frac{1}{G/c^3}$

$@ = F_{max} = c^4/G$

That is to say, we obtain as maximum force –equal for all the observers– the force of Planck c^4/G.

@' is the force of Planck in SL units ($@' = @/c$). The relation (9) between m and t becomes in SI:

$m = @'t = \frac{@}{c}t = \frac{c^3}{G}t \qquad (9b)$

Our proposal, as we will see in the following section, is that this maximum force would be pronounced not only in the black holes –like it could be seen by the similarity of (5) with the formula of the radius of Schwarzschild (7)– but that is the habitual form whereupon the force produced by the original energy of any luminous source modifies the space-time, doing it to vibrate, producing waves of "space-time" (something similar to gravitational waves) that transport the information of the original electromagnetic waves.

The equations (1), (6) and (9) say to us, in addition, that the matter-energy is not inserted independently within a space-time, but that the space-time is pronounced (for any observer) through the matter-energy. That is to say, extending what we have said at the beginning of the article respect the equation $l = ct$, a space-time without matter-energy cannot exist and viceversa.[8] The matter-energy is a manifestation of the space-time through @' ($E' = m = @'t = @'l'$).

[8]Según esto no tiene sentido preguntarnos que había antes del *big-bang*, porqué tampoco había tiempo ni espacio. O también podríamos decir que el universo siempre ha existido porqué, aplicando (6), el tiempo que pasa sin haber materia-energía es igual a cero.

3 The electromagnetic waves as space-time waves

Let us consider a plain monochrome electromagnetic wave (from the point of view of a harmonic wave in a x-axis):

$y_E(x,t) = E_0 sen(kx - wt)$

in SL can be put in the form:

$y'_E(x',t) = E'_0 sen 2\pi f(x' - t)$

where f is the frequency of the wave and E'_0 the amplitude (maximum value of the module of the electric field when the wave is produced).

The energy E'_E associated to a front of this wave E is:

$E'_E = k_0 E'^2_0 \qquad (10)$

where k_0 is a constant that depends on the permissivity ϵ_0 of vacuum by unit of volume.

The amplitude E'_0 of this wave (electric field[9]) degenerates and diminishes as it moves and therefore, theoretically, also would have to reduce its energy (fact that we know that it does not occur).

Another point of view of the energy of the electromagnetic wave, different, is that to be proportional to the energy that have their photons (hf). The energy of a front of wave with n photons will be equal to:

$E'_P = nh'f \qquad (11)$

This energy, because it only depends on the frequency, stays constant until it interacts with another electric field.

Our hypothesis is that, with the emission of an electromagnetic wave E, simultaneously "another" wave P is formed, with the same frequency, purely of vibration of space. The amplitude of this wave is the maximum contraction of the space, that we will call L'_0. When an electromagnetic wave is traveling, E'_0 (the electric field) degenerates and diminishes whereas L'_0 stays always constant through the years-light. This P wave is not properly a wave of vibration of the electromagnetic field but a wave that carries the "información" of the original electromagnetic wave. When this "space-time" wave approaches another electromagnetic field the electromagnetic field vibrations from the P wave appears, and acts like the original.

The energy expressed in (11) would be the energy of this P wave.

As we have said, our postulate is that the vibratory energy of the electromagnetic wave produces (through the maximum force constant @, equal for all the observers) a vibration of space, that is related through the equation (6):[10]

$$L'_0 = G'E'_P \qquad (12)$$

[9] And the equivalent perpendicular magnetic field

[10] In fact, more precisely, it would be not that the energy produces a vibration of space, but that the own vibration of space is the energy

and, therefore, with (11):

$$L'_0 = G'nh'f \qquad (13)$$

for a photon (n=1):

$$L'_{ph} = G'h'f \qquad (14)$$

traslating it to SI units –replacing the relations pointed in (4)– takes the form (for 1 photon):

$$L_{ph} = \frac{Ghf}{c^4} \qquad (15)$$

L_{ph} is, if our suppositions are correct, the amplitude of curvature vibration or the amplitude of the cycles of space compression-expansion corresponding to a photon of the electromagnetic wave. The modification of the space cannot be continuous but should be produced at intervals of L_{ph} meters. It is not that a photon produces the vibratory curvature of the space, but that the same periodic curvature of amplitude L_{ph} and frequency f is the photon. For a front of wave with n photons the amplitude of curvature (or sum of curvatures) is nL_{ph} meters.

See that the equation (15) can be put in the form:

$$W_{ph} = \frac{c^4}{G} L_{ph} = @L_{ph} = hf \qquad (16)$$

That is to say, the energy of the photon is equal to the work that the force of Planck –constant force for any observer and maximum for the universe– makes in curving or compressing the space L_{ph} meters, f times per second.

4 Appendix1: The dimensions length and time as cycles of the light

(English Addendum 16 May, 2005):

If we consider the dimensions of length and time as cycles of light, we could group these dimensions with the C symbol (C=L=T) (Cycles of light)

Then we could separate the main physical dimensions in three groups according to the exponent of C (1, 0 or -1):

Group A (C^1):
$C \equiv$ Length, time
$MC \equiv$ Planck constant h

Group B (C^0):
($C^0 \equiv$ Speed)
$M \equiv$ Mass, energy, moment, work

Group C (C^{-1}):
$C^{-1} \equiv$ Acceleration, frequency
$MC^{-1} \equiv$ Force, power, 1/G

All these dimensions can be divided or be multiplied by the dimension speed, in concrete the speed of the light c, without its dimension be altered:

As particular cases:
$1/G$, c/G, c^2/G, c^3/G, c^4/G, etc... have the same dimension (force)
m, mv, mc, mc^2, mc^3, etc... have the same dimension (energy)

(End of Addendum 16 May, 2005):

Como hemos dicho al principio del artículo las dimensiones longitud y tiempo las podemos considerar como dimensiones diferentes o bien, si las pensamos como ciclos de radiación, podríamos unificar su dimensión (el ciclo). ¿Cuales serían las consecuencias o interpretaciones físicas de pensar las dimensiones de longitud y tiempo únicamente como ciclos de la luz? En este caso dimensiones del tipo LT^{-1} o TL^{-1} serán adimensionales y las expresaremos con el símbolo %.

Este, de hecho, no es el objetivo de este artículo, por esto lo hemos incluido como un anexo, pero sí que será interesante pensar como se trasladaría esta nueva posibilidad dimensional a las diferentes magnitudes físicas, colocados ya en el sistema SL:

Velocidad (LT^{-1})(%) ($v' = v/c$): el módulo de v' toma el valor de 0 a 1 para cualquier observador, es simplemente un porcentaje respecto la velocidad de la luz. Por ejemplo $v' = 0.012$ representa una velocidad 1.2% de la luz ($v = 0.012c$). Podemos seguir pensando la velocidad como distancia por tiempo (LT^{-1}) o bien, según la equivalencia longitud tiempo comentada anteriormente, simplemente como un coeficiente o un porcentaje de una constante c ($LT^{-1} = TT^{-1} = \%$). El concepto velocidad tiene sentido en física respecto un observador o respecto un sistema de referencia. Pero en el universo cada punto imaginaria inercial podría ser (a la vez) un sistema de referencia!, la velocidad es una magnitud física propia de los observadores individuales, y más concretamente, de los seres vivos individuales de nuestro planeta. Por ejemplo, imaginémonos que aquella inteligencia de la que hemos hablado al inicio del artículo y con quién hemos de hablar de física, fuera una enorme criatura con millones de antenas de millones de kilómetros de longitud cada una, que se mueven aleatoriamente (sin que la criatura lo pueda controlar) con diferentes "velocidades" entre 0 i 1 y que se comunican con un tipo de fibra óptica con su cerebro; para esta criatura difícilmente le podríamos hacer entender qué significa el concepto velocidad de un objeto ya que cada antena le daría aleatoriamente un valor diferente y, estadísticamente, no habría ningún valor que predominara sobre los otros. Solo conoce una "velocidad", la de la luz, igual a 1.

Aceleración $(LT^{-2})(\%T^{-1})(a' = a/c)$: esta magnitud la podemos pensar como variación de la velocidad en el tiempo, pero también como variación de la velocidad en una longitud (de hecho esta segunda definición es incluso más intuitiva si pensamos en móviles que aceleran) o como variación de un porcentaje (respecto c) en un incremento de tiempo o longitud. Podemos considerar la aceleración con dimensiones usuales LT^{-2} o, usando la equivalencia longitud tiempo, dimensiones $(\%v)L^{-1}$ o $(\%v)T^{-1}$ ($\%v = \Delta\%$). La aceleración es invariante Galileo (la medida de la aceleración, sin contar efectos relativistas, es aproximadamente la misma para cualquier observador en un sistema inercial a no ser que éste se mueva a velocidades muy altas) [11] , estos observadores coinciden en medir el tiempo que dura la aceleración pero no los valores absolutos de las velocidades –aunque que sí su incremento–. Para un mismo incremento de velocidad lo que define la aceleración es el tiempo que dura o la longitud que recorre.

Volviendo al ejemplo de la criatura con antenas, sin considerar efectos relativistas, como que esta criatura puede contar los ciclos de la luz sin problemas, cada antena estaría de acuerdo con el tiempo que dura la aceleración de un objeto, aunque para él sería absurdo hablar de los valores iniciales y finales de la "velocidad" del objeto. Pero como que el incremento sí que sería el mismo para todas las antenas, la criatura sí que tendría el concepto de una mayor o menor aceleración. Para un mismo incremento de velocidad lo que define la aceleración es el tiempo que dura (o la longitud que recorre).

Fuerza $(MLT^{-2})(\%MT^{-1})(F' = F/c)$: esta magnitud es la "fuerza" que hemos de aplicar a una masa m para que adquiera una aceleración a. Tiene dimensiones de $m * a$, es decir MLT^{-2}, pero repitiendo lo dicho en la magnitud aceleración, la fuerza también la podemos considerar con dimensiones

[11] Solo depende del valor de $\gamma' = \frac{1}{\sqrt{1-v'^2}}$ (en SL) ($\gamma' = \gamma$), en ecuaciones según la relatividad especial dependiendo de la dirección relativa de movimiento.

$(\%v)ML^{-1}$ o $(\%v)MT^{-1}$. Es decir, dada una masa m, para un mismo incremento de velocidad, lo que define la fuerza es el tiempo que dura la aceleración o la distancia que recorre. Por ejemplo, pensando en $(\%v)MT^{-1}$, sin tener en cuenta efectos relativistas, si colocamos adecuadamente el observador o observadores en sistemas inerciales de manera que entre dos puntos a y b siempre se midan las mismas velocidades $v(a)$ y $v(b)$; lo que define la fuerza aplicada (entre a y b), para estos observadores, es el tiempo que tarda la masa en pasar de a a b. Un tiempo pequeño indica una fuerza grande y un tiempo grande indica una fuerza pequeña. Si el tiempo tiende a infinito, la fuerza tiende a cero (no hay fuerza para desplazar la masa). En SL podríamos escribir $F = \%v\ m/t$ (donde $\%v$ es un número entre 0 y 1, diferencia de velocidades (% respecto c) que aprecia cada observador). Se podría objetar que, si fuera verdad que cuando t tiende a infinito F tiende a cero, luego no podría existir la fuerza de la gravedad ya que ésta actúa indefinidamente, es decir t tiende a infinito. Ahora bien, según la interpretación covariante de la relatividad general, un objeto en un campo gravitatorio sigue una línea recta en el espacio curvo (geodésica) porqué ninguna fuerza actúa sobre ella.

Energía $(ML^2T^{-2})(\%^2M)(E' = E/c2)$
Momento $(MLT^{-1})(\%M)(p' = p/c)$
Con esta nueva visión dimensional, tanto la energía como el momento tienen dimensión de masa, todas tres magnitudes (masa, momento, energía) cumplen el principio de conservación, no se crean ni se destruyen, se transforman.

Constantes:
Sin entrar a fondo, un primer vistazo nos daría los siguientes resultados:
Constante de gravitación G $(M^{-1}L^3T^{-2})(\%^3M^{-1}T)(G' = G/c^3)$: Con esta nueva visión $1/G'$ tiene dimensiones de fuerza $(\%MT^{-1})$.
Constante de Planck h $(ML^2T^{-1})(\%^2MT)(h' = h/c^2)$: es decir h' tiene dimensiones de masa por tiempo o masa por longitud. El producto $h' * G'$ tendría dimensiones de longitud por tiempo $(\%^5T^2 = \%^5L^2 = \%^5TL)$ y el cociente h'/G' dimensiones de masa al cuadrado $(\%^{-1}M^2)$
Constante de Boltzmann k $(ML^3T^{-2})(\%^2MTQ)(k' = k/c^3)$: k' tiene dimensiones de h' por carga eléctrica.