the general science journal

MASA MÍNIMA Y MASA DEL FOTÓN

M. López-García
Pemex-Refinación, Refinería Francisco I. Madero
Cd. Madero, Tamaulipas, México
Email: mlgamx@yahoo.com.mx

El presente artículo es una explicación que define la diferencia entre una masa mínima y la masa del fotón, ya que avanzando en el uso del resultado de la masa mínima se hace notorio que la masa del fotón y la masa mínima son dos cosas diferentes, aunque están estrechamente ligadas y en un caso especial si son lo mismo. Las dificultades para diferenciar una de otra surgieron desde el inicio, ya que la velocidad de las dos es la misma "la velocidad de la luz", de ahí que a primera instancia se creará la confusión.
Aunque en el transcurso del artículo se hacen cálculos con la masa mínima y la masa del fotón, estos por supuesto son resultados que no tienen la debida comprobación y aceptación científica, sin embargo se hacen consideraciones con ellos obteniéndose aparentes beneficios, que incluso pueden ser considerados resultados curiosos, ya que dan la apariencia de comprobar a lo que yo llamo supersticiones científicas como son: el campo unificado o la fuerza de atracción gravitacional de un fotón, la superación de la velocidad de la luz, la unión de la mecánica cuántica con la relatividad, las dimensiones y demás, y por tales motivos surge la necesidad de elaborar este artículo que a continuación presento.

Antes de iniciar con las explicaciones que me permitan proponer algún resultado, me es necesario plantear una conjetura, sin la cual, y de no ser cierta, no se puede sostener la idea.

Tenemos que:

$$E = hf$$

Entonces para esta ecuación que debe ser cierta para los valores de f = 0, 1, 2, 3, n., y que normalmente toma valores muy altos en megahertz y más, pero que para un caso muy particular debo suponer que es permitido tomar el valor de f = 1, y si esto es cierto y si esto es permitido, entonces puedo encontrar el valor:

$$E = h$$

Aquí en este punto, me encontraría con el problema de las unidades de h que son $J \cdot s$, sin embargo mi entusiasmo me dice que puedo solucionar mi problema nombrando a esta cantidad como energía mínima, entonces me puedo encontrar con lo siguiente:

E = Emínima

Y esta energía mínima cuando f toma el valor de 1, debe ser igual a:

$$E_{mínima} = 6.626x10^{-34} J$$

Lamentablemente no tengo quien me pueda decir si este valor es correcto y por tal motivo debo continuar, aunque pueda estar arrastrando un error que derribaría cualquier resultado que pueda obtener.

He tenido muchos problemas al querer nombrar a este resultado como energía mínima e identificarlo con el siguiente símbolo:

$$E_{mínima} = \dot{h}$$

$$\dot{h} = 6.626x10^{-34} J$$

Este atrevimiento o quizás falta de conocimiento me ha generado incluso reclamos, ya que la constante de Planck tiene otras unidades, pero lo que yo trato de explicar es la energía mínima y trato también de no eliminar el símbolo que identifica al genio que propuso esta idea (Max Planck), por eso me empeño en identificarlo como:

$$E_{mínima} = \dot{h}$$

Para que lo anterior suceda se requiere que un electrón gane esa energía y brinque de órbita, cuando el electrón regrese a su órbita inicial devolverá la energía en exceso y emitirá un fotón con la energía mínima. Es difícil imaginar cómo podría suceder este evento en la realidad, sin embargo una ecuación propuesta por mí, me índica que de alguna forma se puede dar un evento donde se aplique el concepto de energía mínima, ya sea o no algo relacionado con los saltos cuánticos, pero se aplica la energía mínima. La ecuación es:

$$v = \sqrt{\frac{\dot{h}}{m}}$$

Que derivo de otra ecuación propuesta por mí para un posible movimiento vibratorio o en zig-zag de una partícula libre:

$$hf = mc^2 - mv^2$$

$$hf = mc^2(1 - \frac{v^2}{c^2})$$

Esta ecuación que propuse y que por supuesto no sé si sea verídica (yo no soy quien la puede autenticar) tiene aspectos, donde soy sincero, son misteriosos hasta para mí, ya que la busque para un movimiento vibratorio, pero analizándola detenidamente me da una explicación, por lo menos para mí, de algo que discutí vía correo electrónico con un especialista en relatividad y que soy sincero me aclaro muchos aspectos de la ciencia, que usaré y que en estos momentos ya estoy usando, cualquiera que me lea debe tener ciertas consideraciones y paciencia, ya que solo soy un Ingeniero Mecánico, podré fallar en muchos aspectos, pero creo que la brújula está bien orientada.

La relatividad especial habla de la dilatación del tiempo y esto es algo que entendí casi de manera intuitiva, no así con las partes más complejas de la relatividad especial y general, pero la dilatación del tiempo siempre me ha quedado clara y a mi manera de entender si la energía que se libera en una desintegración del Uranio, en una reacción atómica o nuclear es:

$$E = mc^2$$

Y que aparte se considera como la energía máxima interna o en reposo y que puede liberar una masa y que además este hecho está ampliamente comprobado, entonces ahora yo opino y si esta misma reacción se lleva a cabo dentro de una hipotética nave espacial viajando a una velocidad muy cercana a la de la luz ¿qué sucede?, trato de explicar que a la reacción nuclear le llevará un tiempo para realizarse y que en el caso de la nave ese tiempo estará dilatado, ahora si la nave finalmente llegara a tocar el valor de la velocidad de la luz, entonces ahora ¿se podría llevar a cabo la reacción que provocaría la liberación de energía? $E = mc^2$, ya que el tiempo se ha dilatado al infinito. Sin hacer análisis ni cálculos en este momento pienso que la liberación de la energía máxima podría tomar la forma:

$$E = mc^2(1 - \frac{v^2}{c^2})$$

Analizando un poco a lo que sucede con la teoría de la relatividad especial es que siempre toma un valor de referencia cero que es referido al estado de movimiento en que se efectué el análisis, pero no hay forma de pensar que sucedería si nos fuéramos hacia atrás, es decir que saliera en sentido contrario al movimiento y con una velocidad igual a la que se viajaba, en realidad no regreso al cero de referencia en cuanto a velocidad, ya que para hacer esto necesitaría identificar el punto de donde partí y al llegar a él necesitaría frenarme para estar nuevamente en el cero de referencia, entonces si mis intenciones fueran llegar a ceros de referencia en cuanto a estados de

movimiento lo único que puedo hacer es frenar y ahora si quiero encontrar otro cero de referencia, entonces debería volver a frenar, pero ahora considerando que el cero de referencia en el cual me encuentro se encuentra en movimiento con respecto a otro cero de referencia, espero y no esté revolviendo las cosas, pero el fenómeno sería algo así.

Cada vez que uno frena se manifiesta una sensación de vibración, de alguna forma, un ejemplo cuando frenas bruscamente un carro, sentirás la inercia y una vibración que dependiendo de la intensidad de la frenada podrías llegar a sentir que en algún momento hasta trata de brincar el vehículo (estoy exagerando, pero es para ejemplificar el fenómeno), entonces lo opuesto a las ecuaciones de la relatividad especial que tienen que ver con la velocidad es una especie de vibración, que ahora yo podría entender que si alguien insinuará encontrar el cero absoluto, es decir el reposo total, entonces se encontraría con esto:

$$E = mc^2(1 - \frac{v^2}{c^2})$$

Y al tocar la velocidad cero v = 0, entonces:

$$E = mc^2$$

Y enlazándola con el movimiento vibratorio esto también sería igual a:

$$hf = mc^2(1 - \frac{v^2}{c^2})$$

Que en el caso de velocidad cero v=0, nos quedaría:

$$hf = mc^2$$

Con esto se trata de decir que en el reposo absoluto seríamos radiación pura desplazándose a la velocidad de la luz y que nada en reposo puede ser materia como tal, para que esto suceda debe existir una velocidad, no el reposo absoluto.

Si existió una gran explosión y que tal vez ahí hubo un reposo absoluto, tal vez se cumplió esta ecuación:

$$hf = mc^2(1 - \frac{v^2}{c^2})$$

$$hf = mc^2$$

Ahora imaginemos un rayo laser, tal vez de color violeta y que lo coloco en un dispositivo con ruedas, en el reposo de referencia el rayo laser es violeta, ¿qué le sucederá cuando incremente su velocidad?, para esto tendremos que modificar un poco la ecuación:

$$hf = hf_{inicial}(1 - \frac{v^2}{c^2})$$

$$f = f_{inicial}(1 - \frac{v^2}{c^2})$$

El laser debe estar colocado de forma perpendicular al movimiento y entonces veremos que el rayo sale con un cierto ángulo que va en aumento a medida que se incrementa la velocidad, de ahí que podemos ver que es lo que pasa:

$$f = f_{inicial}(1 - \frac{v^2}{c^2})$$

Según la ecuación el rayo laser irá disminuyendo su frecuencia, con lo cual también cambiará de color: azul, verde, amarillo, naranja, rojo, infrarrojo, hasta que al llegar a la velocidad de la luz, entonces ya no emitirá radiación.

Para encontrar la ecuación se tiene que hacer un triángulo rectángulo teniendo como hipotenusa a la velocidad de la luz, que es la velocidad del rayo, uno de los catetos, el que se encuentra sobre la línea del desplazamiento será la velocidad del dispositivo con ruedas que transporta al laser y el otro cateto será el perpendicular al movimiento y que hará que varíe la frecuencia para que se cumpla que el rayo siempre viajara a la velocidad de la luz.

Todo este mareo lo hago porque trato de explicar que la ecuación:

$$hf = mc^2(1 - \frac{v^2}{c^2})$$

Es correcta y que cuando la velocidad v sea cero v = 0

$$hf = mc^2$$

Ahora solo tengo que invocar a un caso especial cuando la masa sea tan pequeña que ocurra que la f pueda tomar el valor de 1, f = 1 y entonces:

$$\dot{h} = mc^2$$

Pueda yo calcular el valor de esa masa mínima que en algún momento llame la masa del fotón, pero que ahora con una base más completa tendré que redefinir y decir que existe una masa mínima, de la cual están formadas las masas de los fotones, sin que esto espante a los lectores porque en verdad que así es, de acuerdo a mi teoría como lo explicaré a continuación.

Aunque antes de explicar quiero mostrar como el valor de la masa mínima me ha dado grandes satisfacciones al aplicarlo:

$$\dot{h} = mc^2$$

$$m = \frac{\dot{h}}{c^2}$$

Por ejemplo si yo intuyo que cualquier masa, está en realidad formada por masas mínimas, entonces al dividir la masa entre la masa mínima me dará un número entero positivo muy grande, pero nunca será fraccionario, entonces:

m = masa cualquiera

masa mínima = $\frac{\dot{h}}{c^2}$

$$\frac{m}{\frac{\dot{h}}{c^2}} = \frac{mc^2}{\dot{h}}$$

Por lo tanto el número de masas mínimas que constituyen a cualquier trozo de materia será igual a:

$$n = \frac{mc^2}{\dot{h}}$$

A mí en lo particular me sorprende este resultado y se me hace lógico, ya que nos dice que el número de masas mínimas es igual a la máxima energía que se puede obtener con ese trozo de materia entre la energía mínima que puede existir.

Otra ocasión en la cual considero use de forma correcta la masa mínima que en aquel momento mencione como la masa del fotón, es cuando trate de calcular la fuerza de atracción gravitacional que resiente un fotón:

$$F = G\frac{M_1 M_2}{r^2}$$

$$M_1 = \frac{\dot{h}}{c^2}$$

$$F = G\dot{h}\varepsilon_0\mu_0\frac{M_2}{r^2}$$

Creo que está por demás decirlo, me latió el corazón cuando vi el producto de cuatro constantes juntas sin coeficientes y sin nada que las estorbara, por estos motivos creo que usar el valor de la masa mínima es un arma poderosísima que normalmente te dará resultados sorprendentes.

En el año 2008 que fue cuando me encontré con la masa mínima, creí había hallado la masa del fotón porque la condición que yo buscaba era la masa de una partícula que viajará a la velocidad de la luz, como se ve:

$$v = \sqrt{\frac{\dot{h}}{m}}$$

Entonces lo lógico fue pensar que se trataba del fotón, pero ahora he descubierto que no y esta sospecha comenzó cuando trate de calcular la temperatura del sol, usando por supuesto el valor de la masa mínima, ahí yo imagine esferas de radiación que se desplazaban o se alejaban del centro del sol a la velocidad de la luz y que estas esferas poseían masa, por tal motivo las esferas estarían formadas de pequeños mosaicos cuyas masas serían las masas mínimas y al sumar todas las masas mínimas de las cuales estuviera formada la esfera, entonces esa sería la masa total de la esfera, un ejemplo burdo a esto sería la forma en que está construido un balón de futbol. Por tal motivo realice lo siguiente:

Masa del fotón = $m = \frac{\dot{h}}{c^2} = \dot{h}\varepsilon_0\mu_0$

Masa de la esfera = $M = \frac{n\dot{h}}{c^2}$

$\dot{h}$ = Energía mínima = $6.626x10^{-34}J$

$n =$ Número de fotones

Como las esferas van creciendo a medida que se separan de la fuente emisora y la masa se debe mantener constante, entonces podremos decir que existe una densidad de área o superficie para esa masa, la cual podremos expresar de la siguiente forma:

$$\frac{M}{A} = \frac{\dot{n}h}{Ac^2}$$

Más bien expresado, como una superficie:

$$\frac{M}{S} = \frac{\dot{n}h}{Sc^2}$$

$$\frac{M}{S} = \frac{\dot{n}h}{4\pi r^2 c^2}$$

Las esferas que estamos representando también mantienen una temperatura y esta temperatura, depende del tamaño de la esfera y por consecuencia del radio de la misma o lo que es lo mismo, de la distancia a que se encuentren del origen, por tal motivo la relacionaremos con la constante de Stefan-Boltzmann que es la siguiente:

$$\sigma = 5.67x10^{-8} \frac{W}{m^2 \circ K^4}$$

Ahora, notamos que el valor de $n\dot{h}$ corresponde a un valor de energía, por tal motivo si lo dividimos entre el tiempo, obtendremos un valor de potencia, de tal forma obtenemos:

$$\frac{M}{tS} = \frac{\dot{n}h}{4\pi r^2 tc^2}$$

$$\frac{\dot{M}}{S} = \frac{P}{4\pi r^2 c^2}$$

Donde:

$$\frac{M}{t} = \dot{M}$$

$\dot{M} =$ flujo másico o flujo de masa

$$P = \frac{\dot{n}h}{t}$$

$P =$ Potencia = energía/tiempo

Entonces:

$$\frac{\dot{M}c^2}{S} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Y volviendo a la constante de Stefan-Boltzmann, podemos decir que:

$$\sigma T^4 = 5.67x10^{-8} T^4 = \frac{W}{m^2}$$

Lo cual nos indica, que en función de la temperatura este producto nos dará: $5.67x10^{-8} T^4 = \frac{W}{m^2}$, esto es una ley y por tal motivo, se puede escribir lo siguiente:

$$\sigma T^4 = \frac{\dot{M}c^2}{S} = \frac{P}{4\pi r^2} = 5.67x10^{-8} T^4 = \frac{W}{m^2}$$

$$\frac{\dot{M}c^2}{S} = 5.67x10^{-8} T^4 = \frac{W}{m^2}$$

En consecuencia:

$$\sigma T^4 S = \dot{M}\, c^2$$

$$T^4 = \frac{\dot{M}c^2}{4\pi\sigma r^2}$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{\dot{M}c^2}{4\pi\sigma r^2}}$$

Datos extraoficiales encontrados en la red nos dan un valor para la masa que pierde el Sol por segundo de aproximadamente 4,300,000,000 kg/s, también sabemos que el radio del Sol es: 696,000,000 metros, si sustituimos estos valores en la anterior ecuación tenemos:

$$T = \sqrt[4]{\frac{4{,}300{,}000{,}000 kg/s \bullet c^2}{4\pi\sigma(696{,}000{,}000 m)^2}}$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{\dot{M}c^2}{4\pi\sigma r^2}} = 5784.51°K = 5511.36°C$$

¡Está sería la temperatura de la superficie del Sol!, un resultado que se acerca a la realidad de las cosas, aunque todavía podemos hacer otra comprobación, calculando la temperatura que debe manifestarse en la parte exterior de la atmósfera de la Tierra, que se encuentra a una distancia media del Sol de: 149,597,871,000 metros, entonces al sustituir en la ecuación obtendremos:

$$T = \sqrt[4]{\frac{4{,}300{,}000{,}000 kg/s \bullet c^2}{4\pi\sigma(149{,}597{,}871{,}000 m)^2}}$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{\dot{M}c^2}{4\pi\sigma r^2}} = 394.55°K = 121.4°C$$

¡Este resultado también es congruente con la realidad!, e independientemente de que sean resultados ya existentes y comprobados, lo notorio en este caso es que se tomo como base la masa del fotón para el cálculo de la fórmula, además que dentro de los cálculos se ha asomado la simpática igualdad:

$$P = \dot{M}\, c^2$$

Como se ve use nuevamente la supuesta masa del fotón, pero algo quedo al descubierto, ya que a raíz de esto comenzó la revisión para el cambio de nombre entre la masa del fotón y la masa mínima.

Las dudas fueron que la cantidad de masa se tenía que relacionar con la temperatura, aparte de que la temperatura está directamente relacionada con la superficie, por tal motivo una masa única para identificar a un fotón no es correcta, lo correcto sería identificarla como masa mínima, ya que si el sol fuera más caliente, esto requeriría de más masa en la misma superficie, es decir más masas mínimas acomodadas en la misma superficie.

Tomando como ejemplo dos rayos laser de la misma intensidad, pero de diferente color y con el mismo diámetro, podemos decir que alguno de los rayos es más caliente que otro o viceversa uno es más frío que otro, ahora poniéndolo color al asunto un rayo laser azul es más caliente que un rayo laser rojo de la misma intensidad porque el laser azul en su frente (en su perfil digamos redondo, cuadrado, irregular, etc.) contienen más masas mínimas que

el laser rojo, con esto estoy diciendo que el fotón azul contiene más masas mínimas que el fotón rojo, es decir el fotón azul tiene más masa que el fotón rojo, ahora el frente de un rayo podría estar formado de un fotón o más y entonces ¿qué masa tiene un fotón?, la respuesta es:

$$m = \frac{\dot{n}h}{c^2} = \frac{hf}{c^2}$$

Y la masa mínima será:

$$m_{mínima} = \frac{\dot{h}}{c^2}$$

Ahora me permitiré tocar un tema de moda, el asunto del neutrino, que todo mundo ahora se encuentra con la noticia de que viaja a mayor velocidad que la luz y de que tiene masa, para tocar este punto volveré a la ecuación que llevó al resultado de la masa mínima:

$$v = \sqrt{\frac{\dot{h}}{m}}$$

En esa ecuación se ve que pueden existir partículas que posean una masa inferior a la masa mínima y que viajaran a mayor velocidad que la luz y ustedes me dirán, cómo puedes hablar de una masa inferior a la masa mínima que tú ya estas estableciendo, el asunto aquí es delicado, ya que tendríamos que hablar de dimensiones, aunque suene loco y la masa mínima de la que hemos hablado es la masa mínima para esta dimensión y de la cual está formada toda la materia de esta dimensión, pero la masa mínima que supere a la velocidad de la luz será una partícula que forme a toda la materia en otra dimensión, tal vez superior, por tal motivo como en esa dimensión superior puede igual haber rayos de distintas frecuencias y colores, entonces la masa de los neutrinos que hallen deberán tener una masa que sea un múltiplo entero positivo de la masa mínima calculada para esa dimensión, en este caso del experimento que se realizo en Gran Sasso se sabe la velocidad, entonces se puede calcular una masa mínima y de ahí que la masa que obtengan para el neutrino deberá ser un múltiplo entero positivo de la masa mínima calculada con esa velocidad.

Ahora me permitiré tocar un punto delicado, pero del cual no llegaré a intentar determinar nada, sólo lo explicaré porque creo puede ser interesante, me refiero a la dilatación de la masa de la teoría especial de la relatividad:

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

En un intento por sugerir que algo con masa podría acercarse a la velocidad de la luz, me permito plantear lo siguiente:

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

Es decir que una masa inicial al adquirir velocidad y dilatar su masa, pueda perder algo de masa para lograr que su masa original no se dilate tanto o inclusive que se mantenga constante:

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

Ahora me permito dar otro paso al sugerir que la masa que se pierde puede ser la masa mínima o un múltiplo de esa masa mínima o tal vez la masa de un fotón, lo que quiero decir es que una masa al acelerar de una velocidad cero a una velocidad mínima que pueda alcanzar puede emitir radiación y eso podría ser una pérdida de masa.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - \frac{\dot{h}}{c^2}$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - \frac{\dot{nh}}{c^2}$$

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

Ahora de la última expresión que podría tomar como la más general:

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

Y solo en el caso que yo pidiera que la masa m fuese igual a la masa m_0 quedaría:

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

Pero regresando a la anterior:

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

En este caso la radiación hf depende del valor de la velocidad v, que yo solo podría asegurar se cumple para un valor de velocidad mínima, es decir el primer valor que se pueda tomar de v, después de la velocidad 0 y la masa m, no tengo manera de calcularla, solo puedo expresar una forma de ecuación, que estaría en espera de determinar valores.

Si yo quisiera ir más adelante con algo más general, tal vez se complicaría el asunto, porque la primera dilatación de la masa sencillamente sería:

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

Pero una segunda dilatación de la masa, creo podría ser algo así:

$$m = \frac{\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}} - \frac{hf_1}{c^2}}{\sqrt{1-\frac{v_2^2}{c^2}}} - \frac{hf_2}{c^2}$$

$$m = \frac{m_0}{\left(\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}\right)\left(\sqrt{1-\frac{v_2^2}{c^2}}\right)} - \frac{hf_1}{c^2\sqrt{1-\frac{v_2^2}{c^2}}} - \frac{hf_2}{c^2}$$

Hasta aquí me detengo, la ecuación se complica y tengo la fe ciega en que cuando algo se complica, puede estar mal, aunque tal vez en el futuro la retome porque siento que es posible simplificarla.

Retomando lo que ahora considero como la masa del fotón, quiero enfatizar lo que expresa la ecuación:

$$hf = mc^2$$

$$m = \frac{hf}{c^2}$$

Esto indica que cuando la materia se desintegra y se convierte en radiación emite pues energía hf:

$$E = mc^2$$

$$E = hf$$

Si quieren pueden pensar que estoy buscando una equivalencia en masa perdida para una masa mayor, es decir es la fracción de masa que se desprende de una masa mayor y que se convierte en energía hf y por eso sucede que:

$$hf = mc^2$$

Y me tiene que dar un valor para la masa de ese fotón que se emite.

Ahora para la ecuación:

$$hf = mc^2(1 - \frac{v^2}{c^2})$$

Aquí si se refiera a la masa total y es la forma en que poco a poco va perdiendo masa en forma de radiación una partícula, pero en este momento tengo que decir algo, esta radiación es una especia de energía potencial que puede liberar una partícula como máxima, cuando de la velocidad que lleva es frenada y llevada repentinamente a cero, es decir debe existir una desaceleración y para que se manifieste una radiación debe existir una aceleración o desaceleración, es decir:

$$hf_1 = mc^2 - mv_1{}^2$$

$$hf_2 = mc^2 - mv_2{}^2$$

$$hf_2 - hf_1 = mc^2 - mv_2{}^2 - mc^2 + mv_1^2$$

$$h(f_2 - f_1) = mv_1{}^2 - mv_2{}^2$$

Aunque esto es algo que no me convence del todo y posiblemente habría que considerar otras cosas en la ecuación, pero de estar bien, entonces habría que empatarla en algún momento con:

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

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

Tal vez para definir los valores de m y de v de estas últimas ecuaciones.

Finalmente espero no haber mareado o aburrido a los lectores con todo este revoltijo, pero era necesario explicar todas estas cosas, aunque haya entrado en algún desorden y por último mencionaré las ventajas que se obtienen considerando la existencia de una masa mínima:

1.- La radiación electromagnética es un flujo de masa y por lo tanto no requiere de un medio (éter) para su desplazamiento.

2.- La dilatación de la masa se puede contrarrestar considerando que se puede perder masa por emisión de radiación electromagnética, lo cual haría más livianas a las partículas y se podrían acercar o tal vez tocar la velocidad de la luz cuando se hicieran tan ligeras como la masa mínima.

3.- Las partículas pueden perder o ganar masa al absorber o emitir radiación.

4.- Es posible superar la velocidad de la luz con una masa inferior a la masa mínima que forma a la materia de esta dimensión.

5.- Sería más fácil visualizar un campo unificado, ya que la masa mínima es en sí el producto de tres constantes:

$$m = \frac{\dot{h}}{c^2} = h\dot{\varepsilon}_0 \mu_0$$