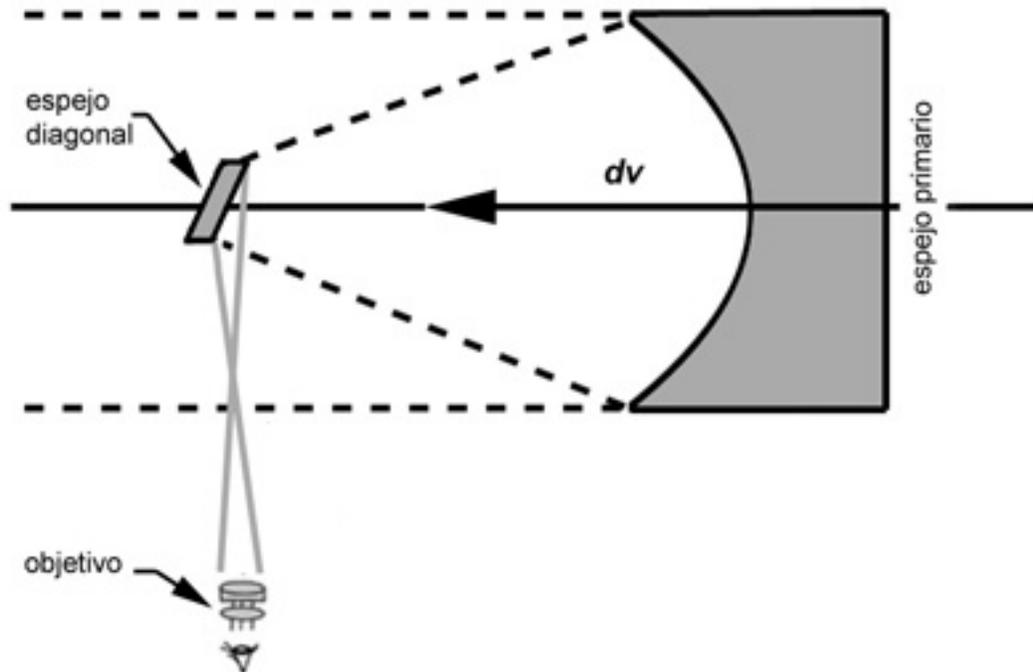


DEDUCCIÓN DE LA FÓRMULA DEL EFECTO DOPPLER COMPLETO USANDO UN TELESCOPIO REFLECTOR NEWTONIANO

ALBERT ZOTKIN

RESUMEN. En este corto artículo se ofrecerá una deducción de la fórmula del efecto Doppler Completo en el marco de la Relatividad Galileana, y se comparará dicho formalismo con el usado en la Teoría de la Relatividad Especial de Albert Einstein.

Consideremos un telescopio reflector newtoniano, por el que entra luz procedente de una fuente emisora que se aleja inercialmente por la misma línea de visión. La luz que refleja el espejo parabólico primario posee una frecuencia f , la cual, por el efecto Doppler, es menor que la frecuencia original que emite la fuente. Aceleremos ahora un diferencial de velocidad dv el espejo parabólico primario hacia el espejo central diagonal.



Eso significa que el espejo central diagonal está reflejando ahora luz hacia el objetivo con una frecuencia ligeramente mayor a f , es decir, esa frecuencia será $f' = f + df$. Por lo tanto podemos escribir la siguiente ecuación diferencial y hallar su solución:

$$(1) \quad f + df = f \left(1 + \frac{dv}{c} \right)$$

$$(2) \quad f + df = f + \frac{f dv}{c}$$

$$(3) \quad df = \frac{f dv}{c}$$

$$(4) \quad \frac{df}{f} = \frac{dv}{c}$$

$$(5) \quad \ln \left(\frac{f}{f_0} \right) = \frac{v}{c}$$

$$(6) \quad f = f_0 \exp \left(\frac{v}{c} \right)$$

con lo cual hemos hallado la fórmula del Doppler completo.

En la ecuación diferencial inicial he usado la fórmula del efecto Doppler de primer orden de aproximación, es decir la clásica no relativista. Es importante recalcar que cuando se integra un diferencial de velocidad lo que se está haciendo es sumar infinitas cantidades infinitamente pequeñas, es decir, en el proceso de integración se está acelerando constantemente al sistema material, y al final de la integración el sistema material aceleró desde 0 hasta v ,

$$(7) \quad \int \frac{dv}{c} = \frac{1}{c} (dv + dv + dv + \dots) = \frac{v}{c}$$

Alguien que se suponía entendido en la materia alegó que usar dicha fórmula de primer orden de aproximación para deducir una fórmula de Doppler completo no es correcto, porque desde ella no es posible hallar ninguna fórmula que posea los infinitos órdenes. Por supuesto, dicha persona está muy equivocada al respecto. Ya Euclides demostró que es posible aproximarse al área de un círculo mediante rectángulos con la longitud de uno sus lados siendo un infinitesimal. En esta deducción, se aplica algo muy similar y que está en la naturaleza de la propia definición de integral. De hecho la solución hallada vemos que es un área. Dicha área es precisamente $\beta = v/c$, que se corresponde con el área $\ln(f/f_0)$. Después vino otro supuesto entendido en la materia y afirmó que yo estaba muy confundido, porque lo que en esa fórmula aparece como $\beta = v/c$ es en realidad una rapidez (rapidity). Esta persona me indicó que lo que yo llamo velocidad es en realidad una velocidad hiperbólica, tal y como está definida en la teoría de la relatividad especial de Einstein. Efectivamente, la velocidad hiperbólica de la relatividad especial, que también se llama celeridad, es igual a la rapidez multiplicada por c . Efectivamente, si sustituimos $\beta = v/c$ en la exponencial que he hallado la por la rapidez, $\theta = \tanh^{-1} \beta$, obtenemos la famosa fórmula relativista del Doppler, $f = f_0 \sqrt{(1 + v/c)/(1 - v/c)}$. Pero, a este último supuesto experto en la materia le dije que, puesto que yo no estaba usando la relatividad especial, sino la relatividad Galileana, no hay confusión posible, por lo tanto la velocidad v , se postula como una velocidad real, y nunca como una velocidad hiperbólica. Todos esos supuestos entendidos en la materia intentan refutar la fórmula del Doppler Completo hallada arriba, afirmando que los experimentos validan todos la relatividad especial pero invalidan la fórmula que yo hallé. Eso que afirman, es, por supuesto, una gran mentira. Lo dicen únicamente porque se dejan influenciar por su primera impresión de que yo debo de estar confundidísimo y la relatividad especial tiene que seguir siendo la mejor y más testada teoría al respecto. Pero si comparamos las expansiones en series de potencias (series de Taylor) en ambas fórmulas, tenemos:

$$(8) \quad \frac{f}{f_0} = \exp \left(\frac{v}{c} \right) = 1 + \frac{v}{c} + \frac{v^2}{2c^2} + \frac{v^3}{6c^3} + \frac{v^4}{24c^4} + \dots$$

$$(9) \quad \frac{f}{f_0} = \sqrt{\frac{1 + v/c}{1 - v/c}} = 1 + \frac{v}{c} + \frac{v^2}{2c^2} + \frac{v^3}{2c^3} + \frac{3v^4}{8c^4} + \dots$$

Es decir, se necesitaría un experimento que pudiera discriminar ambas predicciones con una precisión tal que llegara hasta el tercer orden de aproximación, pero eso no es posible realizarlo con la tecnología actual. La precisión actual en los tests experimentales sólo llega hasta el segundo orden, $v^2/2c^2$.

Corollary 0.1. *Es fácil deducir el momento de una partícula desde el efecto Doppler:*

$$(10) \quad \mathbf{p} = \frac{m\mathbf{c}}{2}(\mathbf{D}(v/c) - \mathbf{D}(-v/c))$$

esta ecuación genérica del momento se cumple siempre para cualquier factor Doppler de cualquier teoría. Donde $\mathbf{D}(v/c)$ es un vector en la dirección del movimiento de la partícula. El factor Doppler Completo arriba deducido es $\mathbf{D}(v/c) = \exp(v/c)$, por lo tanto, el momento que se deduce desde ese factor Doppler es:

$$(11) \quad \mathbf{p} = m\mathbf{c} \sinh\left(\frac{v}{c}\right)$$

De igual forma, la energía total de una partícula deducida desde el Doppler saldría de la ecuación genérica:

$$(12) \quad E = \frac{mc^2}{2}(\mathbf{D}(v/c) + \mathbf{D}(-v/c))$$

Por lo tanto, tenemos:

$$(13) \quad E = mc^2 \cosh\left(\frac{v}{c}\right)$$

También es fácil ver que para el caso de la relatividad especial, tendríamos $\mathbf{D}(v/c) = \sqrt{(1+v/c)/(1-v/c)}$. Por lo tanto, después de algunas manipulaciones algebraicas obtenemos $E = mc^2\gamma$ y $p = mv\gamma$, donde γ es el factor de Lorentz.

Y por supuesto, también es fácil ver que las ecuaciones genéricas de arriba satisfacen la relación $E^2 - c^2p^2 = m^2c^4$, si la función genérica $\mathbf{D}(v/c)$ posee la propiedad $\mathbf{D}(v/c)\mathbf{D}(-v/c) = 1$, propiedad que debe poseer todo factor Doppler que pretenda no ser inconsistente con el efecto físico que modela.

Corollary 0.2. *El siguiente ejercicio me lo planteó **amarashiki**, en una discusión dentro de un thread del blog **Francis (th)E mule Science's News**, con la malsana intención de refutar definitivamente el modelo que yo propongo:*

Exercise 0.3. calcula, usando TU definición de energía y momento, la energía mínima y la energía cinética mínima para crear un par protón antiprotón en la colisión de un protón A con un protón B en reposo. Nota, no puedes usar la definición relativista de energía $E = m\gamma c^2$ ni $p = m\gamma v$, sino que tienes que usar tus ecuaciones, a saber $E = mc^2 \cosh(v/c)$ y $p = mc \sinh(v/c)$. Yo ya he hecho los cálculos. En relatividad especial sale que la energía mínima es $7mc^2$ (donde m es la masa del protón), y la energía cinética mínima es $6mc^2$. En tu teoría con TUS definiciones de energía y momento, antes escritas, yo digo que es IMPOSIBLE la creación de pares. Como la creación de pares se observa experimentalmente, entonces tu teoría es un cuento chino. Refútame, si puedes... Con ecuaciones...

Lo que sigue fue lo que yo le contesté: Este ejercicio lo voy a resolver primero usando un sistema de referencia centrado en el centro de masas de los dos protones, por lo tanto el momento total será nulo. Primero voy a calcular suponiendo que la reacción creará un pión, π^0 , con todas las partículas finales en reposo tras la colisión, (p, p, π^0) . Usando mi modelo, la energía total del sistema será:

$$E = 2mc^2 = 2m_p c^2 + m_\pi c^2$$

donde

$$m = m_p \cosh(v/c)$$

por lo tanto para la creación de ese π^0 la velocidad de aproximación de cada protón hacia el centro de masas debe ser de

$$v = c \cosh^{-1} \left(1 + \frac{m_\pi}{2m_p} \right)$$

Y como en mi modelo las velocidades se suman trivialmente como suma de vectores, tenemos que la velocidad, v' , de aproximación de uno de los protones en el sistema de referencia donde el otro protón está en reposo sería de

$$v' = v + v = 2c \cosh^{-1} \left(1 + \frac{m_\pi}{2m_p} \right)$$

Esto sería para la reacción que crea un pión, $p + p \rightarrow p + p + \pi^0$. Y es muy fácil ver ahora que la reacción que crea un par protón-antiprotón, $p + p \rightarrow p + p + p + \bar{p}$, debe implicar una velocidad de aproximación de un protón hacia el otro de:

$$v' = 2c \cosh^{-1} \left(1 + \frac{2m_p}{2m_p} \right) = 2c \cosh^{-1}(2) = 2,63392c$$

Lo cual significa que la energía cinética mínima será

$$E_k = m_p c^2 (\cosh(2,63392) - 1) = 6m_p c^2$$

Y la energía total mínima será de

$$E = m_p c^2 \cosh(2,63392) = 7m_p c^2$$

Traducido al modelo de la SR, donde la constante c juega el rol falso de una velocidad límite, que no puede ser superada por nada, tendríamos una velocidad de

$$v'' = \tanh(2,63392)c = 0,989743c$$

Ese es el engaño que la SR logró colar a toda la física desde hace más de un siglo. Creer que las partículas no pueden superar la velocidad c , cuando de hecho esa velocidad es superada rutinariamente en cualquier acelerador de partículas, incluso en los muones creados por rayos cósmicos en la atmósfera terrestre. Para perpetrar ese engaño, la SR ideó efectos como la dilatación del tiempo, o la contracción de las longitudes, o el más absurdo aún de la relatividad de la simultaneidad de eventos, y trampas teóricas como la convención de Einstein para la sincronización de dos relojes en reposo muy alejados.

Corollary 0.4. Veamos cómo la dilatación del tiempo, que se afirma haberse testado con éxito en los muones de rayos cósmicos, es en realidad una gran falacia. Los muones poseen una vida media de $2,19703(4) 10^{-6}$ s. Pero entonces un muón creado en las altas capas de la atmósfera terrestre no tendría suficiente tiempo de llegar a ser detectado en la superficie terrestre, incluso viajando a velocidad de c , o como mucho solo sería detectada una cantidad muy pequeña de muones, la cual no se correspondería con lo que se observa. El razonamiento mainstream es que los muones deben poseer velocidades relativistas muy altas, pero nunca superlumínicas, es decir esos muones deben tener velocidades del orden de $0.999c$, o más cerca de caún. Según la SR, a esas velocidades tan cercanas a c , existe una significativa dilatación del tiempo propio del muón, con lo cual su vida media se prolongaría exactamente la cantidad necesaria de tiempo para observar lo que es observado. Se puede comprobar fácilmente que eso es una falacia. Lo que sucede realmente es que los muones conservan constante su vida media de $2,19703(4) 10^{-6}$ s, pero sus velocidades son superiores a c . Veamos con más números por qué es una falacia la interpretación de la SR afirmando que lo que se observa

es debido a una dilatación del tiempo. Supongamos que un muón posee, cuando es creado en altas capas de la atmósfera, una energía total de $E = 20$ GeV. Entonces con esa energía es muy fácil calcular cuál debe ser la velocidad de un muón, pues

$$(14) \quad E = mc^2 \cosh\left(\frac{v}{c}\right)$$

$$(15) \quad v = c \cosh^{-1}\left(\frac{E}{mc^2}\right)$$

y como la energía en reposo de un muón es $E_0 = mc^2 = 105,658367(4)$ MeV, tenemos que

$$(16) \quad v = c \cosh^{-1}\left(\frac{20 \times 10^9}{105,6 \times 10^6}\right) = 5,93697c \approx 6c$$

O sea, los muones con energía 20 GeV creados en las altas capas de la atmósfera llegan a los detectores en la superficie a tiempo porque poseen una velocidad de unas ¡seis veces la velocidad de la luz!. Esto demuestra también, irrefutablemente que los neutrinos muónicos, resultado de la desintegración de muones, medidos en el experimento OPERA viajaron realmente a velocidades superlumínicas, aunque, como he demostrado de forma fehaciente, es más que evidente que los formalismos de la SR enmascaran esa realidad.

Corollary 0.5. Podemos ver que la ecuación diferencial desde la cual se podría integrar el Doppler relativista de la Relatividad Especial sería,

$$(17) \quad \frac{df}{f} = \frac{dv}{c(1 - \frac{v^2}{c^2})}$$

con lo que si integramos tenemos,

$$(18) \quad \ln\left(\frac{f}{f_0}\right) = \tanh^{-1}\left(\frac{v}{c}\right)$$

$$(19) \quad \ln\left(\frac{f}{f_0}\right) = \frac{1}{2} \ln\left\{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}\right\}$$

$$(20) \quad f = f_0 \sqrt{\frac{1 - \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}}}$$

El problema de esta ecuación de la Relatividad Especial reside en el hecho de que no está del todo claro de qué situación física o condición inicial podríamos plantear tal ecuación diferencial para que la deducción tuviera consistencia no sólo matemática sino física. De todas formas, intentemos profundizar un poco más en esta última relación. Vemos que al integrar la ecuación diferencial obtenemos $\ln\left(\frac{f}{f_0}\right) = \tanh^{-1}\left(\frac{v}{c}\right)$, y vemos que esa arcotangente hiperbólica es precisamente la definición de rapidez (rapidity en inglés). O sea,

$$(21) \quad \theta = \tanh^{-1}\left(\frac{v}{c}\right)$$

Y eso significa que es un diferencial de rapidez $d\theta$, de tal forma que al integrar

$$(22) \quad d\theta = \frac{dv}{c(1 - \frac{v^2}{c^2})}$$

obtenemos la rapidez θ . Y este corolario demuestra que en la fórmula de Doppler Completo que deduje arriba no se confunde ninguna velocidad con la velocidad hiperbólica, ni ninguna con la rapidez, porque se ve claramente que esta última posee su propia ecuación diferencial.

1. CONCLUSION

Mediante esta deducción de la **fórmula del efecto Doppler Completo** podemos apreciar cómo la Teoría de la Relatividad Galileana equipada con este formalismo ya no puede admitir correcciones relativistas que provengan de la Relatividad Especial, pues por sí misma parece capaz de modelar energías y momentos completos en marcos inerciales de referencia. La única objeción que podría argumentarse en contra de esta propuesta de modelo es que se habla de velocidades superlumínicas, y que supuestamente eso está descartado definitivamente por los experimentos . Sin embargo, afirmar que una partícula con masa en reposo no nula pueda moverse a una velocidad superlumínica ($v > c$) en algún marco inercial de referencia, no es en modo alguno contrario al experimento, sino sólo contrario cierta teoría de la relatividad.