Física Contemporánea 1

Relatividad especial

Cinemática relativista

1) Utilizando un diagrama espacio-temporal de Minkowski muestre los efectos de la contracción de Lorentz y de la dilatación temporal.

2) En un sistema de referencia inercial *S* se propaga una onda electromagnética plana en una cierta dirección **n**, de manera que la amplitud de la misma puede expresarse como

$$A = A_0 \cos\left[k\left(\mathbf{x}\cdot\mathbf{n} - ct\right)\right].$$

Muestre que si se observa dicha onda desde un sistema *S´*, que se mueve con velocidad **V** respecto de *S*, la dirección de propagación será distinta, de valor

$$\mathbf{n}' = \frac{\mathbf{n} + (\gamma - 1)(\mathbf{V}\cdot\mathbf{n})\mathbf{V}/V^2 - \gamma\,\mathbf{V}/c}{\gamma\left(1 - \mathbf{V}\cdot\mathbf{n}/c\right)},$$

efecto conocido como aberración.
Asimismo, muestre que la frecuencia $\omega = kc$, pasa a ser en el sistema *S´*

$$\omega' = \gamma\left(1 - \mathbf{V}\cdot\mathbf{n}/c\right)\omega,$$

que es el efecto Doppler relativista (difiere del galileano en el factor γ).

3) Considere la famosa paradoja de los mellizos. Usando un diagrama espacio-temporal de Minkowski indique las líneas de universo de ambos mellizos y de las señales de radio que se envían uno al otro a intervalos regulares iguales en el sistema propio de cada uno de ellos.
Note la diferencia de escalas en el diagrama de los intervalos para cada mellizo y discuta la diferencia entre intervalos de recepción de cada señal e intervalos de emisión.
Repita el análisis desde el punto de vista galileano, pero considerando que las señales de radio tienen siempre velocidad *c* independientemente de la velocidad de la fuente emisora.
Discuta la diferencia del efecto Doppler en los casos relativista y galileano como se manifiesta en los diagramas previos.

Dinámica relativista:

1) Considere un cohete libre de fuerzas que se impulsa emitiendo gases a velocidad V_G constante relativa al cohete. Usando la conservación del impulso total, pruebe que la ecuación que relaciona la velocidad *u* del cohete con su masa es

$$m\frac{du}{dm} = -V_G\left(1-\frac{u^2}{c^2}\right).$$

Intégrela y determine la velocidad final en función de la fracción de masa final del cohete (respecto de la inicial) y de la velocidad de los gases de escape V_G. Note la conveniencia de obtener el máximo V_G posible.

2) Para una partícula de masa *m* que en reposo se desintegra en dos partículas de masas m_1 y m_2, pruebe que la energía cinética $T_{1,2}$ (energía total menos energía en reposo) de cada una de ellas se expresa en la forma

$$T_{1,2} = \Delta mc^2\left(1-\frac{m_{1,2}}{m}-\frac{\Delta m}{2m}\right),$$

donde $\Delta m = m - m_1 - m_2$ es el exceso de masa del proceso.

3) Una partícula de masa *m* que viaja a velocidad **V** se desintegra en dos partículas de masas m_1 y m_2. Determine la energía de cada una de ellas, y el ángulo correspondiente de la otra partícula, en función del ángulo que forma la trayectoria de una de ellas con la dirección de **V**.
Demuéstrese que conociendo las masas m_1 y m_2 de las partículas resultantes y el ángulo ente sus trayectorias puede determinarse la masa *m* de la partícula inicial.

4) Para un choque elástico de dos partículas de igual masa *m*, una de las cuales se encuentra en reposo mientras que la otra se mueve a velocidad **V**, determine las energías de las partículas resultantes, y el ángulo correspondiente de la otra partícula, en función del ángulo que forma una de ellas con la dirección de **V**.