

Tarea #12

1. VIAJES INTERESTELARES

En esta tarea se abordan dos aspectos esenciales de un viaje interestelar hacia Próxima Centauri: el tiempo que transcurre tanto en la Tierra como en la nave a diversas fracciones de la velocidad de la luz (0.1c, 0.9c y 0.99c) y la energía necesaria para alcanzar estas velocidades, considerando la masa de la nave. Empleando la teoría de la relatividad especial de Einstein, se examina la dilatación del tiempo a velocidades relativistas. Además, se determinan las grandes cantidades de energía requeridas utilizando la ecuación relativista para la energía cinética. Este análisis proporciona una base para entender los retos y las posibilidades de los viajes interestelares a velocidades cercanas a la luz.

1.1. Próxima Centauri. Próxima Centauri es la estrella más cercana a nuestro sistema solar, situada a una distancia de aproximadamente 4.24 años luz en la constelación de Centaurus. Es una enana roja de tipo espectral M5.5, lo que significa que es mucho más pequeña y menos luminosa que nuestro Sol. Debido a su proximidad, Próxima Centauri ha sido objeto de un considerable interés científico, especialmente en el contexto de la búsqueda de exoplanetas y la posibilidad de viajes interestelares.

En 2016, se descubrió un exoplaneta en la zona habitable de Próxima Centauri, denominado Próxima Centauri b. Este planeta tiene una masa similar a la de la Tierra y orbita su estrella a una distancia que podría permitir la presencia de agua líquida, lo que incrementa el interés por estudiarlo como posible lugar para la vida extraterrestre o futuras misiones espaciales.

La corta distancia de 4.24 años luz hace que Próxima Centauri sea un objetivo tentador para misiones interestelares futuras. Sin embargo, incluso a una fracción significativa de la velocidad de la luz, un viaje hacia esta estrella representaría enormes desafíos tecnológicos y energéticos, tal como se analiza en el contexto de la dilatación del tiempo y los requerimientos energéticos a velocidades relativistas.

1.2. Ecuaciones relativistas. Las ecuaciones relativistas de Einstein forman parte de su teoría de la relatividad especial y general, y describen cómo el tiempo, el espacio y la energía se comportan a altas velocidades y en campos gravitacionales intensos.

1.3. Teoría de la Relatividad Especial (1905). Esta teoría se basa en dos postulados fundamentales: las leyes de la física son las mismas en todos los sistemas de referencia inerciales y la velocidad de la luz en el vacío es constante para todos los observadores, independientemente de su movimiento relativo. Algunas de las ecuaciones clave son:

- **Transformaciones de Lorentz:** Describen cómo las coordenadas de tiempo y espacio cambian entre diferentes sistemas de referencia en movimiento relativo.
- **Ecuación de la Energía-Masa:** $E = mc^2$, que establece que la energía (E) es igual a la masa (m) multiplicada por el cuadrado de la velocidad de la luz (c).
- **Energía Cinética Relativista:**

$$E_k = (\gamma - 1)mc^2$$

donde γ (factor de Lorentz) es

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

y v es la velocidad del objeto.

1.4. Dilatación Temporal. La dilatación temporal es un fenómeno predicho por la relatividad especial, donde el tiempo transcurre más lentamente para un observador que se mueve a una velocidad cercana a la de la luz en comparación con un observador en reposo. La ecuación que describe la dilatación temporal es:

$$\Delta t' = \gamma \Delta t$$

donde:

- $\Delta t'$ es el intervalo de tiempo medido por el observador en movimiento.
- Δt es el intervalo de tiempo medido por el observador en reposo.
- γ es el factor de Lorentz, definido como

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

Este fenómeno es crucial para entender los efectos de los viajes interestelares a altas velocidades, ya que implica que el tiempo para los viajeros espaciales transcurre más lentamente que para los observadores en la Tierra.

1.5. Teoría de la Relatividad General (1915). Esta teoría generaliza la relatividad especial para incluir la gravedad, describiendo cómo la masa y la energía deforman el espacio-tiempo.

Ecuaciones de Campo de Einstein:

$$G_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

donde $G_{\mu\nu}$ es el tensor de curvatura del espacio-tiempo, G es la constante de gravitación universal, c es la velocidad de la luz, y $T_{\mu\nu}$ es el tensor energía-momento.

Estas ecuaciones y conceptos son fundamentales para comprender fenómenos como la dilatación del tiempo, la contracción de la longitud a altas velocidades, la formación de agujeros negros, y el comportamiento del universo a gran escala.

VIAJE A PRÓXIMA CENTAURI

1.6. Al 10% de la velocidad de la luz.

Tiempo en la Tierra. La velocidad de la nave es $0.1c$ y viaja sin aceleración. El tiempo que tarda la nave en llegar a su destino medido por alguien en la tierra (t_{Tierra}) puede ser deducido por las ecuaciones de MRU.

$$t_{Tierra} = \frac{d}{v_{nave}} = \frac{4.24c}{0.1c} = 42.4 \text{ años}$$

Tiempo en la nave. Usando la ecuación de dilatación temporal, el tiempo medido por las personas en la nave t_{nave}

$$t_{nave} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \cdot t_{Tierra} = \sqrt{1 - \frac{(0.1c)^2}{c^2}} \cdot 42.4 \text{ años} = 42.19 \text{ años}$$

1.7. Al 90% de la velocidad de la luz.

Tiempo en la Tierra. La velocidad de la nave es $0.9c$ y viaja sin aceleración. El tiempo que tarda la nave en llegar a su destino medido por alguien en la tierra (t_{Tierra}) puede ser deducido por las ecuaciones de MRU.

$$t_{Tierra} = \frac{d}{v_{nave}} = \frac{4.24c}{0.9c} = 4.71 \text{ años}$$

Tiempo en la nave. Usando la ecuación de dilatación temporal, el tiempo medido por las personas en la nave t_{nave}

$$t_{nave} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \cdot t_{Tierra} = \sqrt{1 - \frac{(0.9c)^2}{c^2}} \cdot 4.71 \text{ años} = 2.05 \text{ años}$$

1.8. Al 99% de la velocidad de la luz.

Tiempo en la Tierra. La velocidad de la nave es $0.9c$ y viaja sin aceleración. El tiempo que tarda la nave en llegar a su destino medido por alguien en la tierra (t_{Tierra}) puede ser deducido por las ecuaciones de MRU.

$$t_{Tierra} = \frac{d}{v_{nave}} = \frac{4.24c}{0.99c} = 4.28 \text{ años}$$

Tiempo en la nave. Usando la ecuación de dilatación temporal, el tiempo medido por las personas en la nave t_{nave}

$$t_{nave} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \cdot t_{Tierra} = \sqrt{1 - \frac{(0.99c)^2}{c^2}} \cdot 4.28 \text{ años} = 0.604 \text{ años}$$

GASTO ENERGÉTICO

Se puede calcular con la energía cinética relativista:

$$E_k = (\gamma - 1)mc^2$$

Donde es claro que es dependiente de la masa del objeto que viaja. Hagamos el calculo con el peso del cohete más pesado que existe (Space Launch System (SLS)), 2.6 millones de kilogramos

Masa [kg]	Energía [J]
2.6×10^6	1.17×10^{21}

TABLE 1. Energía necesaria para alcanzar $0.1c$. Con $\gamma = 1.005$

Masa [kg]	Energía [J]
2.6×10^6	3.03×10^{23}

TABLE 2. Energía necesaria para alcanzar $0.90c$. Con $\gamma = 2.294$

Masa [kg]	Energía [J]
2.6×10^6	1.42×10^{24}

TABLE 3. Energía necesaria para alcanzar $0.99c$. Con $\gamma = 7.086$

ANÁLISIS

El estudio realizado destaca varios puntos cruciales:

- **Desafíos Energéticos:** Viajar a velocidades cercanas a la de la luz requiere una cantidad de energía monumental, mucho mayor que cualquier capacidad energética disponible actualmente. Esta energía es proporcional al factor de Lorentz, que crece rápidamente con la velocidad y a la masa.
- **Diferencias en la Percepción del Tiempo:** La dilatación temporal implica que los astronautas en la nave experimentarían un viaje mucho más corto en términos de tiempo percibido que los observadores en la Tierra. Esto tiene implicaciones significativas para la planificación de misiones tripuladas de larga duración.
- **Viabilidad de los Viajes Interestelares:** Aunque teóricamente posible, los viajes interestelares a velocidades relativistas presentan enormes desafíos tecnológicos y energéticos. Soluciones como fuentes de energía avanzadas y tecnologías de propulsión más eficientes serán necesarias para hacer realidad estos viajes.

REFERENCES

Georgia State University. (n.d.). Lorentz transformation. HyperPhysics. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Relativ/Ltrans.html>

Ecuaciones del campo de Einstein. (2024, January 24). In Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Ecuaciones_de_lcampo_de_Einstein