

Tema 7: Introducción a la Teoría de la Relatividad

ACTIVIDADES

0701. Sistemas de referencia y limitaciones de la física clásica.

A-1 Un tren entra en una estación con una velocidad de 8 km/h. En el interior de uno de sus vagones un pasajero camina con una velocidad de 2 km/h respecto al tren y en la dirección y el sentido de éste. Calcula: a) La velocidad del pasajero observada por su esposa, que está sentada en ese vagón, y por el jefe de estación situado en el andén. b) Las velocidades anteriores en el caso de que el pasajero camine en sentido contrario al movimiento del tren. Sol: 10 km/h y 6 km/h.

A-2 Un avión se mueve a 349 m/s respecto al sistema de referencia de la Tierra y a 340 m/s respecto al sistema de referencia del viento. a) Si la trayectoria del avión, la dirección del viento y la superficie de la Tierra son paralelas, determina la velocidad del viento respecto a la Tierra. b) Si el avión recorre 20 km respecto a la Tierra, ¿Qué distancia ha recorrido respecto al viento? Sol: 9 m/s y 19,482 km.

A-3 El tiempo de vuelo medido para los electrones, cuando se les aplica una diferencia de potencial de 4.500 kV es $28,4 \cdot 10^{-9}$ s. Calcula la velocidad con que deberían moverse los electrones, de acuerdo con la mecánica clásica y la velocidad real con que lo hacen si la distancia recorrida es de 8,4 m. Sol: $12,6 \cdot 10^8$ m/s y $2,96 \cdot 10^8$ m/s.

0702. Teoría de la relatividad especial: Postulados y consecuencias.

A-4 Un muchacho tarda 5 min en desayunar en la cafetería de la estación. ¿Cuánto tiempo tardaría para un viajero que pasa por la estación en tren a una velocidad igual a 0,7 c? Sol: 7 min.

A-5 Una nave espacial que se dirige hacia la Luna pasa la Tierra con una velocidad de 0,8c. Si la distancia entre la Tierra y la Luna para un observador en reposo es de $3,84 \cdot 10^8$ m, calcula la distancia entre la Tierra y la Luna para un pasajero situado en la nave espacial.

A-6 El tiempo marcado por el reloj de una nave interestelar en recorrer 10^{17} km es de $3,968 \cdot 10^8$ horas. Determinar la velocidad de la nave y el tiempo medido por un observador en la Tierra.

A-7 Un pasajero del AVE, que viaja a 225 km/h, mide la longitud y la altura del vagón y obtiene 87 m de largo y 2,3 m de alto. a) Determina los valores que mediría un observador en reposo en la estación. b) Determina los valores que mediría el mismo observador si el tren viajara a una velocidad de 0,75c. Sol: A) 87 m y 2,3 m; B) 57,6 m y 2,3 m.

0703. Masa y energía relativistas.

A-8 Una nave espacial cuya masa en reposo es de 5000 kg acelera hasta una velocidad igual a 0,9c. Calcula el incremento de masa de la nave y la energía que se le ha suministrado.

A-9 Un meteorito cuya masa en reposo es de 270 kg se acerca al Sol al 80 % de la velocidad de la luz. Calcula: a) La masa del meteorito visto desde el Sol. b) Su masa propia. c) La velocidad a la cual su masa parecerá el doble de su masa en reposo. Sol: a) 450 kg; b) 270 kg; c) 0,866c.

A-10 La energía en reposo de un electrón es 0,511 MeV. A) ¿Cómo se obtiene este dato? B) ¿Cuál sería la energía cinética de un electrón que se mueve con una velocidad de $3c/4$?

0704. Teoría de la relatividad general.

EJERCICIOS DEL TEMA

1. Calcular la velocidad de una partícula sabiendo que su masa es doble de la que tiene en reposo.

2. Se acelera un electrón hasta que su masa relativista aumenta un 35% respecto a su masa en reposo. Calcula:

1. La energía cinética requerida.
2. La energía total del electrón.
3. La velocidad final que adquiere el electrón.

3. Un acelerador de protones es capaz de comunicar a cada protón una energía de 10^{-9} J. Si la masa en reposo del protón es de $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg. Calcula:

1. ¿Por qué factor aumenta la masa de tales protones?
2. La energía cinética y el momento lineal de cada protón.

4. Si se comunica a una partícula en reposo una energía cinética igual a n veces su energía en reposo, calcula cuál será su velocidad y su cantidad de movimiento.

5. Calcula la energía en reposo del neutrón y del electrón en julios y en MeV. Masas del neutrón y del electrón: $1,675 \cdot 10^{-27}$ kg y $9,11 \cdot 10^{-31}$ kg.

6. Dos gemelos, A y B, tienen 20 años de edad. El gemelo B va y vuelve a una estrella que se encuentra a 10 años-luz de la Tierra, con una velocidad $v = 0,99c$. ¿Cuáles serán las edades de los gemelos cuando termine

el viaje de este último?

7. Dos partículas iguales cuya masa en reposo es de 1 g chocan con una velocidad de 0,6 c y quedan reducidas a una única masa m_0 en reposo. Calcula:

- A) Su masa relativista antes del choque.
- B) La energía relativista total de las dos partículas antes del choque.
- C) La masa final m_0 .

8. Sobre un cuerpo de 1 g, inicialmente en reposo, actúa una fuerza constante de 1000 N. Calcula:

- A) El tiempo que tarda en alcanzar la velocidad de la luz, según la mecánica clásica.
- B) La velocidad real que adquiere en ese tiempo, según la mecánica relativista.

9. ¿Qué velocidad llevaría un cuerpo si su masa en movimiento fuese cuatro veces la que posee en reposo? ¿Y si se hiciese diez veces mayor?

10. Indica si es verdadero o falso y razona la respuesta: "A velocidades próximas a la velocidad de la luz las partículas aumentan su masa."

11. Dos gemelos tienen 20 años. Uno va y vuelve a una estrella situada a 40 años-luz, con una velocidad de 0,9c. Calcula las edades de los dos gemelos al finalizar el viaje.

12. Se hacen chocar dos haces de electrones con velocidades iguales. determina:

- a) La energía relativista mínima de cada electrón para generar un par electrón-positrón,
- b) Su masa relativista,
- c) Su energía cinética y su velocidad.

13. Se determina por métodos ópticos la longitud de una nave espacial que pasa cerca de la Tierra, resultando ser de 100 m. En contacto radiofónico, los astronautas que viajan en la nave comunican que la longitud de su nave es de 120 m. ¿A qué velocidad viaja la nave respecto a la Tierra?

14. Una nave realiza un viaje interestelar con una velocidad de 0,999·c. ¿Cuánto tiempo ha transcurrido según los relojes terrestres si, según los de a bordo, la nave lleva 4 años viajando? Sol: 2. 89 años .

15. Con respecto a un observador estacionario, la longitud de una nave en reposo es 50 m. ¿Qué longitud medirá el mismo observador cuando la nave se mueva con una velocidad de $2,4 \cdot 10^8$ m/s? Sol: 30 m.

16. Un neutrón tiene una energía en reposo de 939,573 MeV. ¿Cuál es su masa, expresada en kg, en dicho estado? Sol: $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg.

17. Un neutrón se mueve con una velocidad de 0,9 c.

- a) ¿Cuál es su masa relativista?
- b) ¿Cuál será su momento lineal?

Sol.: a) $3,8 \cdot 10^{-27}$ kg; b) $1,03 \cdot 10^{-18}$ kg·m/s .

18. Un mesón π^0 tiene una energía en reposo de 135 MeV y se mueve con una velocidad de 0,85c. Determina: a) Su energía total. b) Su energía cinética. c) Su momento lineal. Sol: a) 256,23 MeV ; b) 121,23 MeV ; c) 217,8 MeV/c .

19. Un haz de protones se acelera hasta alcanzar una energía de 900 MeV. Calcula la velocidad de dichas partículas. Sol: $2,58 \cdot 10^8$ m/s

20. La energía total de una partícula es el doble que su energía en reposo. ¿Con qué velocidad se mueve? Sol.: 0,87c.

21. Se determina en un laboratorio que cierta partícula nuclear inestable X es improbable que subsista sin desintegrarse más de 10^{-9} s. Estudiando un haz de partículas X, provenientes de cierta reacción nuclear, se observa que han recorrido una distancia de 3 m. antes de desintegrarse. ¿A qué velocidad se mueven las partículas?

22. Un haz electrónico, cuyos electrones tienen una velocidad inicial de 10^6 m/s, penetra en un acelerador de partículas donde sufre una diferencia de potencial aceleradora de $3 \cdot 10^5$ V. Determina la velocidad que alcanzan.

23. Una nave espacial de 10^5 kg de masa tiene un sistema de propulsión (sin pérdida de masa) que le proporciona 10.000 CV de potencia neta. ¿Cuánto tiempo tardará en alcanzar una velocidad 0,99·c?

24. Si dos cuerpos se cruzan a la velocidad de la luz, su velocidad relativa a) Es nula. b) Es la velocidad de la luz. c) Es dos veces la de la luz.

25. Dos hermanos gemelos del futuro siguen vidas muy diferentes: el día que cumplen 20 años uno emprende la aventura del vuelo espacial a una estrella situada a 30 años luz de la Tierra y otro opta para siempre por la vida sedentaria en nuestro planeta. Al cabo de 60 años y 12 días el hermano aventurero regresa tras viajar a una enorme velocidad. ¿Qué edad biológica tiene en ese momento el viajero? (Supóngase que la rapidez del viaje ha sido constante). a) Casi 22 años. b) 80 años y 12 días c) 20 años.