



La **Cinemática** (del griego *κινεω*, *kineo*, movimiento) es la rama de la mecánica clásica que estudia las leyes del movimiento de los cuerpos sin tener en cuenta las causas que lo producen, limitándose, esencialmente, al estudio de la trayectoria en función del tiempo.

En la Cinemática se utiliza un sistema de coordenadas para describir las trayectorias, denominado sistema de referencia. La velocidad es el ritmo con que cambia la posición un cuerpo. La aceleración es el ritmo con que cambia su velocidad. La velocidad y la aceleración son las dos principales cantidades que describen cómo cambia su posición en función del tiempo.

## Historia

Los primeros conceptos sobre Cinemática se remontan al siglo XIV, particularmente aquellos que forman parte de la doctrina de la intensidad de las formas o teoría de los cálculos (*calculations*). Estos desarrollos se deben a científicos como William Heytesbury y Richard Swineshead, en Inglaterra, y a otros, como Nicolás Oresme, de la escuela francesa.

Hacia el 1604, Galileo Galilei hizo sus famosos estudios del movimiento de caída libre y de esferas en planos inclinados a fin de comprender aspectos del movimiento relevantes en su tiempo, como el movimiento de los planetas y de las balas de cañón.<sup>1</sup> Posteriormente, el estudio de la cicloide realizado por Evangelista Torricelli (1608-47), va configurando lo que se conocería como *Geometría del Movimiento*.

El nacimiento de la Cinemática moderna tiene lugar con la alocución de Pierre Varignon el 20 de enero de 1700 ante la Academia Real de las Ciencias de París.<sup>2</sup> En esta ocasión define la noción de aceleración y muestra cómo es posible deducirla de la velocidad instantánea con la ayuda de un simple procedimiento de cálculo diferencial.

En la segunda mitad del siglo XVIII se produjeron más contribuciones por Jean Le Rond d'Alembert, Leonhard Euler y André-Marie Ampère, continuando con el enunciado de la ley fundamental del centro instantáneo de rotación en el movimiento plano, de Daniel Bernoulli (1700-1782).

El vocablo **Cinemática** fue creado por André-Marie Ampère (1775-1836), quien delimitó el contenido de la Cinemática y aclaró su posición dentro del campo de la Mecánica. Desde entonces y hasta nuestros días la Cinemática ha continuado su desarrollo hasta adquirir una estructura propia.

Con la Teoría de la relatividad especial de Albert Einstein en 1905 se inició una nueva etapa, la Cinemática relativista, donde el tiempo y el espacio no son absolutos, y sí lo es la velocidad de la luz.

# Elementos básicos de la Cinemática

Los elementos básicos de la Cinemática son: espacio, tiempo y móvil.

En la Mecánica Clásica se admite la existencia de un **espacio absoluto**; es decir, un espacio anterior a todos los objetos materiales e independientes de la existencia de estos. Este espacio es el escenario donde ocurren todos los fenómenos físicos, y se supone que todas las leyes de la física se cumplen rigurosamente en todas las regiones de ese espacio. El espacio físico se representa en la Mecánica Clásica mediante un espacio puntual euclídeo.

Análogamente, la Mecánica Clásica admite la existencia de un **tiempo absoluto** que transcurre del mismo modo en todas las regiones del Universo y que es independiente de la existencia de los objetos materiales y de la ocurrencia de los fenómenos físicos.

El móvil más simple que podemos considerar es el punto material o partícula; cuando en la Cinemática se estudia este caso particular de móvil, se denomina "Cinemática de la partícula"; y cuando el móvil bajo estudio es un cuerpo rígido, se lo puede considerar como un sistema de partículas y hacer extensivos similares conceptos; en este caso se la denomina Cinemática del sólido rígido o del cuerpo rígido.

## Cinemática clásica. Fundamentos

### Sistemas de coordenadas

En el estudio del movimiento, los sistemas de coordenadas más útiles se encuentran viendo los límites de la trayectoria a recorrer, o analizando el efecto geométrico de la aceleración que afecta al movimiento. Así, para describir el movimiento de una partícula que describe una trayectoria circular, la coordenada más conveniente sería el ángulo central relativo a una dirección o radio preestablecido. Del mismo modo, para describir el movimiento de una partícula sometida a la acción de una fuerza central, las coordenadas polares serían las más útiles.

En un buen número de casos, el estudio cinemático se hace referido a un sistema de coordenadas cartesianas, usando una, dos o tres dimensiones según sea la trayectoria seguida por el cuerpo.

### Registro del movimiento

La tecnología hoy en día nos ofrece muchas formas de registrar el movimiento efectuado por un cuerpo. Así, para medir la velocidad se dispone del radar de tráfico cuyo funcionamiento se basa en el efecto Doppler. El taquímetro es un indicador de la velocidad de un vehículo basado en la frecuencia de rotación de las ruedas. Los caminantes disponen de podómetros que detectan las vibraciones características del paso y, suponiendo una distancia media característica para cada paso, permiten calcular la distancia recorrida. El vídeo, unido al análisis informático de las imágenes, permite igualmente determinar la posición y la velocidad de los vehículos.

# Movimiento rectilíneo

Es aquel en el que el móvil describe una trayectoria en línea recta.

## Movimiento rectilíneo uniforme

Figura 1. Variación en el tiempo de la posición y la velocidad para un movimiento rectilíneo uniforme.

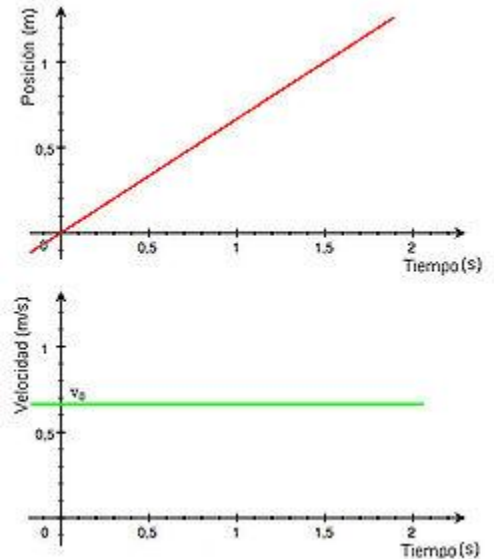
Para este caso la aceleración es cero por lo que la velocidad permanece constante a lo largo del tiempo. Esto corresponde al movimiento de un objeto lanzado en el espacio fuera de toda interacción, o al movimiento de un objeto que se desliza sin fricción. Siendo la velocidad  $v$  constante, la posición variará linealmente respecto del tiempo, según la ecuación:

$$v = v_0 = \text{const.}$$

$$x = v_0 t + x_0$$

donde  $x_0$  es la posición inicial del móvil respecto al centro de coordenadas, es decir para  $t = 0$ .

Si  $x_0 = 0$  la ecuación anterior corresponde a una recta que pasa por el origen, en una representación gráfica de la función  $x(t)$ , tal como la mostrada en la figura 1.



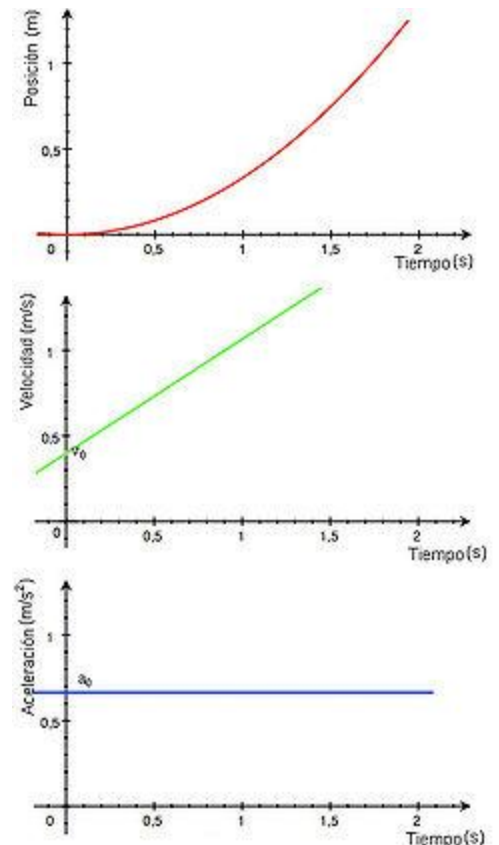
## Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

Figura 2. Variación en el tiempo de la posición, la velocidad y la aceleración en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

En éste movimiento la aceleración es constante, por lo que la velocidad de móvil varía linealmente y la posición cuadráticamente con tiempo. Las ecuaciones que rigen este movimiento son las siguientes:

$$a = a_0 = \text{const.}$$

$$v = v_0 + at$$



$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

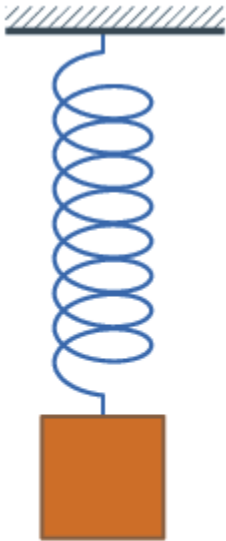
Donde  $x_0$  es la posición inicial del móvil y  $v_0$  su velocidad inicial, aquella que tiene para  $t = 0$ .

Obsérvese que si la aceleración fuese nula, las ecuaciones anteriores corresponderían a las de un movimiento rectilíneo uniforme, es decir, con velocidad  $v = v_0$  constante.

Dos casos específicos de MRUA son la caída libre y el tiro vertical. La caída libre es el movimiento de un objeto que cae en dirección al centro de la Tierra con una aceleración equivalente a la aceleración de la gravedad (que en el caso del planeta Tierra al nivel del mar es de aproximadamente  $9,8 \text{ m/s}^2$ ). El tiro vertical, en cambio, corresponde al de un objeto arrojado en la dirección opuesta al centro de la tierra, ganando altura. En este caso la aceleración de la gravedad, provoca que el objeto vaya perdiendo velocidad, en lugar de ganarla, hasta llegar al estado de reposo; seguidamente, y a partir de allí, comienza un movimiento de caída libre con velocidad inicial nula.

## Movimiento armónico simple

Una masa colgada de un muelle se mueve con un movimiento armónico simple.



Es un movimiento periódico de vaivén, en el que un cuerpo oscila a un lado y a otro de una posición de equilibrio en una dirección determinada y en intervalos iguales de tiempo. Matemáticamente, la trayectoria recorrida se expresa en función del tiempo usando funciones trigonométricas, que son periódicas. Así por ejemplo, la ecuación de posición respecto del tiempo, para el caso de movimiento en una dimensión es:

$$x(t) = A \sin(2\pi f t + \phi)$$

la que corresponde a una función sinusoidal de frecuencia  $f$ , de amplitud  $A$  y fase de inicial  $\phi$ .

Los movimientos del péndulo, de una masa unida a un muelle o la vibración de los átomos en las redes cristalinas son de estas características.

La aceleración que experimenta el cuerpo es proporcional al desplazamiento del objeto y de sentido contrario, desde el punto de equilibrio. Matemáticamente:

$$a = \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx$$

donde  $k$  es una constante positiva y  $x$  se refiere a la elongación (desplazamiento del cuerpo desde la posición de equilibrio).

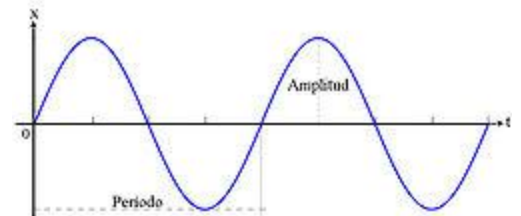


Figura 3. Variación de la posición respecto del tiempo para el movimiento oscilatorio armónico.

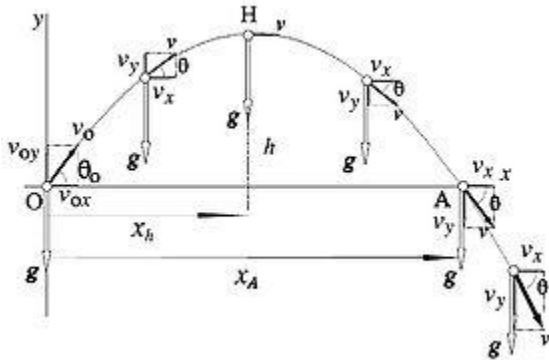
La solución a esa ecuación diferencial lleva a funciones trigonométricas de la forma anterior. Lógicamente, un movimiento periódico oscilatorio **real** se ralentiza en el tiempo (por **fricción** mayormente), por lo que la expresión de la aceleración es más complicada, necesitando agregar nuevos términos relacionados con la fricción. Una buena aproximación a la realidad es el estudio del *movimiento oscilatorio amortiguado*.

*Oscilador armónico*

## Movimiento parabólico

Figura 4. Esquema de la trayectoria del movimiento balístico.

Objeto disparado con un ángulo inicial  $\theta_0$  desde un punto  $y(x_0)$  que sigue una trayectoria parabólica.



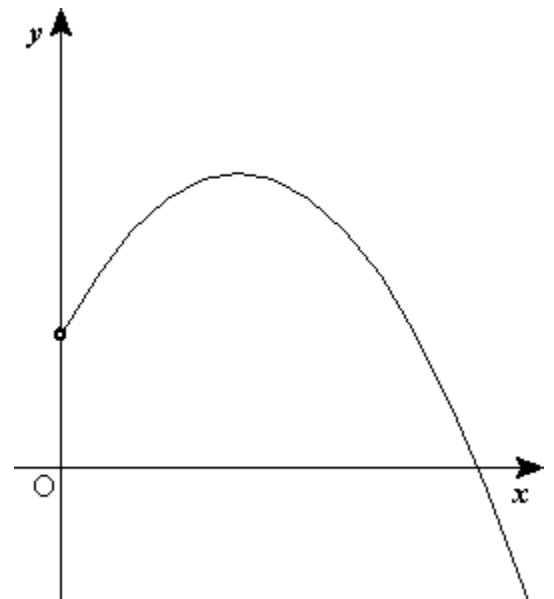
El movimiento parabólico se puede analizar como la composición de dos movimientos rectilíneos distintos: uno horizontal (según el eje  $x$ ) de velocidad constante y otro vertical (según eje  $y$ ) uniformemente acelerado, con la aceleración gravitatoria; la composición de ambos da como resultado una trayectoria parabólica.

Claramente, la componente horizontal de la velocidad permanece invariable, pero la componente vertical y el ángulo  $\theta$  cambian en el transcurso del movimiento.

En la figura 4 se observa que el vector velocidad inicial  $v_0$  forma un ángulo inicial  $\theta_0$  respecto al eje  $x$ ; y, como se dijo, para el análisis se descompone en los dos tipos de movimiento mencionados; bajo este análisis, las componentes según  $x$  e  $y$  de la velocidad inicial serán:

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta_0$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta_0$$



El desplazamiento horizontal está dado por la ley del movimiento uniforme, por tanto sus ecuaciones serán (si se considera  $x_0 = 0$ ):

$$a_x = 0$$

$$v_x = v_{0x}$$

$$x = v_{0x}t$$

En tanto que el movimiento según el eje  $y$  será rectilíneo uniformemente acelerado, siendo sus ecuaciones:

$$a_y = -g$$

$$v_y = v_{0y} - gt$$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$$

Si se reemplaza y opera para eliminar el tiempo, con las ecuaciones que dan las posiciones  $x$  e  $y$ , se obtiene la ecuación de la trayectoria en el plano  $xy$ :

$$y = -\frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0}x^2 + \tan \theta_0 x + y_0$$

que tiene la forma general

$$y = ax^2 + bx + c$$

y representa una parábola en el plano  $y(x)$ . En la figura 4 se muestra esta representación, pero en ella se ha considerado  $y_0 = 0$  (no así en la animación respectiva). En esa figura también se observa que la altura máxima en la trayectoria parabólica se producirá en  $H$ , cuando la componente vertical de la velocidad  $v_y$  sea nula (máximo de la parábola); y que el alcance horizontal  $x$  ocurrirá cuando el cuerpo retorne al suelo, en  $y = 0$  (donde la parábola corta al eje  $x$ ).

## Movimiento circular

El movimiento circular en la práctica es un tipo muy común de movimiento: Lo experimentan, por ejemplo, las partículas de un disco que gira sobre su eje, las de una noria, las de las agujas de un reloj, las de las paletas de un ventilador, etc. Para el caso de un disco en rotación alrededor de un eje fijo, cualquiera de sus puntos describe trayectorias circulares, realizando un cierto número de vueltas durante determinado intervalo de tiempo. Para la descripción de este movimiento resulta conveniente referirse ángulos recorridos; ya que estos últimos son idénticos para todos los puntos del disco (referido a un mismo centro). La longitud del arco recorrido por un punto del disco depende de su posición y es igual al producto del ángulo recorrido por su distancia al eje o centro de giro. La

velocidad angular ( $\omega$ ) se define como el **desplazamiento angular** respecto del tiempo, y se representa mediante un vector perpendicular al plano de rotación; su sentido se determina aplicando la "regla de la mano derecha" o del sacacorchos. La aceleración angular ( $\alpha$ ) resulta ser variación de velocidad angular respecto del tiempo, y se representa por un vector análogo al de la velocidad angular, pero puede o no tener el mismo sentido (según acelere o retarde).

La velocidad ( $\mathbf{v}$ ) de una partícula es una magnitud vectorial cuyo módulo expresa la longitud del arco recorrido (espacio) por unidad de tiempo; dicho módulo también se denomina rapidez o celeridad. Se representa mediante un vector cuya dirección es tangente a la trayectoria circular y su sentido coincide con el del movimiento.

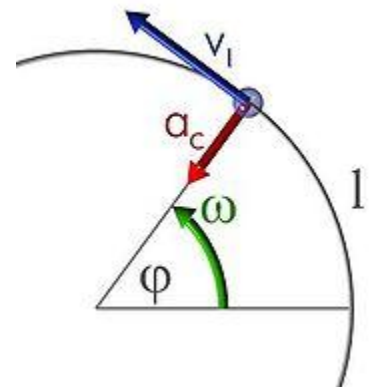
La aceleración ( $\mathbf{a}$ ) de una partícula es una magnitud vectorial que indica la rapidez con que cambia la velocidad respecto del tiempo; esto es, el cambio del vector velocidad por unidad de tiempo. La aceleración tiene generalmente dos componentes: la aceleración tangencial a la trayectoria y la aceleración normal a ésta. La aceleración tangencial es la que causa la variación del módulo de la velocidad (celeridad) respecto del tiempo, mientras que la aceleración normal es la responsable del cambio de dirección de la velocidad. Los módulos de ambas componentes de la aceleración dependen de la distancia a la que se encuentre la partícula respecto del eje de giro.

### Movimiento circular uniforme

Figura 5. Dirección de magnitudes físicas en una trayectoria circular de radio  $l$ .

*Artículo principal: Movimiento circular uniforme*

Se caracteriza por tener una velocidad angular constante por lo que la aceleración angular es nula. La velocidad lineal de la partícula no varía en módulo, pero sí en dirección. La aceleración tangencial es nula; pero existe aceleración centrípeta (la aceleración normal), que es causante del cambio de dirección.



Matemáticamente, la velocidad angular se expresa como:

$$\omega = \omega_0 = \text{const.}$$

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

donde  $\omega$  es la velocidad angular (constante),  $\Delta\varphi$  es la variación del ángulo barrido por la partícula y  $\Delta t$  es la variación del tiempo.

El ángulo recorrido en un intervalo de tiempo es:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t$$

## Movimiento circular uniformemente acelerado

En este movimiento, la velocidad angular varía linealmente respecto del tiempo, por estar sometido el móvil a una aceleración angular constante. Las ecuaciones de movimiento son análogas a las del rectilíneo uniformemente acelerado, pero usando ángulos en vez de distancias:

$$\alpha = \alpha_0 = \text{const.}$$

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$$

Siendo  $\alpha$  la aceleración angular constante.

## Formulación matemática con el cálculo diferencial

La velocidad es la derivada temporal del vector de posición y la aceleración es la derivada temporal de la velocidad:

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{x}(t)}{dt} = \dot{\mathbf{x}}$$
$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}(t)}{dt} = \frac{d^2\mathbf{x}(t)}{dt^2} = \dot{\mathbf{v}} = \ddot{\mathbf{x}}$$

o bien sus expresiones integrales:

$$\mathbf{x}(t) = \int \mathbf{v}(t) dt$$
$$\mathbf{v}(t) = \int \mathbf{a}(t) dt$$

## Movimiento sobre la Tierra

Al observar el movimiento sobre la Tierra de cuerpos tales como masas de aire en meteorología o de proyectiles, se encuentran unas desviaciones provocadas por el llamado Efecto Coriolis. Ellas son usadas para probar que la Tierra está rotando sobre su eje. Desde el punto de vista cinemático es interesante explicar lo que ocurre al considerar la trayectoria observada desde un sistema de referencia que está en rotación, la Tierra.

Supongamos que un cañón situado en el ecuador lanza un proyectil hacia el norte a lo largo de un meridiano. Un observador situado al norte sobre el meridiano observa que el proyectil cae al este de lo predicho, desviándose a la derecha de la trayectoria. De forma análoga, si el proyectil se hubiera disparado a lo largo del meridiano hacia el sur, el proyectil también se habría desviado hacia el este, en



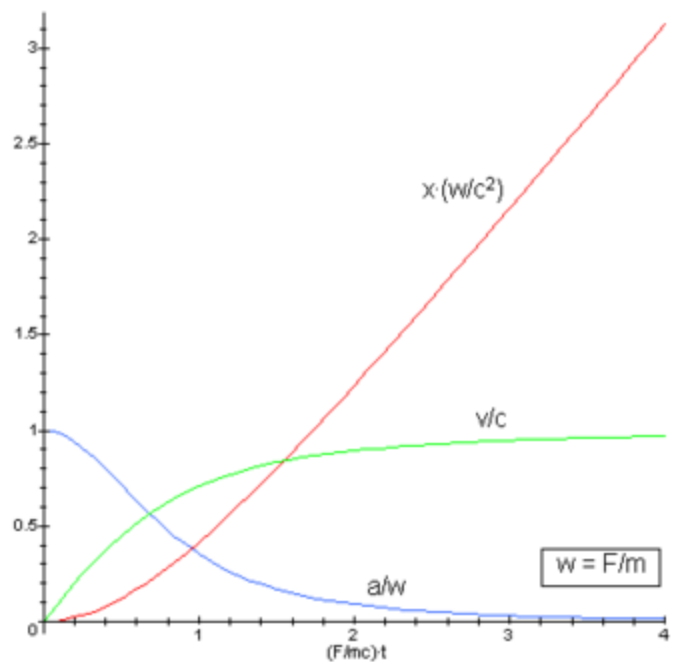
este caso hacia la izquierda de la trayectoria seguida. La explicación de esta "desviación", provocada por el Efecto Coriolis, es debida a la rotación de la Tierra. El proyectil tiene una velocidad con tres componentes: las dos que afectan al tiro parabólico, hacia el norte (o el sur) y hacia arriba, respectivamente, más una tercera componente perpendicular a las anteriores debida a que el proyectil, antes de salir del cañón, tiene una velocidad igual a la velocidad de rotación de la Tierra en el ecuador. Esta última componente de velocidad es la causante de la desviación observada pues si bien la velocidad angular de rotación de la Tierra es constante sobre toda su superficie, no lo es la velocidad lineal de rotación, la cual es máxima en el ecuador y nula en el centro de los polos. Así, el proyectil conforme avanza hacia el norte (o el sur), se mueve más rápido hacia el este que la superficie de la Tierra, por lo que se observa la desviación mencionada. Lógicamente, si la Tierra no estuviese rotando sobre sí misma, no se daría esta desviación.

Otro caso interesante de movimiento sobre la Tierra es el del péndulo de Foucault. El plano de oscilación del péndulo no permanece fijo, sino que lo observamos girar, girando en sentido horario en el hemisferio norte y en sentido antihorario en el hemisferio sur. Si el péndulo se pone a oscilar en el ecuador, el plano de oscilación no cambia. En cambio, en los polos, el giro del plano de oscilación toma un día. Para latitudes intermedias toma valores mayores, dependiendo de la latitud. La explicación de tal giro se basa en los mismos principios hechos anteriormente para el proyectil de artillería.

## Cinemática Relativista

Movimiento relativista bajo fuerza constante: aceleración (azul), velocidad (verde) y desplazamiento (rojo).

En relatividad, lo que es absoluto es la velocidad de la luz en el vacío, no el espacio o el tiempo. Todo observador en un sistema de referencia inercial, no importa su velocidad relativa, va a medir la misma velocidad para la luz que otro observador en otro sistema. Esto no es posible desde el punto de vista clásico. Las transformaciones de movimiento entre dos sistemas de referencia deben tener en cuenta este hecho, de lo que surgieron las transformaciones de Lorentz. En ellas se ve que las dimensiones espaciales y el tiempo están relacionadas, por lo que en relatividad es normal hablar del espacio-tiempo y de un espacio cuatridimensional.



Hay muchas evidencias experimentales de los efectos relativistas. Por ejemplo el tiempo medido en un laboratorio para la desintegración de una partícula que ha sido generada con una velocidad próxima

a la de la luz es superior al de desintegración medido cuando la partícula se genera en reposo respecto al laboratorio. Esto se explica por la dilatación temporal relativista que ocurre en el primer caso.

La Cinemática es un caso especial de geometría diferencial de curvas, en el que todas las curvas se parametrizan de la misma forma: con el tiempo. Para el caso relativista, el tiempo coordinado es una medida relativa para cada observador, por tanto se requiere el uso de algún tipo de medida invariante como el intervalo relativista o equivalentemente para partículas con masa el tiempo propio. La relación entre el tiempo coordinado de un observador y el tiempo propio viene dado por el factor de Lorentz.<sup>3</sup>

## Referencias:

J J O'Connor and E F Robertson (University of St Andrews, Scotland). «Galileo biography» (en inglés). Consultado el 12/02/2008.

Varignon, Pierre (1700). *"Du mouvement en générale par toutes sortes de courbes; & des forces centrales, tant centrifuges que centripètes, nécessaires aux corps qui les décrivent"*. pp. 83-101. ISBN.

Juan José Gómez Cárdenas (2006). «Cinemática relativista». Consultado el 12/02/2008.

## Bibliografía

Marcelo Alonso, Edward J. Finn (1976). *Física*. Fondo Educativo Interamericano. ISBN 84-03-20234-2.

Richard Feynman (1974) (en inglés). *Feynman lectures on Physics Volume 2*. Addison Wesley Longman. ISBN 0-201-02115-3.

Robert Resnick, David Halliday (2004) (en Español). *Física 4ta. Edición Vol. 1*. CECSA, México. ISBN 970-24-0257-3.

## Ejercicios de aplicación:

### Movimiento rectilíneo uniforme.

1. Un coche inicia un viaje de 495 Km. a las ocho y media de la mañana con una velocidad media de 90 Km/h ¿A qué hora llegará a su destino?

Solución: a las dos de la tarde.

2. Dos trenes se cruzan perpendicularmente y hacen un recorrido durante cuatro horas, siendo la distancia que los separa al cabo de ese tiempo, de 100 km. Si la velocidad de uno de los trenes es de 20 km/h, calcular la velocidad del segundo tren.

Solución:  $v = 15 \text{ km/h}$

3. Dos vehículos cuyas velocidades son  $10 \text{ Km/h}$  y  $12 \text{ Km/h}$  respectivamente se cruzan perpendicularmente en su camino. Al cabo de seis horas de recorrido, ¿cuál es la distancia que los separa?

Solución:  $93,72 \text{ km}$ .

4. Dos automóviles que marchan en el mismo sentido, se encuentran a una distancia de  $126 \text{ Km}$ . Si el más lento va a  $42 \text{ Km/h}$ , calcular la velocidad del más rápido, sabiendo que le alcanza en seis horas.

Solución:  $v = 63 \text{ km/h}$

5. Un deportista sale de su casa en bici a las seis de la mañana. Al llegar a un cierto lugar, se le estropea la bici y ha de volver andando. Calcular a qué distancia ocurrió el percance sabiendo que las velocidades de desplazamiento han sido de  $30 \text{ Km/h}$  en bici y  $6 \text{ Km/h}$  andando y que llegó a su casa a la una del mediodía.

Solución:  $30 \text{ km}$

6. Un deportista recorre una distancia de  $1.000 \text{ km}$ , parte en moto y parte en bici. Sabiendo que las velocidades han sido de  $120 \text{ Km/h}$  en la moto y  $20 \text{ Km/h}$  en bici, y que el tiempo empleado ha sido de  $15 \text{ horas}$  calcular los recorridos hechos en moto y en bici.

Solución: la motocicleta  $840 \text{ km}$  y la bici  $160 \text{ km}$ .

7. Un observador se halla a  $510 \text{ m}$ . de una pared. Desde igual distancia del observador y de la pared, se hace un disparo ¿al cabo de cuántos segundos percibirá el observador : a) el sonido directo. b) el eco? Velocidad del sonido  $340 \text{ m/s}$ .

Solución: el sonido directo a  $0,75 \text{ s}$ , y el del eco a  $2,25 \text{ s}$ .

8. Un ladrón roba una bicicleta y huye con ella a  $20 \text{ km/h}$ . Un ciclista que lo ve, sale detrás del mismo tres minutos más tarde a  $22 \text{ Km/h}$ . ¿Al cabo de cuánto tiempo lo alcanzará?

Solución:  $30 \text{ minutos}$ .

9. Calcular la longitud de un tren cuya velocidad es de  $72 \text{ Km/h}$  y que ha pasado por un puente de  $720 \text{ m}$  de largo, si desde que penetró la máquina hasta que salió el último vagón han pasado  $\frac{3}{4}$  de minuto.

Solución:  $180 \text{ metros}$ .

10. Dos coches salen a su encuentro, uno de Bilbao y otro de Madrid. Sabiendo que la distancia entre ambas capitales es de  $443 \text{ Km}$ . y que sus velocidades respectivas son  $78 \text{ Km/h}$  y  $62 \text{ Km/h}$  y que el coche de Bilbao salió hora y media más tarde, calcular: a) Tiempo que tardan en encontrarse b) ¿A qué distancia de Bilbao lo hacen?

Solución: tardan en encontrarse  $2,5 \text{ horas}$ ; a  $195 \text{ km}$  de Bilbao.

**Otra serie:**

1.- Dos móviles parten de un punto A en direcciones perpendiculares con velocidades constantes de 6 m/s y 8 m/s respectivamente ¿Determinar al cabo de que tiempo se encontrarán separados 100 m?

Rpta: \_\_\_\_\_

2.- Un móvil que va con M.R.U. inicia su movimiento en  $x=-12$  m y luego de 8 s está en  $x= +28$ m, hallar su velocidad.

Rpta:\_\_\_\_\_

3.- Javier un joven estudiante, desea saber a qué distancia se encuentra el cerro más próximo, para lo cual emite un grito y cronómetro en mano, comprueba que el eco lo escucha luego de 3 s. ¿Cuál es esa distancia en metros? ( $V_{\text{sonido}}=340$  m/s)

Rpta:\_\_\_\_\_

4.- Dos atletas parten juntos en la misma dirección y sentido con velocidades de 4 m/s y 6 m/s, después de 1 minuto ¿Qué distancia los separa?

Rpta:\_\_\_\_\_

5.- Hallar el espacio que recorre una liebre en 10 s. Si en un quinto de minuto recorre 40 m más.

Rpta:\_\_\_\_\_

6.- Una moto y un auto se encuentran a una distancia de 1000 m. Si parten simultáneamente en la misma dirección y con velocidades de 25 m/s y 15 m/s respectivamente. ¿En que tiempo se produce el encuentro?

Rpta:\_\_\_\_\_

7.- Dos móviles con velocidades constantes de 40 y 25 m/s parten de un mismo punto, y se mueven en la misma recta alejándose el uno del otro. ¿Después de cuánto tiempo estarán separados 13 km?

Rpta: \_\_\_\_\_

8.- Un móvil debe recorrer 300 km en 5 h, pero a la mitad del camino sufre una avería que lo detiene 1 h, ¿Con que velocidad debe continuar su viaje para llegar a tiempo a su destino?

Rpta: \_\_\_\_\_

9.- Dos móviles se mueven en línea recta con velocidades constantes de 10 m/s y 20 m/s, inicialmente separados por 15 m. ¿Qué tiempo, transcurre para que el segundo después de alcanzar al primero se aleje 15 m?

Rpta: \_\_\_\_\_

10.- Dos móviles con velocidades constantes parten simultáneamente y paralelamente de un mismo punto. La diferencia de sus velocidades es 108 k/h. Hallar la distancia que los separa después de 30 seg