CENGAGE Learning

SERWAY · JEWETT

FÍSICA

para ciencias e ingeniería

Volumen 1

Séptima edición

Asignatura: Física 1 – Comisión 2013-04

Clase día 24 de abril 2025   (se corrige la fecha) (HOY, 24 DE ABRIL HAY CLASES NORMALMENTE)

Buenas tardes, continuaremos en esta clase con el tema Cinemática- Movimiento Rectilíneo Uniforme Variado (MRUV). Se indica leer el texto del Capítulo 2 '*Movimiento en una dimensión'* del libro "Física para Ciencias e Ingeniería' de -R. Serway y J. Jewett (u otro libro de la asignatura, pueden consultar el archivo 'Bibliografía'), leer desde la página 27 hasta la 34 inclusive-

Se deja en este aula virtual el apunte 2: 'Cinemática -MRUV -' en formato PDF. Vayan realizando la lectura de este apunte.

Nota: Todo apunte es un resumen de algunos aspectos del tema que se estudia en cada clase, es un complemento de la lectura del capítulo 2 del libro, por lo que debe tener el alumno en cuenta el carácter de complemento del apunte. Por lo tanto resulta necesaria la lectura de las páginas del Capítulo 2 del libro.

Se indica para la semana del 25/4 al 1°de mayo la realización de los ejercicios 18, 23, 25, 26 y 33 de la guía de ejercicios N°1.

El Foro Clase Cinemática MRU y MRUV queda abierto para consultas sobre los aspectos de la teoría como también de ejercitación sobre Cinemática.

Los docentes comisión 2013-04.

Ejercicio N° 18: La tabla muestra la distancia recorrida en función del tiempo, para un móvil que marcha a velocidad constante:

a) Completar la tabla.
b) Calcular el módulo de velocidad.
c) ¿Qué distancia recorrió al cabo de 2.5hs? ¿y a las 3.9hs?
d) Escriba una fórmula que te permita calcular la posición en función del tiempo.

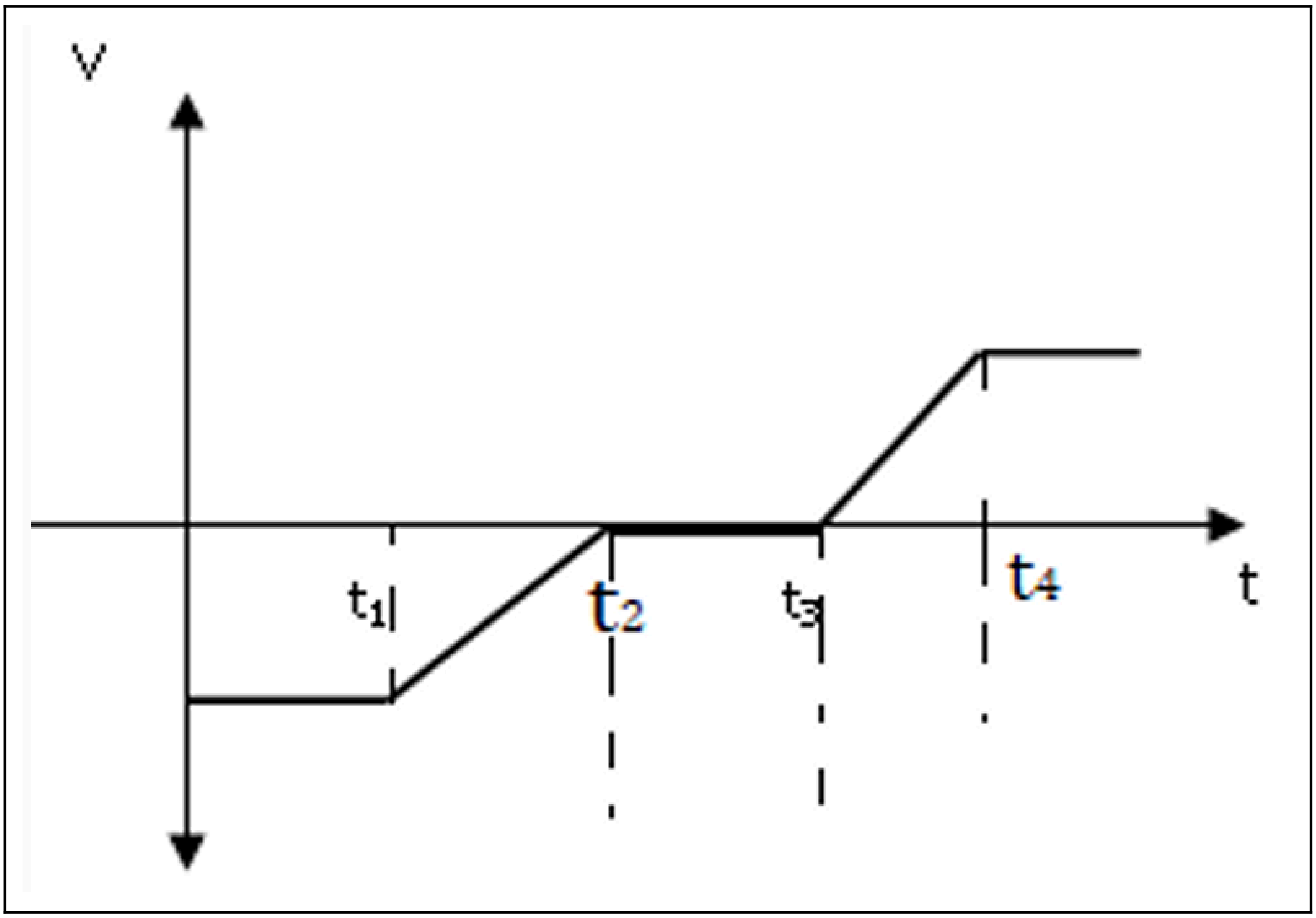
Tiempo empleado (en hs)	0	1	2	3	6
Distancia recorrida (en KM)	20		180		

Ejercicio N° 23: Un móvil cuya velocidad es $v = 108\frac{km}{h}$ se detiene luego de recorrer una distancia de $180\ metros$. Hallar su aceleración y el tiempo que tarda en detenerse.Realizar los gráficos de **velocidad vs. tiempo** y el de **posición vs. tiempo**.

Ejercicio N° 25: Para reducir su velocidad de 10 a 5 m/s de manera uniforme, un móvil recorre una distancia de 100 metros. Hallar la aceleración y la distancia recorrida hasta detenerse.

Ejercicio N° 26: En el gráfico de la figura se representa la velocidad en función del tiempo de un ascensor. Considerando que el ascensor se encuentra inicialmente en el 2º piso (sistema de coordenadas: origen la planta baja y sentido positivo hacia arriba):

a) Indicar en qué intervalos de tiempo el ascensor está subiendo.
b) Graficar la aceleración del ascensor en función del tiempo.
c) Indicar en qué intervalos de tiempo el ascensor disminuye su velocidad.



Ejercicio N° 33: Una piedra es arrojada verticalmente hacia arriba desde cierta altura "h" con velocidad $v_0 = 30\frac{m}{s}$ y llega al suelo después de 8 segundos. Determinar la altura "h" y la velocidad con la que llega al suelo.

2.4 Aceleración

En el ejemplo 2.3 se trabajó con una situación común en la cual la velocidad de una partícula cambia mientras se mueve. Cuando la velocidad de ésta cambia con el tiempo, se dice que la partícula *acelera*. Por ejemplo, la magnitud de la velocidad de un automóvil aumenta cuando se pisa el acelerador y disminuye cuando se aplican los frenos. Vea cómo cuantificar la aceleración.

Considere que un objeto representado como una partícula en movimiento a lo largo del eje x tiene una velocidad inicial v_{xi} en el tiempo t_i y una velocidad final v_{xf} en el tiempo t_f, como en la figura 2.6a. La **aceleración promedio** $a_{x,\,\text{prom}}$ de la partícula se define como el *cambio* en velocidad Δv_x dividido por el intervalo de tiempo Δt durante el que ocurre el cambio:

Aceleración promedio ▶

$$a_{x,\,\text{prom}} \equiv \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{t_f - t_i} \quad \textbf{(2.9)}$$

Como con la velocidad, cuando el movimiento a analizar sea unidimensional, se usan los signos positivo y negativo para indicar la dirección de la aceleración. Puesto que las dimensiones de velocidad son L/T y la dimensión de tiempo es T, la aceleración tiene dimensiones de longitud divididas entre el tiempo al cuadrado, o L/T^2. La unidad del SI de aceleración es metros por segundo al cuadrado (m/s^2). Es más sencillo interpretar estas unidades si piensa en ellas como metros por segundo por segundo. Por ejemplo, considere que un objeto tiene una aceleración de $+2\ m/s^2$. Debe formar una imagen mental del objeto que tiene una velocidad a lo largo de una línea recta y aumenta 2 m/s durante cada intervalo de 1 s. Si el objeto parte del reposo, debe ser capaz de representarlo moviéndose con una velocidad de +2 m/s después de 1 s, a +4 m/s después de 2 s, etcétera.

En algunas situaciones el valor de la aceleración promedio puede ser diferente durante distintos intervalos de tiempo. Por lo tanto, es útil definir la **aceleración instantánea** como el límite de la aceleración promedio conforme Δt tiende a cero. Este concepto es análogo a la definición de velocidad instantánea discutida en la sección 2.2. Si consideramos que el punto Ⓐ se acerca más y más al punto Ⓑ en la figura 2.6a y toma el límite de $\Delta v_x/\Delta t$ conforme Δt tiende a cero, se obtiene la aceleración instantánea en el punto Ⓑ:

Aceleración instantánea ▶

$$a_x \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{dv_x}{dt} \quad \textbf{(2.10)}$$

Esto es: **la aceleración instantánea es igual a la derivada de la velocidad respecto al tiempo**, que por definición es la pendiente de la gráfica velocidad-tiempo. La pendiente de la línea verde en la figura 2.6b es igual a la aceleración instantánea en el punto Ⓑ. En consecuencia, tal como la velocidad de una partícula en movimiento es la pendiente en un punto sobre la gráfica x–t de la partícula, la aceleración de una partícula es la pendiente en un punto sobre la gráfica v_x–t de la partícula. Uno puede interpretar la derivada de la velocidad respecto al tiempo como la relación de cambio de velocidad en el tiempo. Si a_x es positivo, la aceleración está en la dirección x positiva; si a_x es negativa, la aceleración está en la dirección x negativa.

Para el caso de movimiento en una línea recta, la dirección de la velocidad de un objeto y la dirección de su aceleración se relacionan del modo siguiente. **Cuando la velocidad y la aceleración del objeto están en la misma dirección, el objeto aumenta su velocidad. Por otra parte, cuando la velocidad y la aceleración del objeto están en direcciones opuestas, el objeto frena**.

PREVENCIÓN DE RIESGOS OCULTOS 2.4

Aceleración negativa

Tenga en mente que *la aceleración negativa no necesariamente significa que un objeto está frenando*. Si la aceleración es negativa y la velocidad es negativa, ¡el objeto está aumentando velocidad!

PREVENCIÓN DE RIESGOS OCULTOS 2.5

Desaceleración

La palabra *desaceleración* tiene la connotación popular de *frenar*. En este libro no se usará esta palabra porque confunde la definición dada para aceleración negativa.

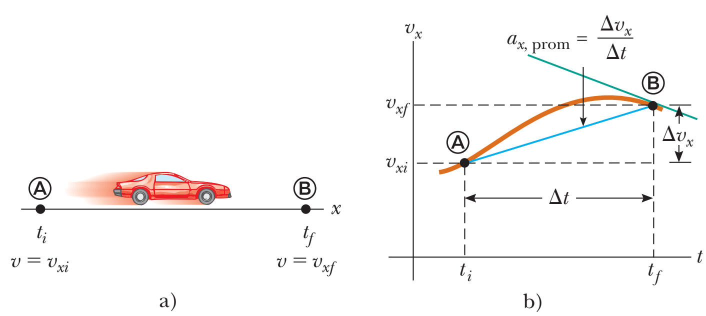


Figura 2.6 a) Un automóvil, modelado como partícula, que se mueve a lo largo del eje x de Ⓐ a Ⓑ, tiene velocidad v_{xi} en $t = t_i$ y velocidad v_{xf} en $t = t_f$. b) Gráfica velocidad-tiempo (café) para la partícula que se mueve en una línea recta. La pendiente de la línea recta azul que conecta Ⓐ y Ⓑ es la aceleración promedio del automóvil durante el intervalo de tiempo $\Delta t = t_f - t_i$. La pendiente de la línea verde es la aceleración instantánea del automóvil en el punto Ⓑ.

Para ayudar con esta discusión de los signos de velocidad y aceleración, se relaciona la aceleración de un objeto con la *fuerza* total ejercida sobre el objeto. En el capítulo 5 se establece formalmente que **la fuerza es proporcional a la aceleración**:

$$F_x \propto a_x \tag{2.11}$$

Esta proporcionalidad indica que la aceleración es causada por una fuerza. Más aún, fuerza y aceleración son vectores, y los vectores actúan en la misma dirección. Debido a esto, piense acerca de los signos de la velocidad y la aceleración al considerar una fuerza aplicada a un objeto y que causa su aceleración. Suponga que velocidad y aceleración están en la misma dirección. Esta situación corresponde a un objeto que experimenta una fuerza que actúa en la misma dirección que su velocidad. En este caso, ¡el objeto aumenta su velocidad! Ahora suponga que velocidad y aceleración están en direcciones opuestas. En esta situación, el objeto se mueve en alguna dirección y experimenta una fuerza que actúa en la dirección opuesta. Por lo tanto, ¡el objeto frena! Es muy útil igualar la dirección de la aceleración a la dirección de una fuerza, porque es más fácil, a partir de la experiencia cotidiana, pensar acerca de qué efecto tendrá una fuerza sobre un objeto que pensar sólo en términos de la dirección de la aceleración.

Pregunta rápida 2.3 Si un automóvil viaja hacia el este y frena, ¿cuál es la dirección de la fuerza sobre el automóvil que hace que frene? a) hacia el este, b) hacia el oeste, c) ni al este ni al oeste.

Desde ahora se usará el término *aceleración* para dar a entender aceleración instantánea. Cuando se hable de aceleración promedio, siempre se usará el adjetivo *promedio*. Puesto que $v_x = dx/dt$, la aceleración también se escribe como

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d^2x}{dt^2} \tag{2.12}$$

Esto es: en un movimiento unidimensional, la aceleración es igual a la *segunda derivada* de x respecto del tiempo.

La figura 2.7 ilustra cómo una gráfica aceleración-tiempo se relaciona con una gráfica velocidad-tiempo. La aceleración en cualquier tiempo es la pendiente de la gráfica velocidad-tiempo en dicho tiempo. Los valores positivos de la aceleración corresponden a los puntos en la figura 2.7a donde la velocidad aumenta en la dirección x positiva. La aceleración alcanza un máximo en el tiempo $t_{Ⓐ}$, cuando la pendiente de la gráfica velocidad-tiempo es un máximo. Después, la aceleración llega a cero en el tiempo $t_{Ⓑ}$, cuando la velocidad es un máximo (esto es: cuando la pendiente de la gráfica $v_x - t$ es cero). La aceleración es negativa cuando la velocidad disminuye en la dirección x positiva, y llega a su valor más negativo en el tiempo $t_{Ⓒ}$.

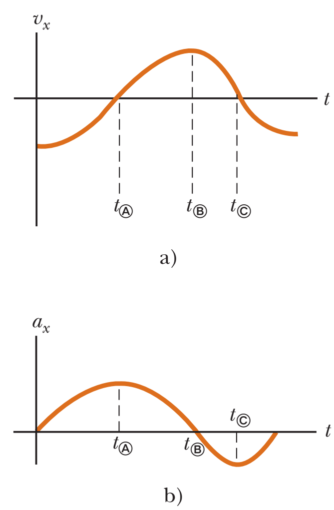


Figura 2.7 La aceleración instantánea se obtiene de la gráfica velocidad-tiempo a). En cada instante, la aceleración en la gráfica de a_x en función de t b) es igual a la pendiente de la línea tangente a la curva de v_x en función de t a).

Pregunta rápida 2.4 Haga una gráfica velocidad-tiempo para el automóvil de la figura 2.1a. El límite de rapidez que se ve en la señal del camino es 30 km/h. ¿Cierto o falso? El automóvil supera el límite de rapidez en algún momento dentro del intervalo de tiempo $0 - 50$ s.

EJEMPLO CONCEPTUAL 2.5 Relaciones gráficas entre x, v_x y a_x

La posición de un objeto que se mueve a lo largo del eje x varía con el tiempo, como en la figura 2.8a. Grafique la velocidad en función del tiempo y la aceleración en función del tiempo para el objeto.

SOLUCIÓN

La velocidad en cualquier instante es la pendiente de la tangente a la gráfica x–t en dicho instante. Entre $t = 0$ y $t = t_{Ⓐ}$, la pendiente de la gráfica x-t aumenta uniformemente, de modo que la velocidad aumenta linealmente como se muestra en la figura 2.8b. Entre $t_{Ⓐ}$ y $t_{Ⓑ}$, la pendiente de la gráfica x–t es constante, de esa manera la velocidad permanece constante. Entre $t_{Ⓑ}$ y $t_{Ⓓ}$, la pendiente de la gráfica x–t disminuye, de igual manera el valor de la velocidad en la gráfica v_x–t disminuye. En $t_{Ⓓ}$, la pendiente de la gráfica x–t es cero, por eso la velocidad es cero en dicho instante. Entre $t_{Ⓓ}$ y $t_{Ⓔ}$, la pendiente de la gráfica x–t y debido a esto la velocidad son negativas y disminuyen uniformemente en este intervalo. En el intervalo $t_{Ⓔ}$ a $t_{Ⓕ}$, la pendiente de la gráfica x–t todavía es negativa, y en $t_{Ⓕ}$ va a cero. Por último, después de $t_{Ⓕ}$, la pendiente de la gráfica x–t es cero, lo que significa que el objeto está en reposo para $t > t_{Ⓕ}$.

La aceleración en cualquier instante es la pendiente de la tangente a la gráfica v_x–t en dicho instante. En la figura 2.8c se muestra la gráfica de aceleración en funció del tiempo para ese objeto. La aceleración es constante y positiva entre 0 y $t_{\text{Ⓐ}}$, donde la pendiente de la gráfica v_x–t es positiva. Es cero entre $t_{\text{Ⓐ}}$ y $t_{\text{Ⓑ}}$ y para $t > t_{\text{Ⓕ}}$ porque la pendiente de la gráfica v_x–t es cero en estos tiempos. Es negativa entre $t_{\text{Ⓑ}}$ y $t_{\text{Ⓔ}}$ porque la pendiente de la gráfica v_x–t es negativa durante ese intervalo. Entre $t_{\text{Ⓔ}}$ y $t_{\text{Ⓕ}}$ la aceleración es positiva como lo es entre 0 y $t_{\text{Ⓐ}}$, pero mayor en valor porque la pendiente de la gráfica v_x–t es más inclinada.

Advierta que los cambios súbitos en aceleración que se muestran en la figura 2.8c no son físicos. Tales cambios instantáneos no ocurren en la realidad.

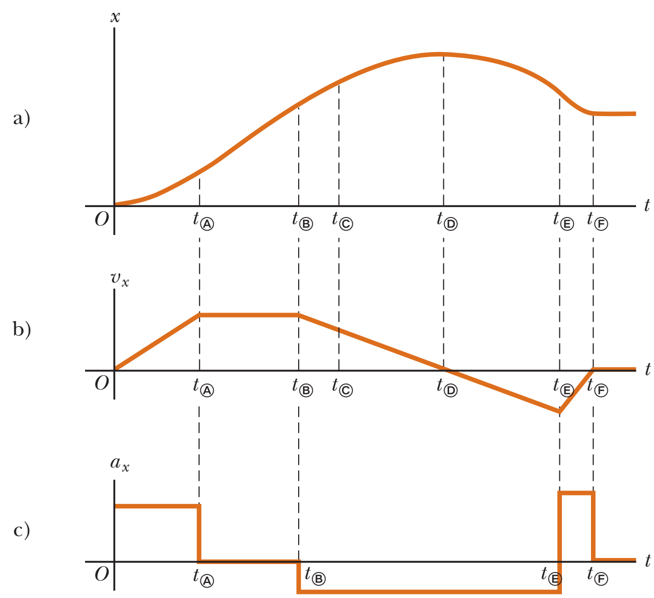


Figura 2.8 (Ejemplo 2.5) a) Gráfica posición-tiempo para un objeto que se mueve a lo largo del eje *x*. b) La gráfica velocidad-tiempo para el objeto se obtiene al medir la pendiente de la gráfica posición-tiempo en cada instante. c) La gráfica aceleración-tiempo para el objeto se obtiene al medir la pendiente de la gráfica velocidad-tiempo en cada instante.

EJEMPLO 2.6 Aceleración promedio e instantánea

La velocidad de una partícula que se mueve a lo largo del eje x varía de acuerdo con la expresión $v_x = (40 - 5t^2)$ m/s, donde t está en segundos.

A) Encuentre la aceleración promedio en el intervalo de tiempo $t = 0$ a $t = 2.0$ s.

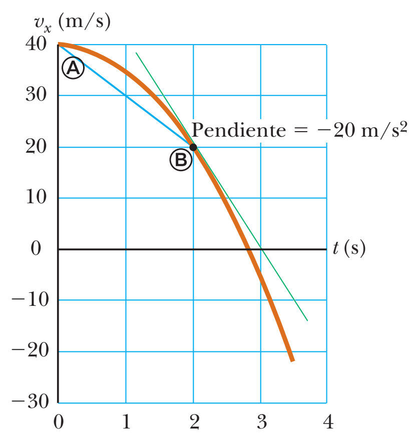


Figura 2.9 (Ejemplo 2.6) Gráfica velocidad-tiempo para una partícula que se mueve a lo largo del eje x de acuerdo con la expresión $v_x = (40 - 5t^2)$ m/s. La aceleración en $t = 2$ s es igual a la pendiente de la línea tangente verde en dicho tiempo.

SOLUCIÓN

Piense qué hace la partícula a partir de la representación matemática. ¿Se mueve en $t = 0$? ¿En qué dirección? ¿Aumenta velocidad o frena? La figura 2.9 es una gráfica v_x–t que se creó a partir de la expresión de velocidad en función del tiempo dada en el enunciado del problema. Puesto que la pendiente de toda la curva v_x–t es negativa, se espera que la aceleración sea negativa.

Encuentre las velocidades en $t_i = t_{\text{Ⓐ}} = 0$ y $t_f = t_{\text{Ⓑ}} = 2.0$ s al sustituir estos valores de t en la expresión para la velocidad:

$$v_{x\text{Ⓐ}} = (40 - 5t_{\text{Ⓐ}}^2)\ \text{m/s} = [40 - 5(0)^2]\ \text{m/s} = +40\ \text{m/s}$$

$$v_{x\text{Ⓑ}} = (40 - 5t_{\text{Ⓑ}}^2)\ \text{m/s} = [40 - 5(2.0)^2]\ \text{m/s} = +20\ \text{m/s}$$

Encuentre la aceleración promedio en el intervalo de tiempo especificado $\Delta t = t_{\text{Ⓑ}} - t_{\text{Ⓐ}} = 2.0$ s:

$$a_{x,\ \text{prom}} = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{t_f - t_i} = \frac{v_{x\text{Ⓑ}} - v_{x\text{Ⓐ}}}{t_{\text{Ⓑ}} - t_{\text{Ⓐ}}} = \frac{(20 - 40)\ \text{m/s}}{(2.0 - 0)\ \text{s}}$$

$$= \boxed{-10\ \text{m/s}^2}$$

El signo negativo es consistente con las expectativas, a saber: que la aceleración, representada por la pendiente de la línea que une los puntos inicial y final en la gráfica velocidad-tiempo, es negativa.

B) Determine la aceleración en $t = 2.0$ s.

SOLUCIÓN

Al saber que la velocidad inicial en cualquier tiempo t es $v_{xi} = (40 - 5t^2)$ m/s, encuentre la velocidad en cualquier tiempo ulterior $t + \Delta t$:

$$v_{xf} = 40 - 5(t + \Delta t)^2 = 40 - 5t^2 - 10t\,\Delta t - 5(\Delta t)^2$$

Encuentre el cambio en velocidad en el intervalo de tiempo Δt:

$$\Delta v_x = v_{xf} - v_{xi} = [-10t\,\Delta t - 5(\Delta t)^2] \text{ m/s}$$

Para encontrar la aceleración en cualquier tiempo t, divida esta expresión entre Δt y tome el límite del resultado conforme Δt tiende a cero:

$$a_x = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} (-10t - 5\Delta t) = -10t \text{ m/s}^2$$

Sustituya $t = 2.0$ s:

$$a_x = (-10)(2.0) \text{ m/s}^2 = \boxed{-20 \text{ m/s}^2}$$

Puesto que la velocidad de la partícula es positiva y la aceleración es negativa en este instante, la partícula disminuye su veocidad.

Note que las respuestas a los incisos A) y B) son diferentes. La aceleración promedio en A) es la pendiente de la línea azul que en la figura 2.9 conecta los puntos Ⓐ y Ⓑ. La aceleración instantánea en B) es la pendiente de la línea verde tangente a la curva en el punto Ⓑ. Repare también en que la aceleración *no* es constante en este ejemplo. Las situaciones que involucran aceleración constante se tratan en la sección 2.6.

Hasta el momento se han evaluado las derivadas de una función al comenzar con la definición de la función y luego tomar el límite de una relación específica. Si está familiarizado con el cálculo, reconocerá que hay reglas específicas para tomar derivadas. Estas reglas, que se mencionan en el apéndice B.6, le permiten evaluar derivadas rápidamente. Por ejemplo, una regla dice que la derivada de cualquier constante es cero. Como otro ejemplo, considere que x es proporcional a alguna potencia de t, como en la expresión

$$x = At^n$$

donde A y n son constantes. (Esta expresión es una forma funcional muy común.) La derivada de x respecto a t es

$$\frac{dx}{dt} = nAt^{n-1}$$

Al aplicar esta regla al ejemplo 2.5, en el que $v_x = 40 - 5t^2$, de inmediato se encuentra que la aceleración es $ax = dv_x/dt = -10t$.

2.5 Diagramas de movimiento

Con frecuencia los conceptos de velocidad y aceleración se confunden uno con otro, pero en realidad son cantidades muy diferentes. Al formar una representación mental de un objeto en movimiento, a veces es útil usar una representación pictórica llamada *diagrama de movimiento* para describir la velocidad y la aceleración mientras un objeto está en movimiento.

Un diagrama de movimiento se forma al considerar una fotografía *estroboscópica* de un objeto en movimiento, que muestra varias imágenes del objeto tomadas conforme la luz estroboscópica destella en intervalos constantes. La figura 2.10 representa tres conjuntos de fotografías estroboscópicas de automóviles que se mueven a lo largo de una autopista recta en una sola dirección, de izquierda a derecha. Los intervalos de tiempo entre los destellos del estroboscopio son iguales en cada parte del diagrama. De modo que, para no confundir las dos cantidades vectoriales, en la figura 2.10 se usa rojo para los vectores velocidad y violeta para los vectores aceleración. Los vectores se muestran en varios instantes durante el movimiento del objeto. Describa el movimiento del automóvil en cada diagrama.

En la figura 2.10a, las imágenes del automóvil están igualmente espaciadas, lo que muestra que el automóvil se mueve a través del mismo desplazamiento en cada intervalo de tiempo. Este espaciamiento igual es consistente con el automóvil que se mueve con *velocidad positiva constante* y *aceleración cero*.

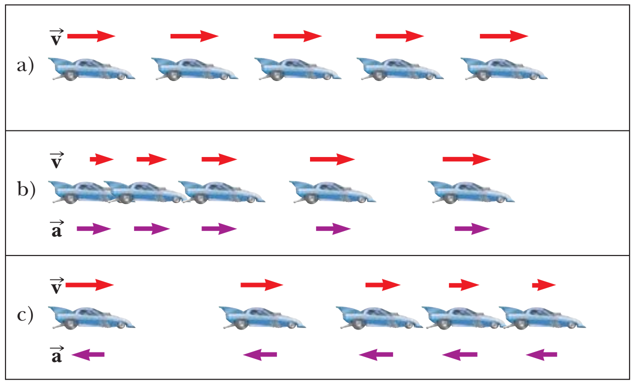


Figura 2.10 a) Diagrama de movimiento para un automóvil que se mueve con velocidad constante (aceleración cero). b) Diagrama de movimiento para un automóvil cuya aceleración constante está en la dirección de su velocidad. El vector velocidad en cada instante se indica mediante una flecha roja y la aceleración constante se indica mediante una flecha violeta. c) Diagrama de movimiento para un automóvil cuya aceleración constante está en la dirección *opuesta* a la velocidad en cada instante.

Se podría representar el automóvil como una partícula y describirlo con el modelo de partícula bajo velocidad constante.

En la figura 2.10b, las imágenes se separan más conforme avanza el tiempo. En este caso, el vector velocidad aumenta en longitud con el tiempo, porque el desplazamiento del automóvil entre posiciones adyacentes aumenta en el tiempo. Esta característica sugiere que el automóvil se mueve con una *velocidad positiva* y una *aceleración positiva*. La velocidad y la aceleración están en la misma dirección. En términos de la anterior discusión de fuerza, imagine una fuerza que jala al automóvil en la misma dirección en que se mueve: aumenta velocidad.

En la figura 2.10c, el automóvil frena conforme se mueve a la derecha porque su desplazamiento entre imágenes adyacentes disminuye con el tiempo. Este caso sugiere que el automóvil se mueve hacia la derecha con una aceleración negativa. La longitud del vector velocidad disminuye en el tiempo y eventualmente llega a cero. A partir de este diagrama se ve que los vectores aceleración y velocidad *no* están en la misma dirección. El automóvil se mueve con una *velocidad positiva*, pero con una *aceleración negativa*. (Este tipo de movimiento se muestra para un automóvil que derrapa hasta detenerse después de aplicar los frenos.) La velocidad y la aceleración están en direcciones opuestas. En términos de la anterior discusión de fuerza, imagine una fuerza que jala el automóvil en dirección opuesta a la que se mueve: frena.

Los vectores aceleración violeta en los incisos b) y c) de la figura 2.10 tienen todos la misma longitud. Por lo tanto, estos diagramas representan movimiento de una *partícula bajo aceleración constante*. Este modelo importante de análisis se discutirá en la siguiente sección.

Pregunta rápida 2.5 ¿Cuál de los siguientes enunciados es verdadero? a) Si un automóvil viaja hacia el este, su aceleración debe estar hacia el este. b) Si un automóvil frena, su aceleración debe ser negativa. c) Una partícula con aceleración constante nunca puede detenerse ni permanecer detenida.

2.6 La partícula bajo aceleración constante

Si la aceleración de una partícula varía con el tiempo, su movimiento es complejo y difícil de analizar. Sin embargo, un tipo muy común y simple de movimiento unidimensional, es aquel en el que la aceleración es constante. En tal caso, la aceleración promedio $a_{x,\,\text{prom}}$ en cualquier intervalo de tiempo es numéricamente igual a la aceleración instantánea a_x en cualquier instante dentro del intervalo, y la velocidad cambia con la misma proporción a lo largo del movimiento. Esta situación ocurre con suficiente frecuencia como para que se le identifique como un modelo de análisis: la **partícula bajo aceleración constante**. En la discusión que sigue se generan varias ecuaciones que describen el movimiento de una partícula para este modelo.

Si en la ecuación 2.9 sustituye $a_{x,\,\text{prom}}$ con a_x y toma $t_i = 0$ y t_f como cualquier tiempo t posterior, se encuentra que

$$a_x = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{t - 0}$$

o

$$v_{xf} = v_{xi} + a_x t \quad \text{(para } a_x \text{ constante)} \tag{2.13}$$

Esta poderosa expresión permite determinar la velocidad de un objeto en *cualquier* tiempo t, si se conoce la velocidad inicial v_{xi} del objeto y su aceleración a_x (constante). En la figura 2.11b se muestra una gráfica velocidad-tiempo para este movimiento con aceleración constante. La gráfica es una línea recta, cuya pendiente es la aceleración a_x; la pendiente (constante) es consistente con $a_x = dv_x/dt$ constante. Note que la pendiente es positiva, lo que indica una aceleración positiva. Si la aceleración fuese negativa, la pendiente de la línea en la figura 2.11b sería negativa. Cuando la aceleración es constante, la gráfica de aceleración en función del tiempo (figura 2.11c) es una línea recta que tiene una pendiente cero.

Puesto que la velocidad con aceleración constante varía linealmente en el tiempo, de acuerdo con la ecuación 2.13, se expresa la velocidad promedio en cualquier intervalo de tiempo como la media aritmética de la velocidad inicial v_{xi} y la velocidad final v_{xf}:

$$v_{x,\,\text{prom}} = \frac{v_{xi} + v_{xf}}{2} \quad \text{(para } a_x \text{ constante)} \tag{2.14}$$

Note que esta expresión para la velocidad promedio *sólo* se aplica en situaciones en que la aceleración es constante.

Ahora es necesario aplicar las ecuaciones 2.1, 2.2 y 2.14 para obtener la posición de un objeto como función del tiempo. Al recordar que Δx en la ecuación 2.2 representa $x_f - x_i$ y reconocer que $\Delta t = t_f - t_i = t - 0 = t$, se encuentra que

$$x_f - x_i = v_{x,\,\text{prom}}\, t = \tfrac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t$$

$$x_f = x_i + \tfrac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t \quad \text{(para } a_x \text{ constante)} \tag{2.15}$$

◀ Posición como una función de la velocidad y el tiempo

Esta ecuación proporciona la posición final de la partícula en el tiempo t en términos de las velocidades inicial y final.

Otra expresión útil para la posición de una partícula bajo aceleración constante se obtiene al sustituir la ecuación 2.13 en la ecuación 2.15:

$$x_f = x_i + \tfrac{1}{2}[v_{xi} + (v_{xi} + a_x t)]t$$

$$x_f = x_i + v_{xi}t + \tfrac{1}{2}a_x t^2 \quad \text{(para } a_x \text{ constante)} \tag{2.16}$$

◀ Posición como una función del tiempo

Esta ecuación proporciona la posición final de la partícula en el tiempo t en términos de la velocidad inicial y la aceleración constante.

La gráfica posición-tiempo para movimiento con aceleración constante (positiva) que se muestra en la figura 2.11a se obtiene de la ecuación 2.16. Perciba que la curva es una parábola. La pendiente de la línea tangente a esta curva en $t = 0$ es igual a la velocidad inicial v_{xi}, y la pendiente de la línea tangente en cualquier tiempo posterior t es igual a la velocidad v_{xf} en dicho tiempo.

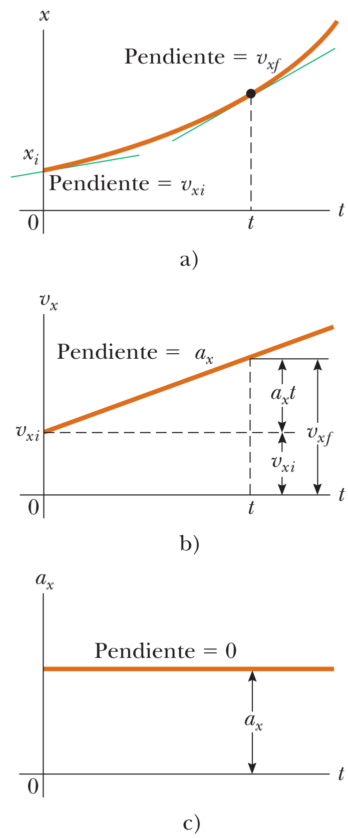


Figura 2.11 Una partícula bajo aceleración constante a_x que se mueve a lo largo del eje x: a) gráfica posición-tiempo, b) gráfica velocidad-tiempo y c) gráfica aceleración-tiempo.

Por último, es posible obtener una expresión para la velocidad final que no contenga tiempo como variable al sustituir el valor de t de la ecuación 2.13 en la ecuación 2.15:

$$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})\left(\frac{v_{xf} - v_{xi}}{a_x}\right) = x_i + \frac{v_{xf}^2 - v_{xi}^2}{2a_x}$$

Velocidad como una función de la posición

$$v_{xf}^2 = v_{xi}^2 + 2a_x(x_f - x_i) \quad \text{(para } a_x \text{ constante)} \tag{2.17}$$

Esta ecuación proporciona la velocidad final en términos de la velocidad inicial, la aceleración constante y la posición de la partícula.

Para movimiento con aceleración *cero*, se ve de las ecuaciones 2.13 y 2.16 que

$$\left.\begin{aligned} v_{xf} &= v_{xi} = v_x \\ x_f &= x_i + v_x t \end{aligned}\right\} \quad \text{cuando } a_x = 0$$

Esto es, cuando la aceleración de una partícula es cero, su velocidad es constante y su posición cambia linealmente con el tiempo. En términos de modelos, cuando la aceleración de una partícula es cero, el modelo de partícula bajo aceleración constante se reduce al modelo de partícula bajo velocidad constante (sección 2.3).

TABLA 2.2

Ecuaciones cinemáticas para movimiento de una partícula bajo aceleración constante

Número de ecuación	Ecuación	Información que se conoce por la ecuación
2.13	$v_{xf} = v_{xi} + a_x t$	Velocidad como función del tiempo
2.15	$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_{xi} + v_{xf})t$	Posición como función de velocidad y tiempo
2.16	$x_f = x_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2$	Posición como función del tiempo
2.17	$v_{xf}^2 = v_{xi}^2 + 2a_x(x_f - x_i)$	Velocidad como función de la posición

Nota: El movimiento es a lo largo del eje x.

Nueva edición de la ya conocida obra de Raymond A. Serway y John W. Jewett Jr. Esta séptima edición, además de conservar la gran capacidad didáctica que la ha caracterizado, cuenta con el soporte de herramientas tecnológicas que proveen de más apoyo al usuario durante el desarrollo del curso.

Características

- En el capítulo 2 permanece la sección sobre la estrategia para resolver problemas.
- A lo largo de los capítulos 3 a 5 se utiliza explícitamente dicha estrategia, para que el alumno aprenda a emplearla.
- Los capítulos 7 y 8 se reorganizaron completamente para preparar al estudiante para el planteamiento de energía que se hace a través del libro.
- Una nueva sección en el capítulo 9 enseña al estudiante cómo analizar sistemas deformables con la ecuación de la conservación de la energía y el teorema de impulso-momentum.
- Aproximadamente el 23% de los problemas son nuevos.
- Se mantiene la sección *¿Qué pasaría si?* en los ejemplos resueltos, para ofrecer una variación al ejemplo que estimule la capacidad de razonamiento del estudiante.

Estas características, entre muchas otras que descubrirá al interior del texto, aunadas al lenguaje claro y accesible con el que desarrolla los temas, lo harán sin duda alguna, su libro de física favorito; tanto si usted es docente como si es estudiante de alguna licenciatura en el área de ingeniería o ciencias.

ISBN-13: 978-607481357-9
ISBN-10: 607481357-4

9 786074 813579

CENGAGE Learning™

http://latinoamerica.cengage.com