Cinemática lineal
Tercer año medio

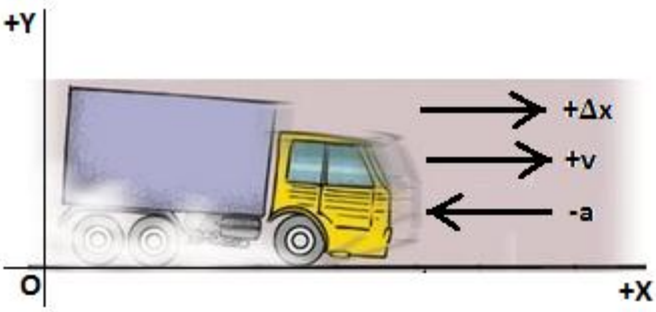
Al finalizar el estudio de los vectores, estamos en condiciones de estudiar la cinemática de la partícula. Esta área de la física estudia los movimientos sin importar las razones (fuerzas) que lo producen. Por ejemplo, la cinemática estudia la caída libre, el movimiento de un automóvil, el movimiento de un atleta, con el fin de describir su movimiento y pronosticar su comportamiento, haciendo uso del lenguajematemático, más conocido como ecuaciones.

Para facilitar la compresión y trabajo con los movimientos, la cinemática presenta dos tipos de movimientos, clasificados según sus características:

Movimiento rectilíneo uniforme MRU: el mru es un tipo de movimiento, en línea recta, con una velocidad constante, es decir, que no cambia. Esta invariabilidad de la velocidad hace que su aceleración (cambio de velocidad) sea igual a 0[m/s^2].

Movimiento uniformemente acelerado MUA: el mua es un tipo de movimiento cuya velocidad varía, en intervalos iguales, ya sea para aumentar o disminuir su valor. Esto significa que su aceleración es constante en un valor distinto de 0[m/s^2].

[1] El estudio de la cinemática debe estar contextualizado en un marco matemático regido por un sistema coordenado cartesiano, por lo que las cantidades involucradas para la descripción de los movimientos (posición, velocidad y aceleración) deben considerar los signos para las expresiones matemáticas. Por ejemplo, un vehículo que se mueve hacia la derecha, como muestra la figura, posee un desplazamiento positivo (+Δx), ya que a pesar de estar frenando igual avanza, una velocidad positiva (+v), ya que es el valor el que disminuye, pero el vector sigue apuntando hacia la derecha y una aceleraciónnegativa (-a), ya que el cambio de velocidad es negativo, porque la velocidad final del móvil es menor que la velocidad inicial del cuerpo. Cabe destacar que en ningún caso (en la física newtoniana) el tiempo es negativo.



Conociendo la convención de signos que se utilizará en este estudio, podemos empezar a analizar cada tipo de movimiento, con sus ecuaciones y gráficos asociados.

Movimiento rectilíneo uniforme

El MRU es un movimiento en línea recta con velocidad constante. Debido a que su aceleración es 0[m/s^2], no presenta cambios en su vector velocidad, ya sea en la magnitud ni en la dirección, de ahí que siga en línea recta. La ecuación del MRU nace de la ecuación de la velocidad, de forma tal que

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow \Delta x = v\Delta t \rightarrow x_f - x_i = v\Delta t \therefore \boldsymbol{x_f = x_i \pm v\Delta t}$$

[1]imagen disponible en https://sites.google.com/site/timesolar/cinematica/aceleracion

Donde x_f es la posición final, x_i es la posicióninicial del móvil, v es la velocidad del movil y Δt es el intervalo de tiempo en el cual quiero calcular la posiciónfinal del cuerpo que se mueve. En este contexto, existen algunas premisas que valen la pena destacar:

1) las posiciones pueden ser expresadas como x o y, según corresponda a un movimiento horizontal (sobre eje X) o vertical (sobre eje Y)
2) el signo $\pm$hace referencia a que la velocidad puede tener valores positivos o negativos, según indique el eje cartesiano. esto también es aplicable a la posición, ya que pueden existir posiciones negativas.

De esta ecuación, podemos obtener gráficos que permiten analizar el MRU de forma representativa.

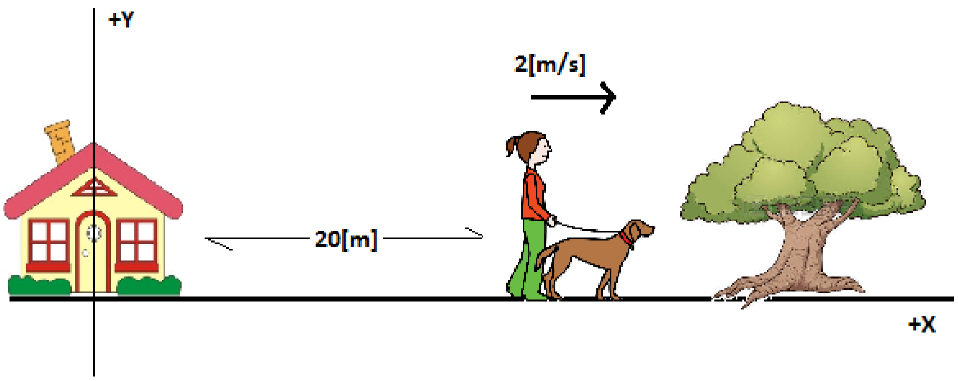
Gráficos del MRU

En todo movimiento, más allá que sea MRU o MUA, se pueden realizar graficas asociadas a la posición, velocidad y aceleración en función del tiempo. En todos estos gráficos, la variable independiente (eje horizontal) es el tiempo, ya que esta cantidad no podemos alterarla en la mecánica newtoniana, mientras que la cantidad dependiente será la posición, velocidad o aceleración, según corresponda.

Para construir un grafico, necesitamos una situación de MRU. A continuación, haremos los gráficos para un ejemplo dado.

Ejemplo:

Paulina vive en una casa, ubicada a 20[m] de una plaza. Su mamá le pide que saque a pasear al perro de la familia a la plaza. Paulina toma al perro en brazos, cruza la calle, deja al perro en el suelo, le coloca su correa, y comienza su movimiento con una apacible velocidad constante de 2[m/s]. En esta situación, establezca la ecuación de movimiento de Paulina, y las graficas X v/s t, V v/s t y a v/s t para el movimiento de Paulina.



[2]

Solución:

Definamos la ecuación del movimiento de Paulina. Si la ecuación de un MRU es $x_f = x_i \pm v\Delta t$, podemos identificar la posición inicial de Paulina es 20[m], ya que su

[2]imágenes disponibles en https://es.123rf.com/imagenes-de-archivo/arboles_de_caricatura.html, http://www.fundacionamoryfecali.org/actividades-y-eventos-dic-2012.html, http://perropaseos.blogspot.cl/2012/08/pasear-al-perro.html

movimiento se inicia a 20[m] de su casa, que es el origen del plano cartesiano. Su velocidad es de +2[m/s], ya que su velocidad apunta hacia el eje +X. En este caso, se puede establecer que la ecuación de movimiento de Paulina, contando desde su casa, es

$$x_f = x_i \pm v\Delta t \rightarrow x_f = 20 + 2t$$

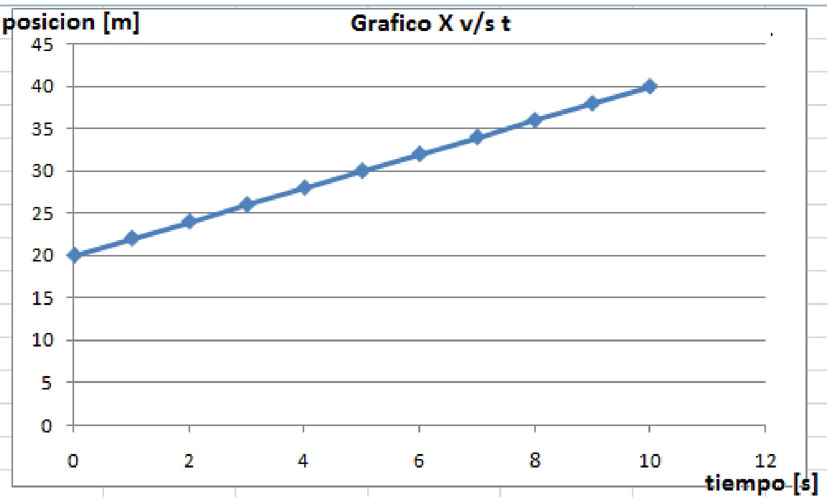
Por lo tanto, si quisiéramos determinar la posición de Paulina después de 10[s] después de iniciado su movimiento, solo basta con reemplazar este valor en la ecuación de forma que $x_f = 20 + 2(10) \rightarrow x_f = 20 + 20 \rightarrow x_f = 40$, por lo tanto, Paulina está ubicada a 40[m] de su casa.

Gráfico X v/s t

En este caso, comenzaremos a darle valores a la ecuación de movimiento de Paulina para crear el grafico de posición versus tiempo. En una tabla, daremos valores al tiempo y veremos cómo se comporta la posición de Paulina. A continuación, se presenta la tabla y su grafico correspondiente

Ecuacion $x_f = 20 + 2t$

tiempo [s]	posicion[m]
0	20
1	22
2	24
3	26
4	28
5	30
6	32
7	34
8	36
9	38
10	40



En este grafico de posición versus tiempo, se puede observar que el comportamiento es una línea recta, con pendiente positiva, en el cual se pueden hacer algunas observaciones:

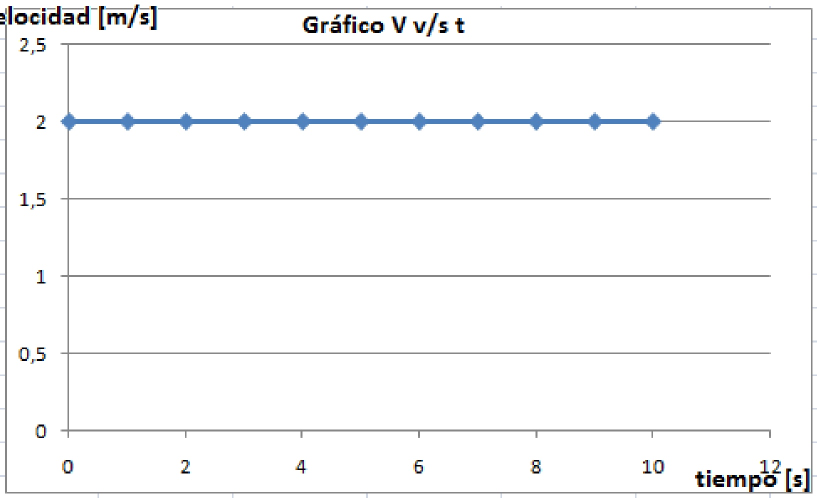
a) el intercepto del grafico (punto donde la recta toca con el eje vertical), corresponde a la posición inicial de Paulina
b) la pendiente del grafico (m), cuyo valor es positivo, corresponde a la velocidad de Paulina. Por ejemplo, si $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1}$, y tomamos dos puntos al azar, tales como cuando t=5 y t=7, nos queda que $m = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} = \frac{30-34}{5-7} = \frac{-4}{-2} = +2$, y como X se mide en metros y t en segundos, nos queda $m = +2\left[\frac{m}{s}\right]$

Gráfico V v/s t

Para este grafico, se debe considerar que la velocidad es constante en su valor. Por lo tanto, la tabla de datos varia, de forma como muestra la figura adjunta. Nótese que en todo instante, Paulina tiene la misma velocidad, ya que la pendiente de su grafico es constante en cualquier intervalo de tiempo (compruébelo tomando dos puntos al azar)

Ecuacion $x_f = 20 + 2t$

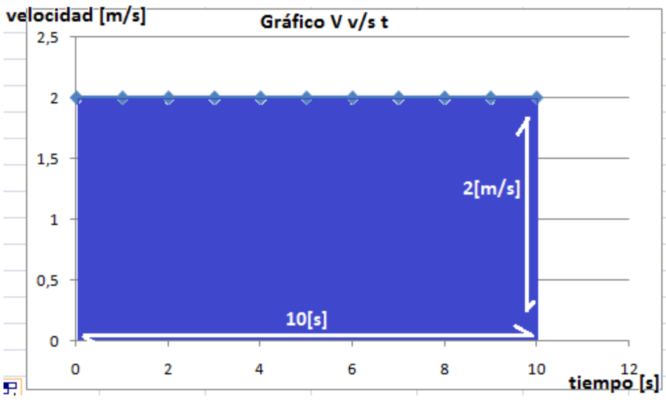
tiempo [s]	velocidad [m/s]
0	2
1	2
2	2
3	2
4	2
5	2
6	2
7	2
8	2
9	2
10	2



En este grafico de velocidad versus tiempo, se pueden aplicar algunas normas aplicables en todo grafico de este tipo.

a) el intercepto constituye el valor de la velocidad inicial del movimiento, que en este caso no cambia

b) el área bajo la curva corresponde al desplazamiento del cuerpo (cuanto se movió a partir de su posición inicial). En este caso, se observa que el área bajo la recta, en los primeros 10[s] es un rectángulo, como muestra la figura. Este rectángulo es de 2[m/s] de altura y de 10[s] de alto, que al aplicar el área de un rectángulo que corresponde a $A = altura * base = 2\left[\frac{m}{s}\right] * 10[s] = 20[m]$,



que corresponde al desplazamiento de Paulina, desde que inicio su movimiento. si queremos saber su posición respecto de su casa, solo le agregamos su posición inicial, dándonos un valor de 40[m] respecto de su casa, lo que coincide con el valor de la tabla x v/s t.

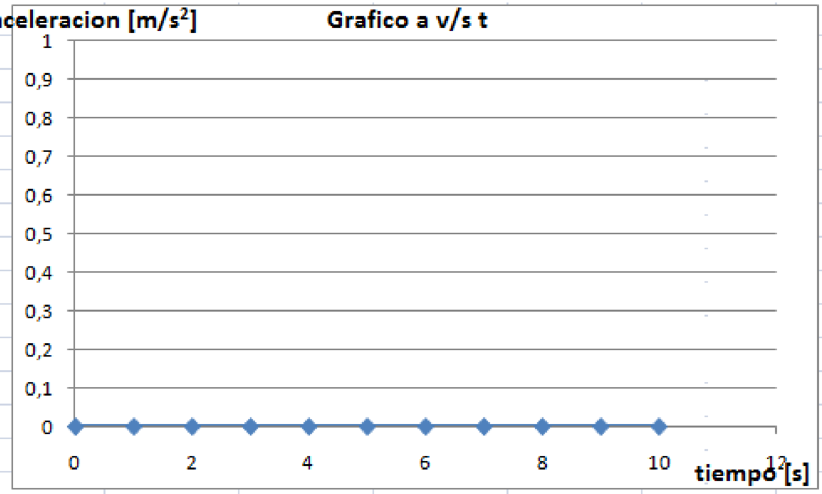
c) si un cuerpo retrocede, significa una velocidad negativa, por lo que se representa como una línea paralela al eje del tiempo, ubicada debajo de este eje.

Grafico a v/s t

El grafico de aceleración versus tiempo es bastante simple para un MRU, ya que el valor de la aceleración en este movimiento es siempre 0[m/s^2], tal como muestra la grafica, ya que no hay cambios en la velocidad de Paulina (no corre ni se detiene)

Ecuacion $x_f = 20 + 2t$

tiempo [s]	aceleracion
0	0
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0



<u>Movimiento uniformemente acelerado</u>

El MUA es un movimiento con aceleración constante distinta de 0[m/s^2], lo que hace que la velocidad sufra cambios continuos para aumentar su valor o disminuir su valor (aceleración negativa o positiva). En el caso del desplazamiento, las variaciones producidas por una aceleración constante hace que las posiciones no aumenten (o disminuyan) de forma continua.

Este tipo de comportamiento se puede representar mediante las ecuaciones asociadas al MUA que, en este curso, consideraremos por ser las más generales en términos matemáticos. Estas ecuaciones son:

- *<u>Ecuación de la velocidad</u>*: permite establecer el valor de la velocidad en cualquier instante del movimiento. Esta relación se expresa como $V_f = V_i \pm a\Delta t$
- *<u>Ecuación de velocidad independiente del tiempo</u>*: permite establecer el valor de la velocidad cuando no se tiene el dato del tiempo. Esta ecuación se expresa como $V_f^2 = V_i^2 \pm 2a\Delta x$
- *<u>Ecuación de la trayectoria</u>*: permite establecer la posición del cuerpo en cualquier instante, independiente de la forma del camino recorrido. Esta ecuación se establece como $X_f = X_i \pm V_i\Delta t \pm \frac{1}{2}a(\Delta t^2)$

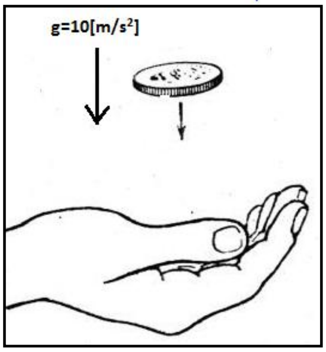
Cabe destacar que a estas ecuaciones se les puede aplicar las misma premisas del MRU, donde X puede ser Y y además el signo $\pm$ significa que las cantidades pueden ser positivas o negativas según el sistema coordenado aplicado. A continuación, se presenta un ejemplo asociado a la generación de gráficos en un MUA.

Gráficos del MUA

Al igual que en el MRU, en el MUA se pueden establecer gráficos de posición, velocidad y aceleración en función del tiempo. En este movimiento, se aplicará la misma metodología, pero los resultados varían en su grafica. Hagamos un ejemplo.

Ejemplo

Se lanza una moneda hacia el cielo, con una velocidad inicial de 72[km/h]. En esta situación, escriba las ecuaciones del movimiento y construya los gráficos de aceleración versus tiempo, velocidad versus tiempo y la posición versus tiempo en esta situación.



Solución:

Este movimiento es claramente acelerado, ya que actúa la aceleración de gravedad en todo instante. Nótese que su valor es de -10[m/s^2], ya que apunta verticalmente hacia abajo, y en un plano cartesiano esto es $-\hat{\jmath}$. Esto debe considerarse en el caso de construir las ecuaciones de movimiento.Además, se puede establecer que en el punto más alto de la trayectoria, la velocidad de la moneda es 0[m/s], ya que la moneda detiene su movimiento, y comienza a caer a la mano. Este análisis permite establecer algunas concisiones que podrán ser comprobadas en los gráficos, y facilitan el trabajo con las ecuaciones. Otra observación es que, a pesar de la tentación de usar los [km/h], la velocidad debe tener unidades de [m/s], de forma que

$$72\left[\frac{km}{h}\right]\left(\frac{1000\ m}{1\ km}\right)\left(\frac{1\ h}{3600\ s}\right)=\frac{72*1000}{3600}\left[\frac{m}{s}\right]=20\left[\frac{m}{s}\right]$$

Teniendo en cuenta este valor, podemos estructurar las ecuaciones del MUA:

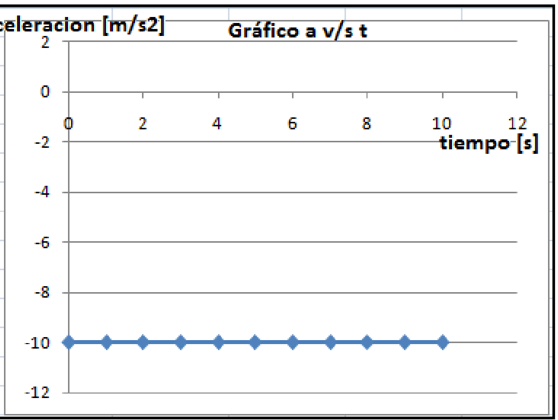
- <u>*Ecuación de la velocidad*</u>: $V_f = 20 - 10t$
- <u>*Ecuación de velocidad independiente del tiempo*</u>: $V_f^2 = 20^2 - 20\Delta x$
- <u>*Ecuación de la trayectoria*</u>: $y = 0 + 20t - 5t^2$

Ahora, podemos generar nuestros gráficos. Comenzaremos con el grafico más simple, el de aceleración versus tiempo

Grafico a v/s t

El MUA posee aceleración constante, por lo que su grafica es una línea paralela al eje del tiempo. Debido a que posee valor negativo, la grafica de la aceleración queda bajo la línea del tiempo. En caso de aceleración positiva, queda sobre este eje. A continuación, se presenta la grafica descrita.

tiempo [s]	aceleracion
0	-10
1	-10
2	-10
3	-10
4	-10
5	-10
6	-10
7	-10
8	-10
9	-10
10	-10



Una observación importante en este grafico que podemos anotar es que el área bajo la curva corresponde al valor de la variación de la velocidad del cuerpo, ya que $\Delta V = a\Delta t$. Recuerde la metodología del cálculo del área de un rectángulo en el caso del grafico V v/s t del MRU.

Grafico V v/s t

El grafico de velocidad versus tiempo claramente se verá modificado por la aceleración del movimiento. Este toma características de una recta con pendiente. A continuación, se presenta la ecuación, tabla y grafico para este caso.

ecuacion	$V_f = 20 - 10t$
tiempo [s]	velocidad [m/s]
0	20
1	10
2	0
3	-10
4	-20
5	-30
6	-40
7	-50
8	-60
9	-70
10	-80

Algunas observaciones que se pueden anotar respecto a este gráfico:

- La pendiente de la recta descrita corresponde a la aceleración del cuerpo. Nótese que este grafico posee una pendiente negativa y de valor 10[m/s^2], lo cual Usted puede comprobar mediante la ecuación $m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$
- Nótese que en los primeros dos segundos, la velocidad disminuye su valor a 0[m/s]. Analizando este resultado, podemos deducir que el punto más alto se alcanza después de dos segundos. En el punto más alto de un movimiento vertical, afectado por la aceleración de gravedad, el valor de la velocidad es 0[m/s]. Después de este instante, la velocidad comienza a aumenta su valor pero de forma negativa, lo que indica que comenzó a caer nuevamente a la mano, llegando con la misma velocidad de salida.
- El área bajo la curva en este movimiento corresponde al desplazamiento de la moneda, que en este caso, debería ser 0[m]…¿Por qué?
- Nótese que los puntos desde 5[s] pueden ser desechados, ya que a los 4[s] ya la moneda está en la mano. Los puntos sobre 5[s] no son validos en la realidad, ya que son resultados solo de una progresión matemática. Este criterio se aplicará para la generación del grafico X v/s t.

Grafico X v/s t

Este grafico presenta una estructura parabólica, ya que la ecuación que lo construye posee un término al cuadrado, lo que genera una cónica. Para este grafico, podemos establecer la ecuación de la trayectoria, que entrega las posiciones en cualquier instante del movimiento. A continuación, se presenta la tabla de datos que permite establecer la grafica X v/s t, considerando el intervalo de tiempo estudiado, que va desde los 0[s] a los 4[s] (en la realidad física).

ecuacion $y = 0 + 20t - 5t^2$

tiempo [s]	posicion [m]
0	0
1	15
2	20
3	15
4	0
5	no aplica

Observaciones

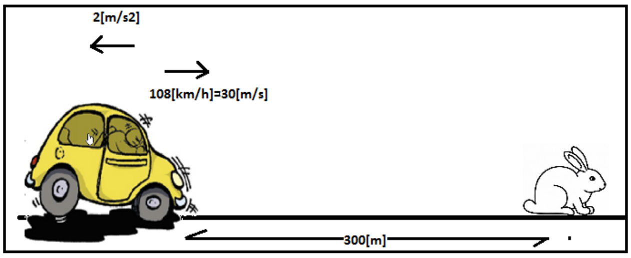
- Se puede ver que la posición máxima alcanzada por la moneda se da a los 2[s], es decir, que la máxima altura que alcanza, respecto a la mano, es 20[m].
- La velocidad en la atura máxima es 0[m/s], ya que ese punto no posee pendiente.

<u>Aplicaciones de la cinemática de la partícula</u>

<u>Aplicaciones lineales del MUA</u>

Ejercicio ejemplo:

Un automóvil viaja a una velocidad de 108[km/h] por una carretera. En un instante determinado, el conductor divisa un conejo, a una distancia de 300[m] del automóvil. Acciona sus frenos, generando una desaceleración de -5[m/s^2] al automóvil. En esta situación, determine:



a) Si el conductor logra detenerse antes de hacerle daño al conejo.
b) el tiempo que demoró en detenerse
c) la desaceleración requerida para detenerse justo antes de generar un accidente con el conejo

Solución:

a) Usted debe saber que si el automóvil frena completamente después de los 300[m], el conejo es historia. Por lo tanto, si la distancia recorrida hasta que la velocidad del automóvil sea 0[m/s] es mayor que 300[m], estaríamos hablando de una lamentable perdida. Apliquemos las ecuaciones de cinemática para saber si hay accidente o no.

Se sabe que la cinemática tiene 4 ecuaciones fundamentales, que son las que siguen

1) $x_f = x_i \pm v\Delta t(\text{MRU})$
2) $V_f = V_i \pm a\Delta t\ (MUA)$
3) $V_f^2 = V_i^2 \pm 2a\Delta x\ (MUA)$
4) $X_f = X_i \pm V_i\Delta t \pm \frac{1}{2}a(\Delta t^2)(MUA)$

Con las cuales podemos calcular cantidades del movimiento según los datos que podamos obtener de la lectura de la situación planteada. En este caso, sabemos que la velocidad final del auto es 0[m/s], ya que se detiene completamente. Además, sabemos que su aceleración es de -5[m/s^2] y que no tenemos el tiempo, ya que es una incógnita a calcular (pregunta b). Considerando esto, es que podemos escoger, por descarte, una ecuación para utilizar: descartamos la 1 ya que es solo para MRU, y este movimiento no lo es, y la 2 y la 4 porque dependen del tiempo, que tampoco tenemos. Por descarte, debemos utilizar la ecuación 3:

$$V_f^2 = V_i^2 \pm 2a\Delta x \rightarrow 0 = (30\left[\frac{m}{s}\right])^2 - 2 * 5\left[\frac{m}{s^2}\right] * \Delta x$$

Así queda si reemplazamos datos. Nótese que el signo de la aceleración ya ha sido ingresado. Ahora podemos despejar nuestra incógnita:

$$\Delta x = \frac{-(30\left[\frac{m}{s}\right])^2}{-10\left[\frac{m}{s^2}\right]} = \frac{-900\left[\frac{m^2}{s^2}\right]}{-10\left[\frac{m}{s^2}\right]} = 90[m]$$

Es decir, ¡el conejo está a salvo!

b) el tiempo que demoro en detenerse: en este caso, eliminamos la ecuación 1 (MRU) y la ecuación 3 ya que no tiene tiempo. Nos queda solo la ecuación 2 y 4, las cuales sirven las dos, pero la ecuación 4 ofrece dos soluciones. Por ahora, utilizaremos la ecuación 2 en la cual reemplazamos datos y calculamos el tiempo

$$V_f = V_i \pm a\Delta t \rightarrow 0 = 30\left[\frac{m}{s}\right] - 5\left[\frac{m}{s^2}\right]t \rightarrow t = \frac{-30\left[\frac{m}{s}\right]}{-5\left[\frac{m}{s^2}\right]} = 6[s]$$

Dato importante: EL TIEMPO NUNCA ES NEGATIVO, ya que contradice las leyes de la física newtoniana.

c)La desaceleración requerida para detenerse justo antes de generar un accidente con el conejo: escogemos una ecuación (ecuación 1 NO), la que nos permita calcular la distancia sin necesitar el tiempo, ya que ahora, como es una distancia nueva, hay una nuevo tiempo de frenado. En este caso, usaremos nuevamente la ecuación 3, pero ahora es la aceleración nuestra incógnita:

$$V_f^2 = V_i^2 \pm 2a\Delta x \rightarrow 0 = (30\left[\frac{m}{s}\right])^2 + 2 * a * 300[m]$$

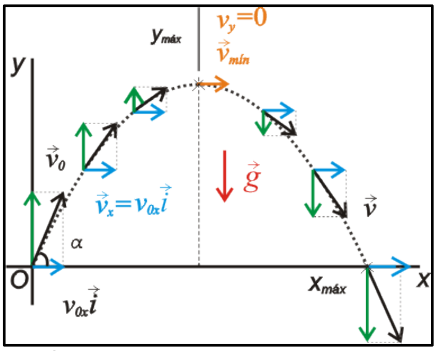
Observando que ahora no tenemos cambio de signo, ya que la distancia recorrida es hacia el lado positivo (derecha) de nuestro plano. Si despejamos para calcular la aceleración queda como:

$$a = \frac{-(30\left[\frac{m}{s}\right])^2}{600[m]} = \frac{-900\left[\frac{m^2}{s^2}\right]}{600[m]} = -1{,}5\left[\frac{m}{s^2}\right]$$

Es claro que el signo de nuestra aceleración es negativo, ya que se opone al movimiento del vehículo. Esta metodología es aplicable a movimientos horizontales como verticales.

<u>Caso: lanzamiento de proyectiles</u>

[3] El lanzamiento de proyectiles es una combinación de movimientos, los cuales integran la aceleración de gravedad terrestre ($g = 9{,}8\left[\frac{m}{s^2}\right] \approx 10\left[\frac{m}{s^2}\right]$). Obviamente, ya que g apunta hacia el centro de la Tierra, generalmente se considera con signo negativo. El estudio de los proyectiles considera que en el eje horizontal un proyectil describe un MRU, mientras que en el eje vertical presenta un MUA con aceleración igual a g. Nótese que la velocidad inicial, por ser un vector, puede ser descompuesta en velocidad inicial en Y (vector verde en la figura), el cual cambia durante la trayectoria, y en una velocidad inicial en X (vector celeste), el cual no cambia su valor. En el punto más alto, la velocidad vertical del proyectil es 0[m/s], pero horizontalmente sigue moviéndose.



Para el análisis del lanzamiento de proyectiles, se debe considerar las siguientes ideas:

- El valor del tiempo es el mismo para ambos movimientos, es decir, si calcula el tiempo haciendo uso de las ecuaciones del movimiento horizontal, sirva también para el movimiento vertical
- Siempre debe descomponer la velocidad inicial si esta presenta ángulo distinto de 0°. Cada valor se debe utilizar por separado.
- Recuerde los valor comunes en la trayectoria del proyectil: aceleración de gravedad de -10[m/s^2] y velocidad vertical en el punto más alto igual a 0[m/s]

A continuación, se presenta un ejemplo para el análisis del movimiento de un proyectil.

Ejercicio ejemplo

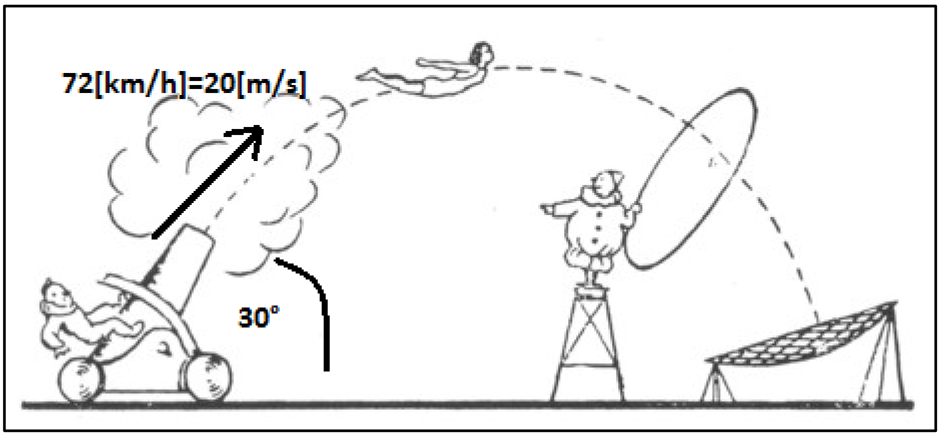
El hombre bala, acto circense conocido por todos, posee el movimiento de un proyectil. Generalmente este hombre es "disparado" con una velocidad de 72[km/h] en un ángulo de 30°, tal como muestra la figura. En esta situación, establezca:

a) *La velocidad inicial, tanto horizontal como vertical, del hombre bala*
b) *La altura máxima que alcanza durante su movimiento*
c) *El tiempo total de viaje*
d) *La distancia a la cual debe estar la malla que lo recibe después del movimiento*

[3]Imagen disponible en http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/cinematica/cinematica2.htm

Calle René Pienovi 499, Recreo, Viña del Mar - Fono: 032-2663965 - mail: secredirejcbre@gmail.com - www.liceojcbrecreo.cl

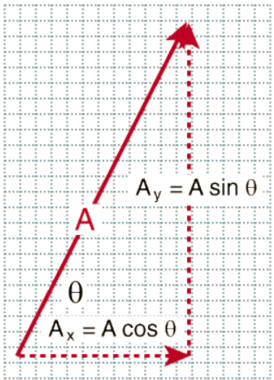
[4]



[5]Solución:

a) *La velocidad inicial, tanto horizontal como vertical, del hombre bala:* Recordando la descomposición vectorial, se sabe que un vector posee un cateto opuesto y uno adyacente al ángulo, como muestra la figura. En esta caso, la hipotenusa tiene un valor de 20[m/s], por lo tanto, las velocidades iniciales son

$$V_{0Y} = 20\left[\frac{m}{s}\right] sen30° = 10\left[\frac{m}{s}\right]$$
$$V_{0X} = 20\left[\frac{m}{s}\right] cos30° = 17{,}32\left[\frac{m}{s}\right]$$



b) *La altura máxima que alcanza durante su movimiento:* para aplicar alguna ecuación, debemos analizar en qué eje estaremos trabajando. En este caso, la altura máxima es una cantidad vertical, por ende, solo se pueden aplicar ecuaciones del MUA. En este caso, los datos disponibles son la velocidad inicial y final vertical, la aceleración del cuerpo. El tiempo es una incógnita, ya que necesitamos calcularlo en la próxima pregunta. En este caso, aplicando el descarte de ecuaciones, eliminamos la 1(MRU) y las dos que dependen del tiempo (2 y 4), quedándonos solo la ecuación 3. Por lo tanto,

1) $x_f = x_i \pm v\Delta t$ (MRU)
2) $V_f = V_i \pm a\Delta t\ (MUA)$
3) $V_f^2 = V_i^2 \pm 2a\Delta x\ (MUA)$
4) $X_f = X_i \pm V_i\Delta t \pm \frac{1}{2}a(\Delta t^2)(MUA)$

$$V_f^2 = V_i^2 \pm 2a\Delta x \rightarrow 0 = (10\left[\frac{m}{s}\right])^2 - 2 * g * \Delta y \rightarrow \Delta y = \frac{-(10\left[\frac{m}{s}\right])^2}{-2 * 10\left[\frac{m}{s^2}\right]}$$

Nótese que el signo de la aceleración ya ha sido considerado. Por lo tanto, la altura máxima seria

$$\Delta y = \frac{-(10\left[\frac{m}{s}\right])^2}{-2 * 10\left[\frac{m}{s^2}\right]} = \frac{-100\left[\frac{m^2}{s^2}\right]}{-20\left[\frac{m}{s^2}\right]} = 5[m]$$

[4]Imagen disponible en http://www.librosmaravillosos.com/mecanicaparatodos/capitulo04.html

[5]Imagen disponible en http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/vect.html

c) *El tiempo total de viaje:* esto se puederealizar de dos formas. La primera tomaremos la ecuación 2 y aplicaremos nuestros datos antes trabajados, relacionados con el punto de altura máxima.

$$V_f = V_i \pm a\Delta t \rightarrow 0 = 10\left[\frac{m}{s}\right] - 10\left[\frac{m}{s^2}\right]\Delta t \therefore \Delta t = \frac{-10\left[\frac{m}{s}\right]}{-10\left[\frac{m}{s^2}\right]} = 1[s]$$

Este tiempo solo considera el tiempo de subida. Como este movimiento empieza y termina en el mismo suelo, entonces el tiempo de subida es igual al tiempo de bajada, por lo tanto el tiempo total seria 2[s] (1[s] subida + 1[s] bajada). Sin embargo, también se puede aplicar la ecuación 4. En esta ecuación reemplazaremos el desplazamiento vertical del cuerpo $\Delta y = 0[m]$, ya que empieza y termina en el mismo lugar, verticalmente hablando. Su velocidad inicial es de 10[m/s] y su aceleración es de -10[m/s^2]. Reemplazando estos datos en la ecuación 4, quedaría de la siguiente forma

$$\Delta y = V_i\Delta t \pm \frac{1}{2}at^2 \rightarrow 0 = 10\left[\frac{m}{s}\right]t - \frac{1}{2} * 10\left[\frac{m}{s^2}\right]t^2 \rightarrow \mathbf{0 = 10t - 5t^2} \rightarrow \mathbf{5t^2 - 10t = 0}$$

Es decir, que esta ecuación toma forma de $at^2 + bt + c = 0$, lo cual es una ecuación de segundo grado, cuyas solución son dos, y que se pueden obtener mediante la aplicación de la formula $t = \frac{-b\pm\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$. Si $a = 5, b = -10\ y\ c = 0$, esta ecuación queda como $t = \frac{10\pm\sqrt{100}}{10}$, donde la primera solución es $t = \frac{10+10}{10} = \frac{20}{10} = 2[s]$ y la segunda es $t = \frac{10-10}{10} = \frac{0}{10} = 0[s]$, lo que físicamente significa que el hombre bala en dos tiempos posee una posición vertical de 0[m]: cuando sale del cañón (t=0[s]) y cuando cae nuevamente al suelo (t=2[s]). Considere Usted que si el piso tuviese un desnivel, los tiempos de subida y bajada no serían los mismos.

d) *La distancia a la cual debe estar la malla que lo recibe después del movimiento:* este cálculo es bastante simple, ya que la única ecuación que nos sirve es la de MRU, ya que en lanzamiento de proyectiles el movimiento es uniforme. E este caso ya sabemos que el tiempo de viaje es de 2[s], por lo que la ecuación del MRU quedaría de la siguiente forma

$$X_f = X_i \pm V_{oX}\Delta t \rightarrow X_f = 0[m] + 17{,}32\left[\frac{m}{s}\right] * 2[s] \rightarrow X_f = 34{,}64[m]$$

Es decir, la malla debe estar ubicada a 34 metros con 64 centímetros. ¡Así de exacto es esto!

Para ejercitar el análisis de gráficos, se sugiere descargar la guía de cinemática del profesor Jorge Mendoza Dueñas, disponible en PDF en https://trumbull.files.wordpress.com/2008/05/17-cinematica-test-graficos.pdf