# ANUNCIOS

**1.- 1er. Parcial: Viernes 13 de mayo hora 16:00. En forma presencial**

**2- Segunda evaluación corta:** Desde jueves 21/4 al sábado 23/4. Unidad 2 (cinemática).

**3- Consultas:** Clase de consultas: sábados de 9:00 a 10:30 por Zoom. Enlace en EVA:

https://salavirtual-udelar.zoom.us/j/85497553389?pwd=TUFHY2c1Z3hvNnFycjNVZUw1b2Y2QT09

Me voy a conectar 30 minutos antes de cada clase virtual por si tienen consultas a realizar, en todo caso puedo ampliar el rango o eventualmente poner una clase especial a coordinar.

# 08 - Movimiento en dos dimensiones

Expulsión de lava de una erupción volcánica. Advierta las trayectorias parabólicas de las brasas proyectadas al aire. Todos los proyectiles siguen una trayectoria parabólica en ausencia de resistencia del aire. (© Arndt/ Premium Stock/PictureQuest)

- **Movimiento del proyectil.**
- **Ejemplos.**

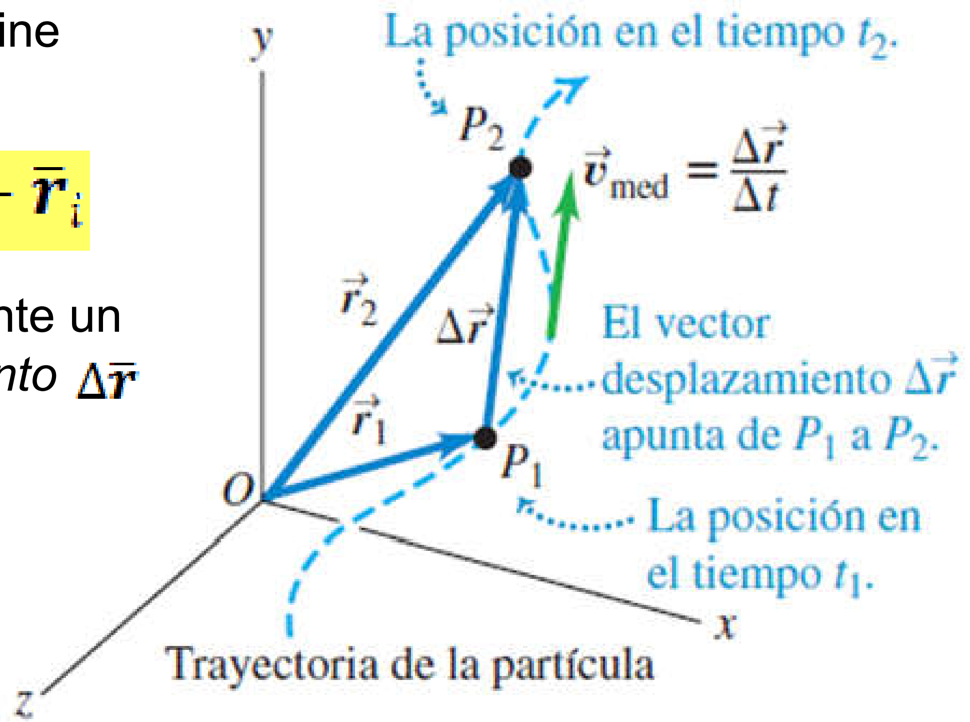
# Resumen: desplazamiento, velocidad y aceleración en dos dimensiones

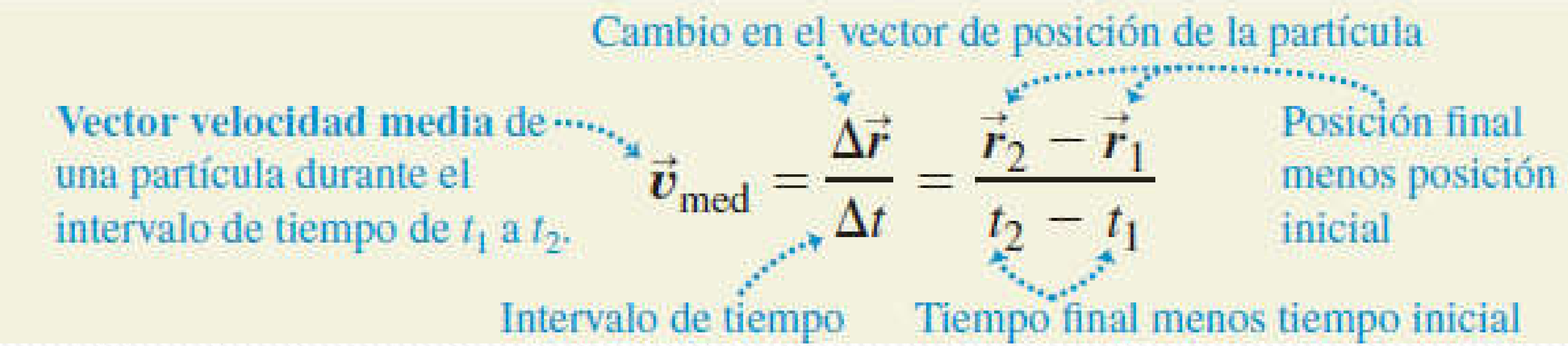
El **desplazamiento** de un objeto se define como el cambio en su vector de posición:

$$\Delta\bar{r} = \bar{r}_f - \bar{r}_i$$

La **velocidad media** de un objeto durante un intervalo de tiempo Δ*t es su desplazamiento* $\Delta\bar{r}$ dividido entre Δ*t* :

$$\bar{v}_m = \frac{\Delta\bar{r}}{\Delta t}$$



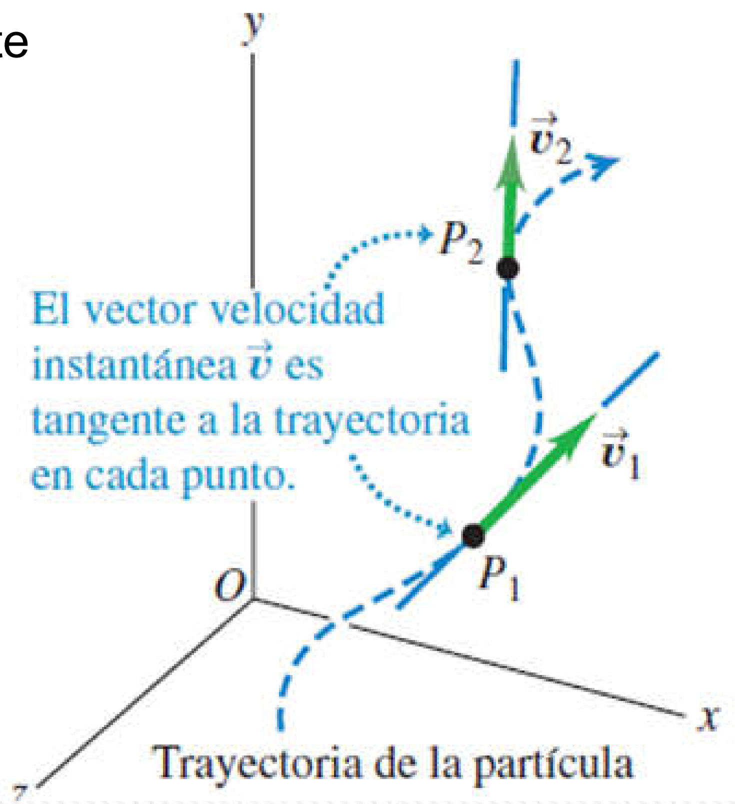



# Resumen: desplazamiento, velocidad y aceleración en dos dimensiones

La **velocidad instantánea** de un objeto es el límite de su velocidad media cuando $\Delta t$ *tiende a cero.*

$$\bar{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \bar{v}_m = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \bar{r}}{\Delta t}$$

La dirección del vector velocidad instantánea es el recorrido a lo largo de la línea tangente a la trayectoria del objeto y con el sentido de su movimiento.
Obviamente las unidades de estas velocidades vectoriales en el S.I. son m/s.




El vector velocidad instantánea de una partícula ...

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

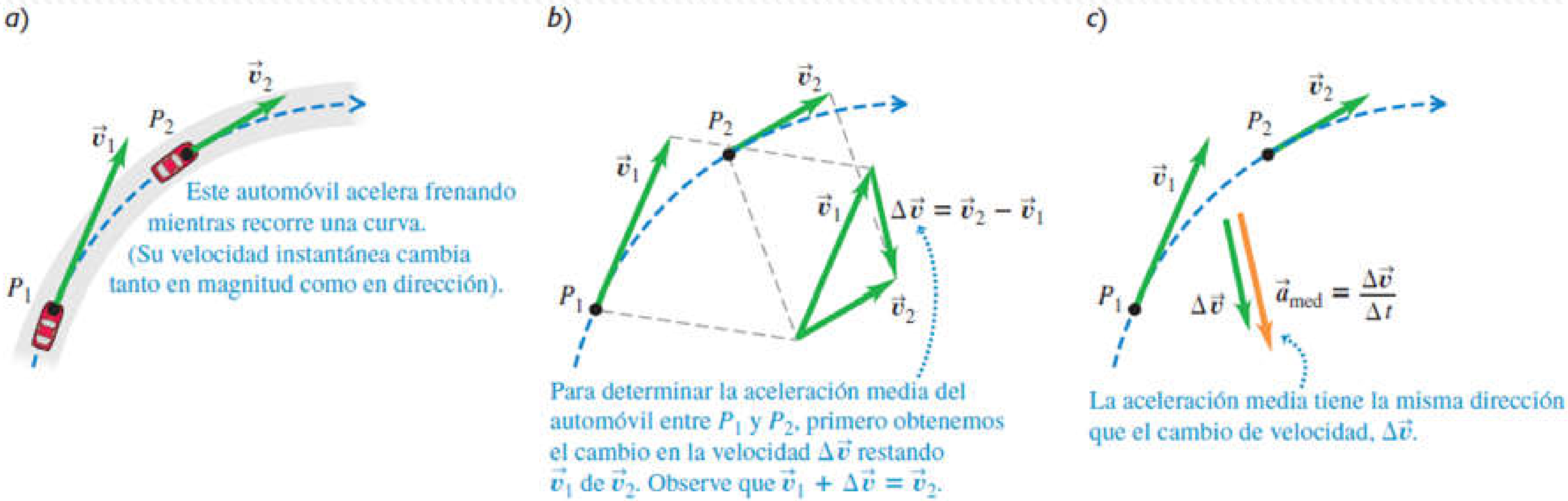
... es igual al límite de su velocidad media cuando el intervalo de tiempo se aproxima a cero ...

... y es igual a la razón de cambio instantánea de su vector de posición.

# Resumen: desplazamiento, velocidad y aceleración en dos dimensiones

La **aceleración media** de un objeto durante un intervalo de tiempo $\Delta t$ *es el cambio de velocidad* $\Delta$**v** dividido entre $\Delta t$ *:*

$$\bar{a}_m = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t} = \frac{\bar{v}_f - \bar{v}_i}{\Delta t}$$




Cambio en la velocidad de la partícula

**Vector aceleración media** de una partícula durante el intervalo de tiempo de $t_1$ a $t_2$

$$\vec{a}_{med} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}$$

Velocidad final menos la velocidad inicial

Intervalo de tiempo

Tiempo final menos tiempo inicial

# Resumen: desplazamiento, velocidad y aceleración en dos dimensiones

La **aceleración instantánea** de un objeto es el límite de su aceleración media cuando $\Delta t$ *tiende a cero.*

$$\bar{\boldsymbol{a}} \equiv \lim_{\Delta t \to 0} \bar{\boldsymbol{a}}_m = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \bar{\boldsymbol{v}}}{\Delta t}$$

El vector aceleración instantánea de una partícula ...

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

... es igual al límite de este vector aceleración media cuando el intervalo de tiempo se aproxima a cero ...

... y es igual a la razón de cambio instantánea de su vector velocidad.

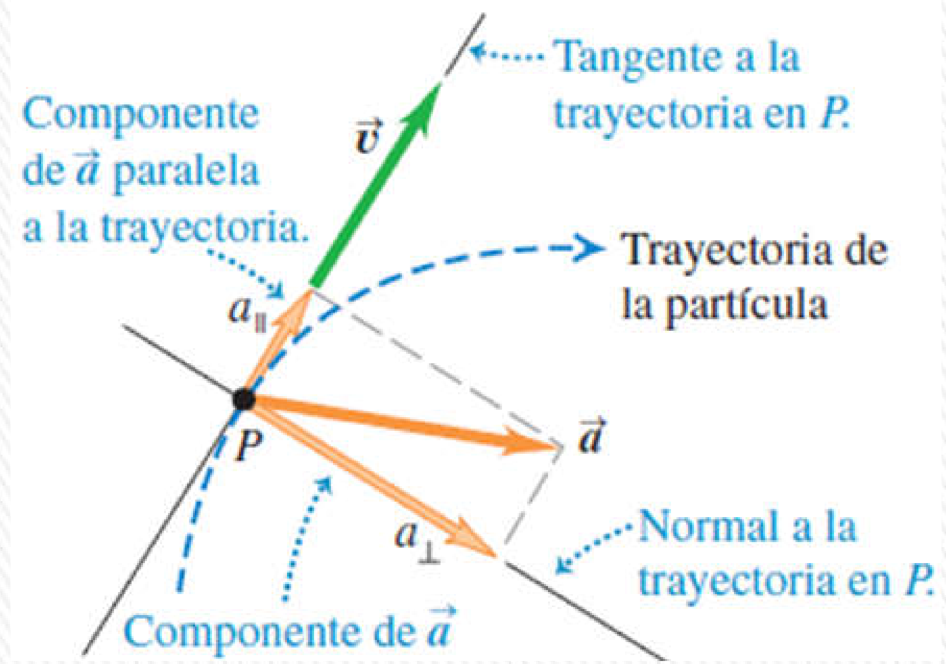
**ATENCIÓN:**

Un objeto puede acelerar en diferentes formas:

1) La magnitud del vector velocidad (la rapidez) puede cambiar con el tiempo.

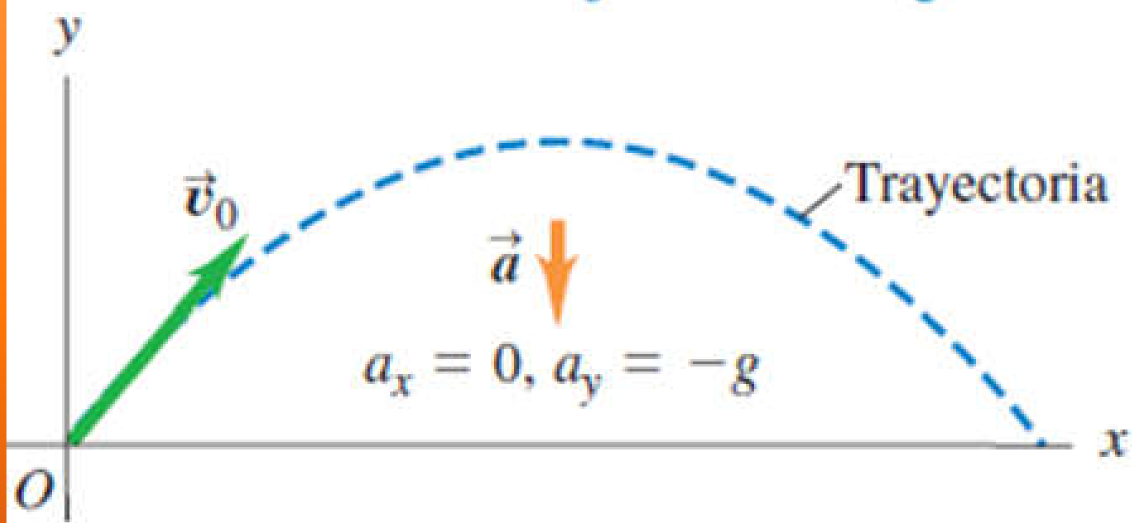
2) La dirección del vector velocidad puede cambiar con el tiempo, incluso si la rapidez es constante, como puede suceder a lo largo de una trayectoria curva.

3) Tanto la magnitud y la dirección del vector velocidad pueden cambiar al mismo tiempo.



# MOVIMIENTO DE PROYECTILES

- Un proyectil se mueve en un plano vertical que tiene un vector velocidad inicial $\vec{v}_0$.
- Su trayectoria depende solo de $\vec{v}_0$ y de la aceleración hacia abajo debida a la gravedad.




**Modelo:**

•Proyectil como partícula.

•Aceleración gravedad constante tanto en magnitud como en dirección.

•Se ignoran efectos de la resistencia del aire, como curvatura y rotación de la Tierra.

El movimiento del proyectil **siempre se limita a un plano vertical**, determinado por la dirección de la velocidad inicial.
La aceleración gravitatoria es exclusivamente vertical y no puede acelerar al proyectil de forma lateral.

**Movimiento es *bidimensional*.**

# MOVIMIENTO DE PROYECTILES

## Ecuaciones de movimiento:

Como según x es un movimiento rectilíneo uniforme ($a_x$=0) y según y esun movimiento rectilíneo con aceleración constante ($a_y$= -g)

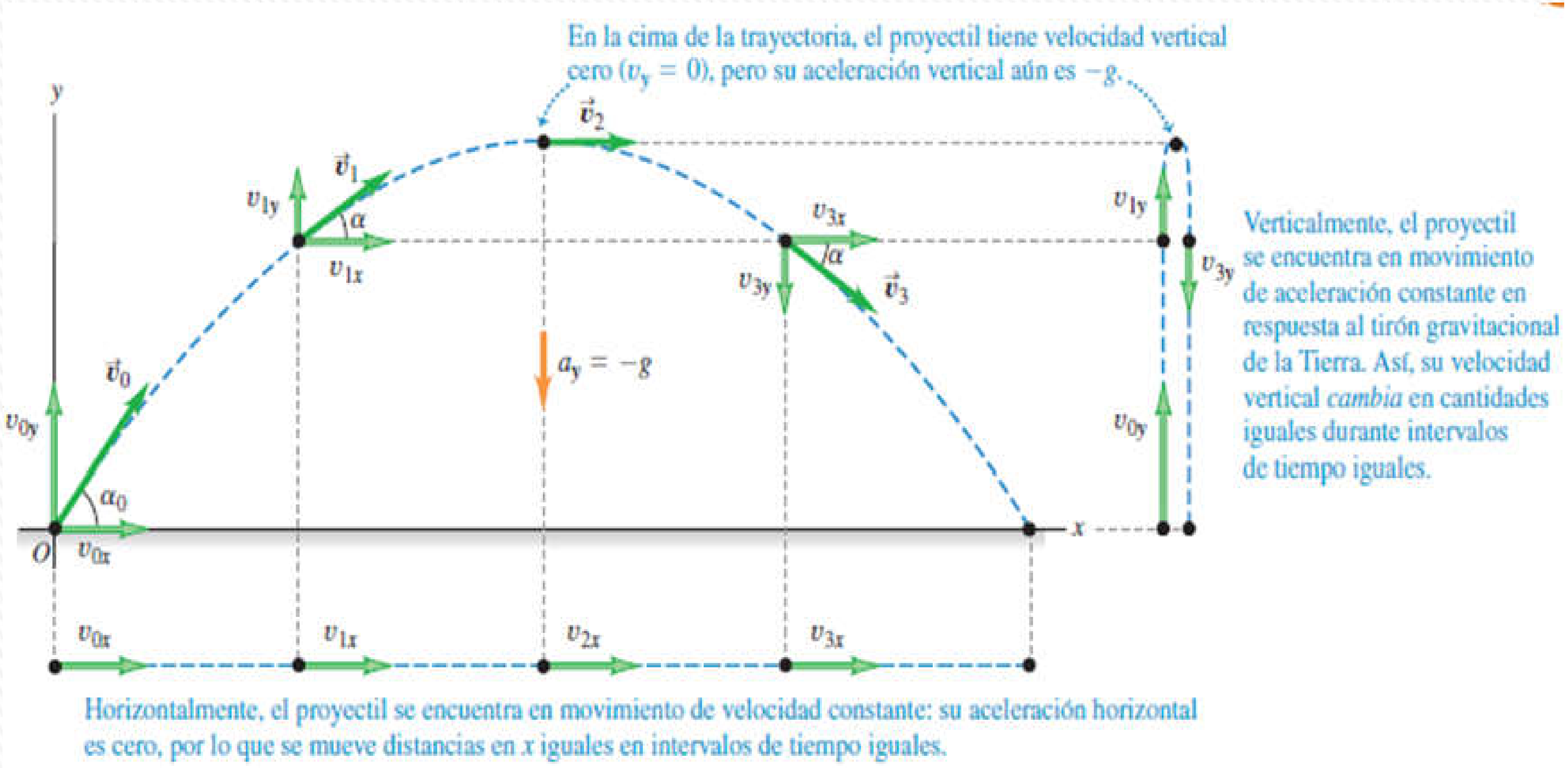
Aceleración: $a_x = 0$ $\qquad$ $a_y = -g$

Velocidad: $v_x = v_{0x}$ $\qquad$ $v_y = v_{0y} - gt$

Posición: $x = x_0 + v_{0x}\, t$ $\qquad$ $y = y_0 + v_{0y}\, t - \frac{1}{2} g t^2$

$v_{0x} = v_o \cos \alpha_0$ $\qquad$ $v_{0y} = v_o \sin \alpha_0$

# MOVIMIENTO DE PROYECTILES




**Movimiento parabólico del modelo de proyectil**

# MOVIMIENTO DE PROYECTILES

## Otras expresiones:

Módulo del vector posición: $r(t) = \sqrt{x(t)^2 + y(t)^2}$

Rapidez del proyectil (módulo de su velocidad): $v(t) = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

Dirección de la velocidad, en términos del ángulo α que forma con el eje +x: $\tan\alpha = \frac{v_y}{v_x}$

Ecuación de la trayectoria (parábola): $y(x) = (\tan\alpha_0)x - \frac{g}{2v_0^2 cos^2\alpha_0}x^2$

**Para lanzamiento con altura de lanzamiento igual al de llegada:**

Tiempo en que se alcanza la altura máxima: $t^* = \frac{v_0 \sin\alpha_0}{g}$

Altura máxima alcanzada: $h_{max} = y(t^*) = \frac{v_0^2 sin^2\alpha_0}{2g}$

Alcance: $R = x(2t^*) = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha_0}{g}$

Alcance máximo para $\alpha_0 = 45º$ $R_{max} = \frac{v_0^2}{g}$

# MOVIMIENTO DE PROYECTILES

Los hechos importantes del movimiento de un proyectil se pueden resumir como sigue:

**1.** Siempre que se omita la resistencia del aire, la componente horizontal de la velocidad $v_x$ permanece constante porque no existe componente horizontal de la aceleración.

**2.** La componente vertical de la aceleración es igual a la aceleración en caída libre $-g$.

**3.** La componente vertical de la velocidad $v_y$ y el desplazamiento en la dirección $y$ son idénticos a los de un cuerpo en caída libre.

**4.** El movimiento de proyectil puede describirse como una superposición de dos movimientos independientes en las direcciones $x$ y $y$.

**ATENCIÓN:** En la altura máxima que alcanza el proyectil sólo se anula la componente vertical de la velocidad, la componente horizontal permanece invariable.

La aceleración en la dirección $y$ *tampoco* es cero en la parte superior de la trayectoria del proyectil. Sólo la componente $y$ de la velocidad es cero.

Si la aceleración también fuera cero, ¡el proyectil jamás llegaría abajo!

# Aceleración constante en dos dimensiones

En un caso más general, pueden existir aceleraciones que tengan cualquier dirección (efectos de fricción con el aire, fricción superficial, o motores). Estas aceleraciones, consideradas juntas, forman una cantidad vectorial con componentes $a_x$ y $a_y$. Cuando ambas componentes son constantes, se pueden aplicar las siguientes ecuaciones:

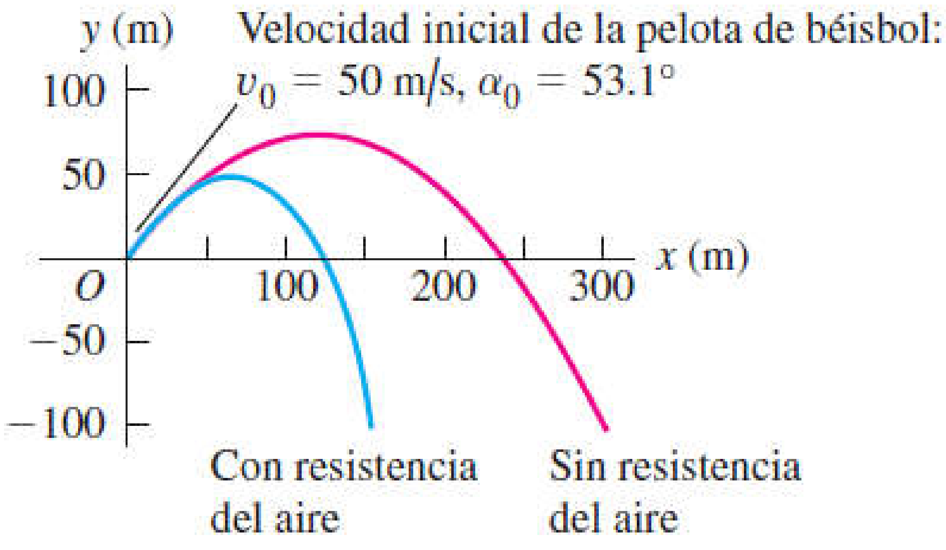
$$v_x = v_{0x} + a_x t \qquad \Delta x = v_{0x} t + \frac{1}{2} a_x t^2 \qquad {v_x}^2 = {v_{0x}}^2 + 2a_x \Delta x$$

$$v_y = v_{0y} + a_y t \qquad \Delta y = v_{0y} t + \frac{1}{2} a_y t^2 \qquad {v_y}^2 = {v_{0y}}^2 + 2a_y \Delta y$$

# BALÍSTICA CON RESISTENCIA DEL MUNDO REAL

## Efecto de la resistencia del aire

**3.20** La resistencia del aire tiene un efecto acumulativo considerable sobre el movimiento de una pelota de béisbol. En esta simulación, permitimos que la pelota caiga por debajo de la altura desde la cual se lanzó (por ejemplo, la pelota podría haberse lanzado desde un acantilado).




La fricción del aire tiene un efecto apreciable sobre los proyectiles, en especial los que son *ligeros y rápidos;* **la resistencia es proporcional al *cuadrado de la velocidad.***

Una pelota de béisbol bien bateada, que dure mucho en el aire, puede perder hasta la mitad de su rapidez inicial, y llegar sólo un poco más allá de la mitad de lo que hubiera llegado sin fricción.

Una bala de rifle (sólo con unos 150 g de masa) disparada a 0,6 km/s, lo cual es bastante, sufrirá mucho la fricción. Si no hubiera resistencia, tendría un alcance máximo tremendo de unos 40km.

Debido a la resistencia del aire, no es probable que la bala llegue mucho más allá de 4 km.

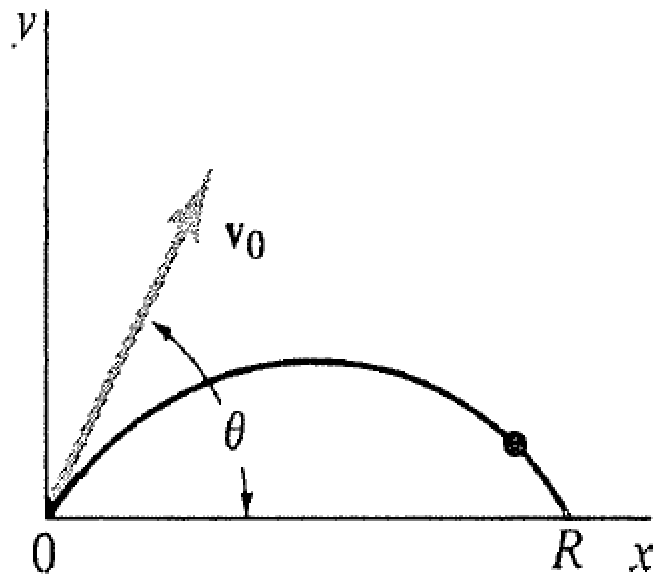
# MOVIMIENTO DE PROYECTILES

| Arma | Masa (kg) | Diámetro (mm) | Rapidez de salida (m/s) | Calculado (km) | Real (km) |
|---|---|---|---|---|---|
| Lanzagrandas | 0,23 | 40,00 | 76,00 | 0,59 | 0,40 |
| Mortero | 4.2 | 81,00 | 240,00 | 5,90 | 3,74 |
| Pistola Cal. 0.45 | 0,00162 | 11,40 | 262,00 | 7,00 | 1,50 |
| Mortero | 11,80 | 106,70 | 299,00 | 9,10 | 5,61 |
| Cañón/obús M198 | 43,00 | 155,00 | 376,00 | 14,40 | 9,87 |
| Cañón/obús 8 pulg. MI | 90,70 | 203,00 | 594,00 | 36,00 | 16,60 |
| Rifle M-14 | 0,00101 | 7,62 | 853,00 | 74,00 | 3,70 |
| Rifle M-16 | 0,0036 | 5,56 | 991,00 | 100,00 | 2,60 |
| Gran Berta | 120,00 | 210,00 | 2000,00 | 407,89 | 115 |

El Gran Berta (1918): El fuego se hacía con un ángulo de elevación de 52º y el proyectil describía un enorme arco, cuyo punto culminante se encontraba a 40 km de altura sobre la tierra, es decir, bien entrado en la estratosfera.
Este proyectil tardaba en recorrer los 115 km, que mediaban entre el emplazamiento del cañón y París, 3,5 minutos, de los cuales, 2 minutos volaba en la estratósfera.

# ALCANCE DE UN PROYECTIL

Deduciremos las ecuaciones vinculadas a la altura máxima alcanzada y el alcance máximo cuando se dispara un proyectil, y la altura de disparo es la misma que la de llegada, como se muestra en la figura.




La altura máxima, se alcanza cuando la componente vertical de la altura se anula. Llamaremos t* al instante en que esto se produce.

$$v_y = v_o \sin\theta - gt^* = 0 \qquad t^* = \frac{v_o \sin\theta}{g}$$

La altura máxima se acanza para ese instante:

$$h_{máx} = y(t^*) = v_o \sin\theta\, t^* - \frac{1}{2} g t^{*2} = v_o \sin\theta \left(\frac{v_o \sin\theta}{g}\right) - \frac{1}{2} g \left(\frac{v_o \sin\theta}{g}\right)^2 =$$

$$h_{máx} = \frac{v_0^2 \sin^2\theta}{2g}$$

# ALCANCE DE UN PROYECTIL

Como el tiempo de subida es el mismo que el de bajada, el alcance *R*= *x*(2*t**)

$$R = x(2t^*) = v_0 \cos\theta\,(2t^*) = v_0 \cos\theta \left(2\frac{v_0 \sin\theta}{g}\right)$$

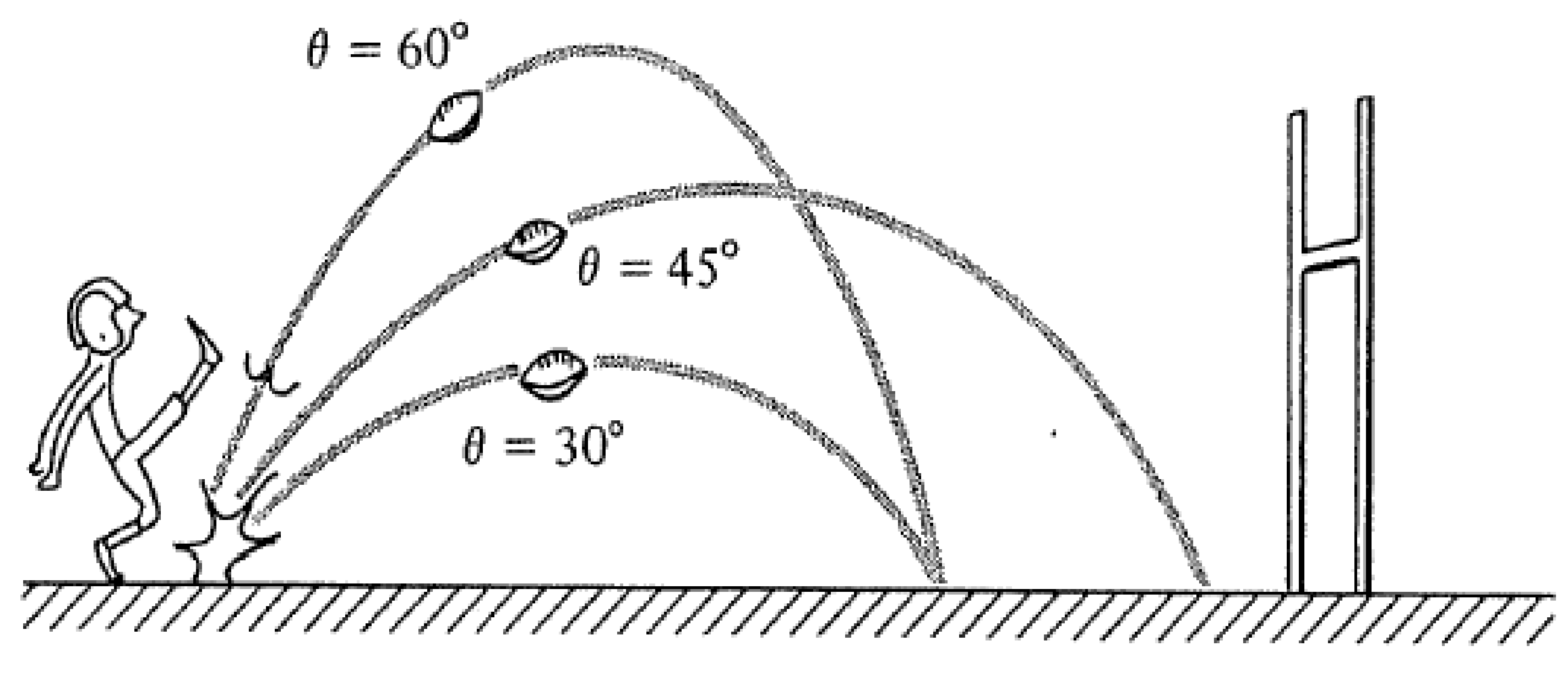
Teniendo en cuenta que: 2sinθ.cosθ= sin 2θ

$$R = 2\frac{v_0^2}{g}\sin\theta\,\cos\theta = \frac{v_0^2}{g}\sin 2\theta$$

Puede verse que:
El alcance máximo es cuando θ =45°  y vale: $R_{máx} = \frac{v_0^2}{g}$

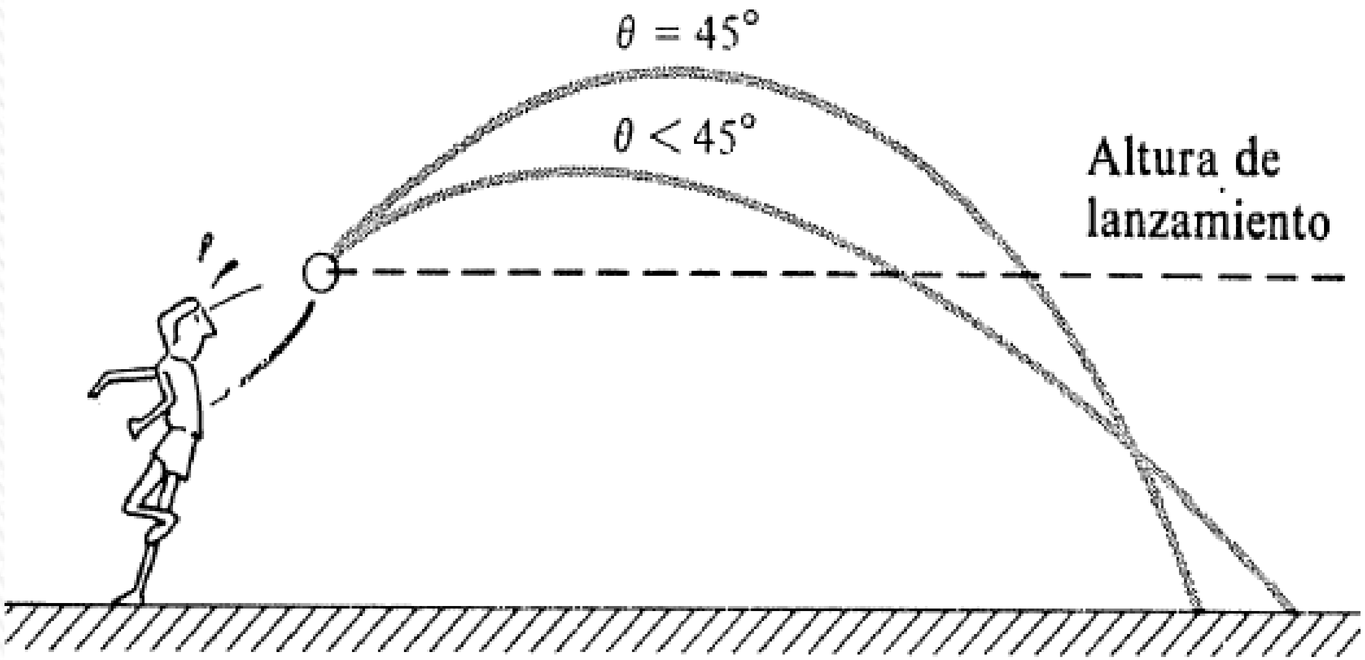
Como el seno de un ángulo es igual al coseno del ángulo complementario, los proyectiles lanzados desde una superficie plana con un ángulo θ y con un ángulo 90- θ y con la misma rapidez tienen el mismo alcance, pero a mayor ángulo de tiro, mayor altura y mayor tiempo de vuelo.

# MOVIMIENTO DE PROYECTILES




Aunque un lanzamiento con un ángulo de 45° produce el máximo alcance para terreno plano con una rapidez inicial dada, un animal puede en general saltar en otro ángulo por razones relacionadas con sus necesidades o su estructura.
Por ejemplo las langostas a menudo saltan al aire y luego se ponen a volar. En este caso, el alcance del saltamontes es irrelevante, pero el tiempo de duración puede ser significatico. Empiecen a volar o no, las langostas acostumbran a saltar con un ángulo de 45° aproximadamente.

# MOVIMIENTO DE PROYECTILES

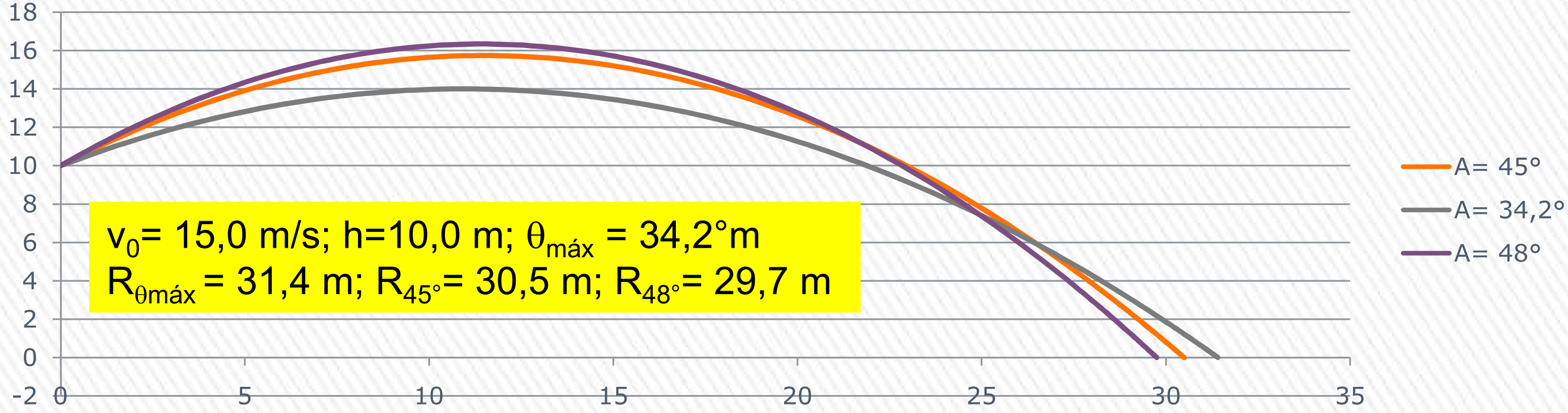



Lanzamiento efectuado por encima del nivel del suelo. La trayectoria para un ángulo de tiro de 45° y otro más pequeño se cortan por debajo de la altura de lanzamiento. La trayectoria más plana tiene un mayor alcance.
Si el punto de llegada está a mayor altura que el de lanzamiento, el alcance máximo se alcanza con un ángulo de lanzamiento mayor a 45°.

$$\theta_{máx} = atan\left(\frac{v_0}{\sqrt{v_0^2 + 2gh}}\right) \qquad R_{máx} = \frac{v_0}{g}\sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

h > o si el lanzamiento es a mayor altura que la de llegada.
h < o si el lanzamiento es a menor altura que la de llegada.

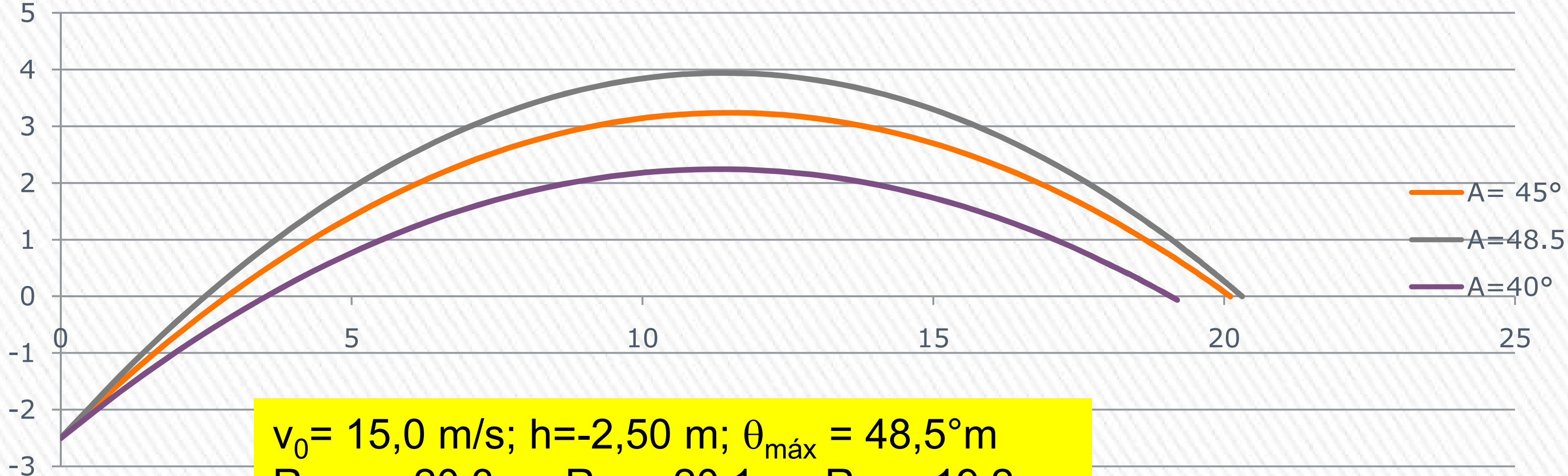
# MOVIMIENTO DE PROYECTILES




$v_0$= 15,0 m/s; h=10,0 m; $\theta_{máx}$ = 34,2°m
$R_{\theta máx}$ = 31,4 m; $R_{45°}$= 30,5 m; $R_{48°}$= 29,7 m

Alcance máximo para lanzamiento h ≠ 0

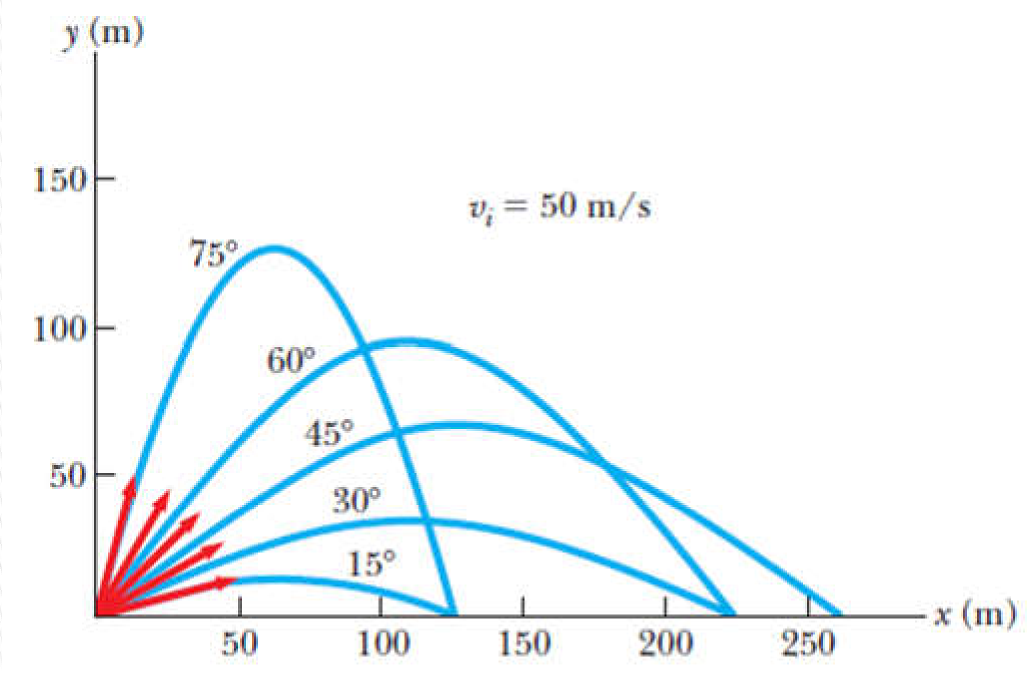
$$\theta_{máx} = atan\left(\frac{v_0}{\sqrt{v_0^2 + 2gh}}\right) \qquad R_{máx} = \frac{v_0}{g}\sqrt{v_0^2 + 2gh}$$




$v_0$= 15,0 m/s; h=-2,50 m; $\theta_{máx}$ = 48,5°m
$R_{\theta máx}$ = 20,3 m; $R_{45°}$= 20,1 m; $R_{40°}$= 19,2 m

# PREGUNTA RÁPIDA

Ordene los ángulos de lanzamiento para las cinco trayectorias de la figura respecto al tiempo de vuelo, desde el tiempo de vuelo más corto al más largo.




Respuesta: El tiempo de vuelo estará dado por la componente vertical de la velocidad inicial, cuanto mayor sea, mayor será el tiempo de vuelo. Por tanto a mayor ángulo, mayor tiempo de vuelo.

# Cuestionarios rápidos:

**1) Un proyectil se mueve en una trayectoria parabólica sin resistencia del aire.**

¿Hay un punto donde $\overline{a}$ sea paralela a $\overline{v}$? **NO.**

¿Y perpendicular a $\overline{v}$ ? **SI, en el punto donde alcanza la altura máxima ($v_y = 0$)**

**2)** En el instante en que usted dispara una bala horizontalmente con un rifle, deja caer otra bala desde la altura del cañón. Si no hay resistencia del aire, ¿qué bala llegará primero al suelo?

**Las dos al mismo tiempo!!!**

**3)** Se dispara un proyectil hacia arriba con un ángulo θ por encima de la horizontal con una rapidez inicial $v_0$. *Al llegar a su máxima altura*, ¿cuáles son su vector velocidad, su rapidez y su vector aceleración?

$\overline{v} = v_0 \cos\theta \;\; \hat{\imath}$ $\qquad v = v_0 \cos\theta$ $\qquad \overline{a} = -g\,\hat{\jmath}$

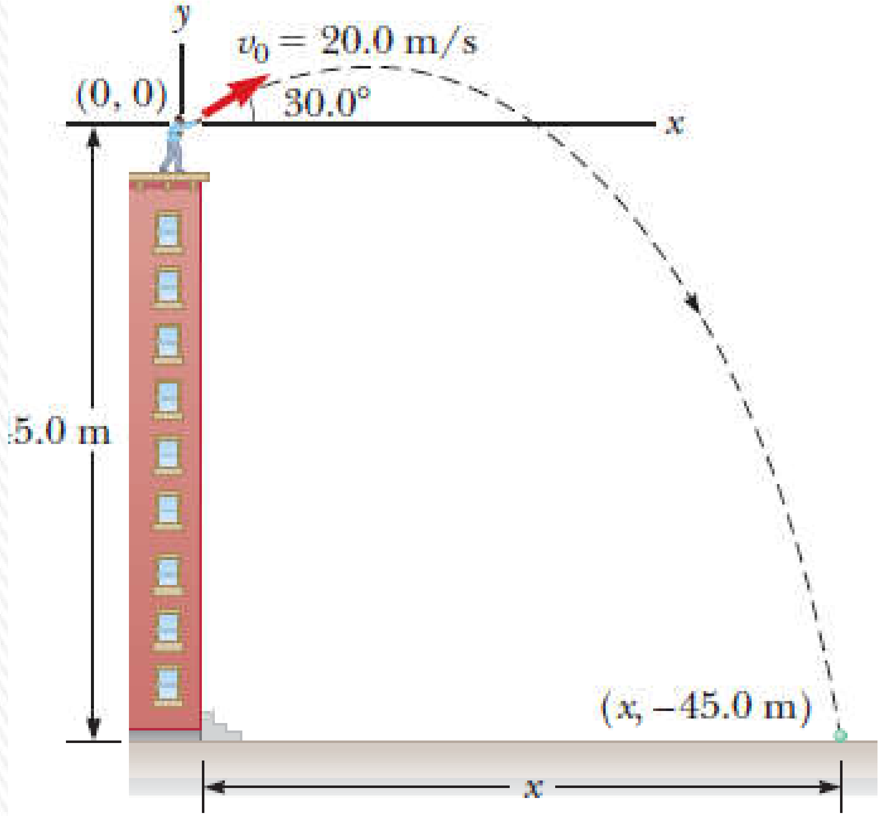
# Ejemplo

Se lanza una piedra hacia arriba desde la parte superior de un edificio en un ángulo de 30,0° con la horizontal y con una rapidez inicial de 20,0 m/s. El punto de liberación está a 45,0 m sobre la superficie de la tierra. Omita la resistencia del aire.

a) ¿Cuánto tiempo le toma a la piedra golpear la superficie de la tierra?

b) Determine la rapidez de la piedra en el impacto.

c) Encuentre el alcance horizontal de la piedra.




Elijo coordenadas como en la figura, con el origen en el punto de lanzamiento.

$$v_{0x} = v_0 \cos\theta_0 = (20.0\ \mathrm{m/s})(\cos 30.0°) = +17.3\ \mathrm{m/s}$$

$$v_{0y} = v_0 \,\mathrm{sen}\,\theta_0 = (20.0\ \mathrm{m/s})(\mathrm{sen}\ 30.0°) = +10.0\ \mathrm{m/s}$$

$$\Delta y = y - y_0 = v_{0y}t - \tfrac{1}{2}gt^2 \qquad -45.0\ \mathrm{m} = (10.0\ \mathrm{m/s})t - (4.90\ \mathrm{m/s^2})t^2$$

# Ejemplo

$$-45.0\ \text{m} = (10.0\ \text{m/s})t - (4.90\ \text{m/s}^2)t^2$$

Si reordeno la ecuación en la forma estándar y aplico la fórmula cuadrática , hallo la raíz positiva:

$$t = \boxed{4.22\ \text{s}}$$

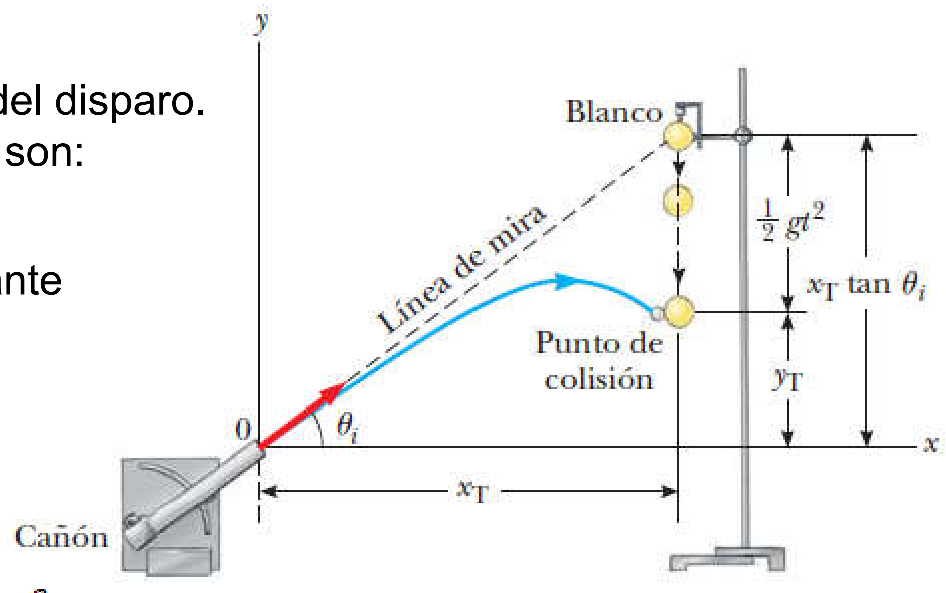
$$v_y = v_{0y} - gt = 10.0\ \text{m/s} - (9.80\ \text{m/s}^2)(4.22\ \text{s})$$
$$= -31.4\ \text{m/s}$$

$$v = \sqrt{{v_x}^2 + {v_y}^2} = \sqrt{(17.3\ \text{m/s})^2 + (-31.4\ \text{m/s})^2}$$
$$= \boxed{35.9\ \text{m/s}}$$

$$\Delta x = x - x_0 = (v_0 \cos\theta)t = (20.0\ \text{m/s})(\cos 30.0°)(4.22\ \text{s})$$
$$= \boxed{73.1\ \text{m}}$$

# Ejemplo: cazador y mono que cae

En una popular demostración, se dispara un proyectil a un objetivo en tal forma que el proyectil sale del cañón al mismo tiempo que el objetivo se suelta del reposo. Demuestre que, si el cañón se apunta inicialmente al objetivo fijo, el proyectil golpea al objetivo que cae.




Ubico el origen de coordenadas en el punto del disparo. Las coordenadas iniciales del blanco (mono) son: $x_T$ y $d = x_T.\tan\theta_i$.

La coordenada vertical del mono en un instante genérica una vez que comenzó a caer vale:

$$y_T = y_{T0} - \frac{1}{2}gt^2 = x_T \tan\theta_i - \frac{1}{2}gt^2 \qquad 1$$

Las coordenadas del proyectil, que sale con una velocidad $v_P$ valen:

$$x_P = v_P \cos\theta_i \; t \qquad y_P = v_P \operatorname{sen}\theta_i \; t - \frac{1}{2}gt^2$$

Despejo $t$ de $x_P$, e introduciéndola en $y_P$: $t = \dfrac{x_P}{v_P \cos\theta_i}$

$$y_P = v_P \operatorname{sen}\theta_i \left(\frac{x_P}{v_P\cos\theta_i}\right) - \frac{1}{2}g\left(\frac{x_P}{v_P\cos\theta_i}\right)^2$$

$$y_P = \tan\theta_i \; x_P - \frac{1}{2}g\left(\frac{x_P}{v_P\cos\theta_i}\right)^2$$

Veamos que pasa cuando $x_P = x_T$

$$y_P = \tan\theta_i \; x_T - \frac{1}{2}g\left(\frac{x_T}{v_P\cos\theta_i}\right)^2$$

Y como el $t$ es el mismo para el mono y el proyectil:

$$y_T = x_T \tan\theta_i - \frac{1}{2}gt^2 = \tan\theta_i \; x_T - \frac{1}{2}g\left(\frac{x_T}{v_P\cos\theta_i}\right)^2 = y_P$$

# Ejemplo: cazador y mono que cae

$$y_T = x_T \tan\theta_i - \frac{1}{2}gt^2 = \tan\theta_i \, x_T - \frac{1}{2}g\left(\frac{x_T}{v_P\cos\theta_i}\right)^2 = y_P$$

Entonces cuando $x_P = x_T$ se verifica que lo que significa que se produce el encuentro, y el tiro del cazador le da al mono!!!

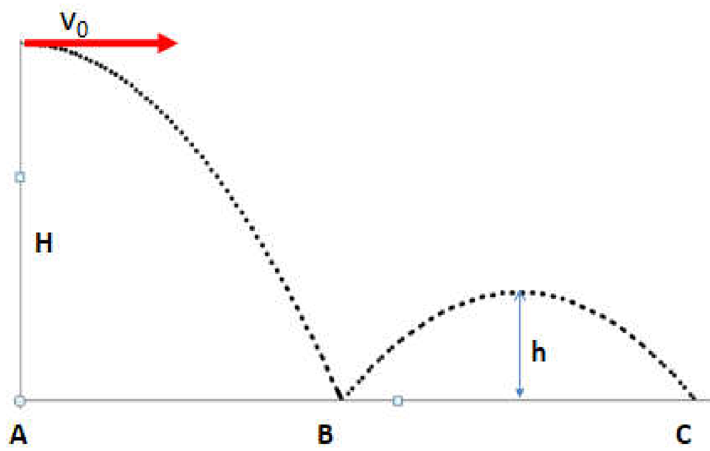
Para que el impacto se dé, el proyectil debe llegar a $x_T$ antes de que el mono llegue al piso.
El tiempo que el mono demora en alcanzar el piso vale: $d = \frac{1}{2}gt^2 \quad \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2d}{g}}$

$$\frac{x_T}{v_P\cos\theta_i} < \sqrt{\frac{2d}{g}} \qquad \frac{v_P\cos\theta_i}{x_T} > \sqrt{\frac{g}{2d}}$$

Teniendo en cuenta que: $x_T = \frac{d}{tan\theta_i}$

Operando se llega a que: $v_P \sin\theta_i > \sqrt{\frac{gd}{2}}$

# Ejemplo: 2.20- Parcial 2021




Se lanza una bolita con velocidad horizontal $v_0$=10,0 m/s desde una altura $H$ = 2,00 m del piso. Al rebotar su rapidez vertical se reduce a la mitad que la que tenía justo antes de rebotar mientras que la rapidez horizontal permanece constante.

¿A qué distancia del lugar de lanzamiento se da el segundo rebote? Es decir se pide determinar la distancia AC, expresar el resultado en metros.

*Tomar g=9,8 m/s² como valor exacto.*

Datos: $v_0$ = 10,0 m/s; H = 2,00 m

Tiempo que demora la bolita en llegar al piso: $H = \frac{1}{2} g t^2$ $\quad t_B = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2(2{,}00)}{9{,}8}} = 0{,}63888\ s$

Rapidez vertical con que llega a B: $v_{yBant.} = g.t_B = 9{,}8 \times 0{,}63888 = 6{,}260990\ \ m/s$

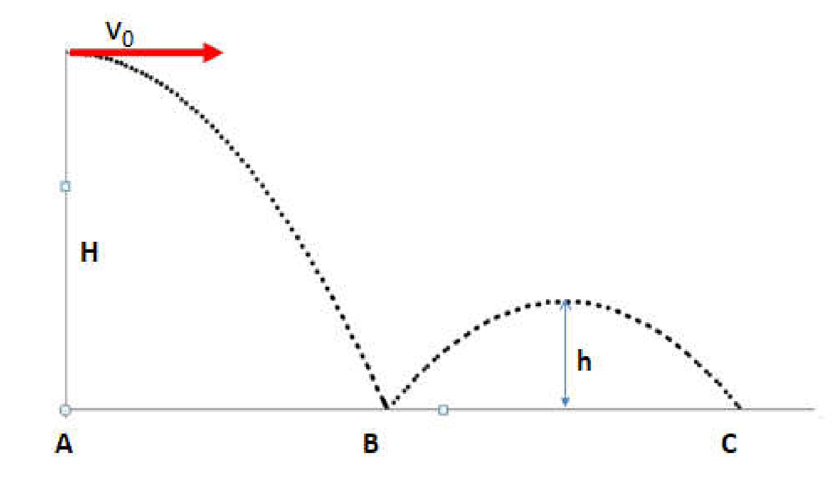
Rapidez vertical con que sale de B: $v_{yBpos.} = \frac{v_{yBant.}}{2} = 3{,}130495\ \ m/s$

Tiempo de vuelo posterior al rebote: $t_{BC} = 2\frac{v_{yBant.}}{a} = 2\frac{3{,}130495}{9.8} = 0{,}63888\ s$

Distancia AC recorrida: $d_{Ac} = v_0(t_B + t_{BC}) =$ $10{,}0 \times 0{,}63888 \times 2 = 12{,}7775$ m

**$d_{ABC}$ = 12,8 m**

# Ejemplo: 2.20- Parcial 2021




b) Determine cuál de las siguientes aseveraciones son verdaderas:

i) La aceleración media en el primer rebote en el punto B, es decir en el intervalo de tiempo antes y después de impactar con el suelo, es vertical hacia abajo. **Falso**

ii) El tiempo que demora la bolita en llegar al punto B desde su lanzamiento es menor que el que tarda en ir desde B a C. **Falso**

iii) La distancia AB es igual a la BC. **Verdadero**

iv) Cuando la bolita alcanza su altura máxima entre el trayecto B y C la velocidad es perpendicular a la aceleración. **Verdadero**