

Nombre del alumno:

-

Nombre del Profesor:

-

Curso:

FÍSICA 1  
IQ-IEM-ISI

AÑO LECTIVO

2023

## Laboratorio N° 2: Cinemática Plano de Packard

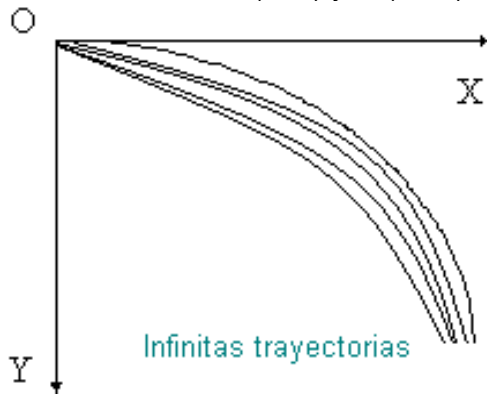
### OBJETIVO DE LA EXPERIENCIA

- Obtener la trayectoria de una (esfera-bolilla) que se desliza por un plano inclinado.
- Estudiar gráficamente la curva descrita por la esfera y determinando en cada punto los valores característicos que tendrá el movimiento (posición, velocidad y aceleración).
- Comprobar por cálculo teórico, la validez de las ecuaciones de la trayectoria para el movimiento compuesto estudiado.
- Analizar el grado de similitud en los valores obtenidos por el método gráfico y el método teórico.
- Verificar la validez del principio de independencia de los movimientos.

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Un objeto (esfera metálica) que se desliza por un plano (inclinado), tiene infinitas posibilidades de desplazamiento en función a la pendiente que tome el plano.

Tomando como referencia en el plano dos ejes ortogonales entre sí X e Y, el objeto puede describir una trayectoria cualquiera para desplazarse de un punto a otro punto en el plano, pero estas trayectorias serán la composición del movimiento en dos direcciones (O-X) y la (O -Y).

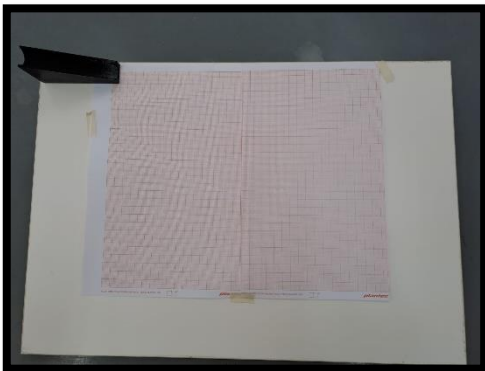


Es importante especificar que las proyecciones de las trayectorias dependen de la variable tiempo, entonces  $X = f(t)$ ;  $Y = f'(t)$ , dependiendo  $f(t)$  del tipo de movimiento en cada dirección.

Consideremos que sobre el eje X no va actuar ningún tipo de fuerza, se desprecia la fuerza de rozamiento, razón por la cual hablaremos de **M.R.U.** y sobre el eje Y, actúa la fuerza gravitatoria, en consecuencia, hablaremos de **M.R.U.A.**, y las ecuaciones que van a regir dichos movimientos son:

	Movimientos rectilíneo uniforme	Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado
Posición	$X(t) = V_x t$	$X(t) = V_{ox} \cdot t + \frac{1}{2} a_x t^2$
Velocidad	$V_{ox} = \text{cte.}$	$V_f = V_{ox} + a_x t$
Aceleración	$a = 0$	$a = \text{cte.}$

**EXPERIMENTACION:**  
**MATERIALES UTILIZADOS**



- ✓ Plano de Packard con semicírculo incorporado
- ✓ Bola de acero y almohadilla para sellos.
- ✓ Calibre para medir las dimensiones del tubo de lanzamiento.
- ✓ Hoja Cuadriculada doble oficio (traer al práctico 1 por alumno).
- ✓ Traer elementos de geometría: regla, escuadra, transportador, lápiz.

## TÉCNICA OPERATORIA

- **Paso 1:** Ubicar una hoja cuadriculada doble oficio en el Plano Packard. Al Plano tiene un ángulo ( $\alpha$ ) de inclinación fijado por la cátedra, este ángulo se medirá con el goniómetro para su mayor precisión y se determinará la apreciación del mismo para luego ajustar el ángulo ( $\alpha$ ).
- **Paso 2:** Acomodar el tubo de lanzamiento, en el caso del lanzador ya está acomodado, para que coincida con la dirección paralela al eje x-x (horizontal) y para ello el alumno deberá hacer algunos tanteos, hasta que la posición sea satisfactoria
- **Paso 3:** Proceder a lanzar la bola en forma de prueba, sobre en el papel cuadriculado doble oficio, verificando que la trayectoria permita ubicar no menos de cuatro ni más de siete puntos de estudio.
- **Paso 4 :** Controlar la perfecta ubicación de todos los elementos (plano, lanzador, etc.) y se lanza la bola entintada, observando cómo el papel queda marcado por la trayectoria de la misma.
- **Paso 5:** Marcar el eje y-x en la hoja cuadriculada haciendo que el origen de los ejes coincida con el punto en el cual la bola abandonará el tubo de lanzamiento y toma contacto con el papel.

**NOTA:** Se debe tener especial cuidado al ubicar la bola en el lanzador ya que esto debe hacerse suavemente y sin ejercer ningún empuje sobre ella para evitar agregar una fuerza adicional que afectaría el resultado.

### a) CÁLCULO GRÁFICO

- **Determinación del vector velocidad  $V_{ox}$ ,  $V_t$  y  $V_y$**

El alumno deberá determinar los siguientes datos del tubo lanzador del Plano de Packard:  
Datos:

$\alpha =$

$h =$  cm (altura lanzador)

$l =$  cm (longitud lanzadora)

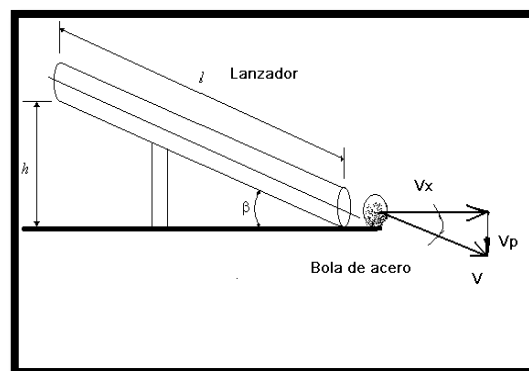
$\beta = \arcsen(h/l)$

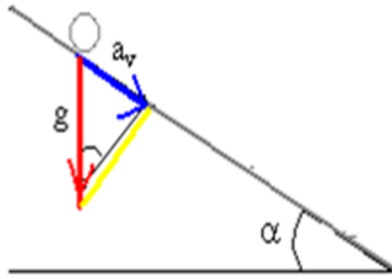
$$v = v_0 + g \cdot t \quad t = \frac{v}{g}$$

$$h = h_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$V_{0x} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \cdot \cos \beta =$$

Escala de velocidad:  $V_{ox}/4cm$





$$a_y = g \cdot \text{sen} \alpha$$

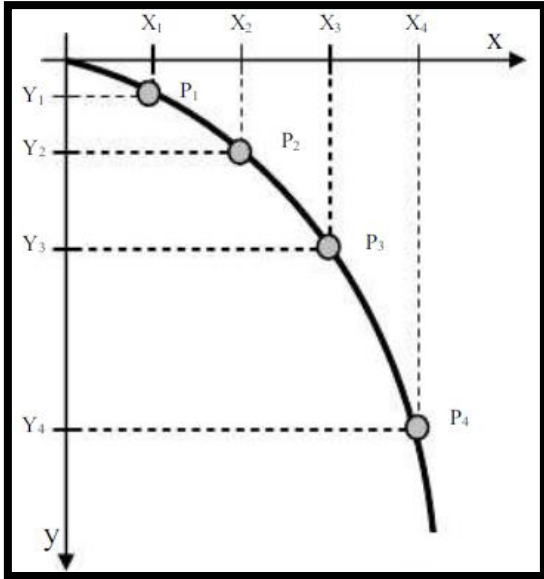
Escala de Aceleración =  $a_y/4\text{cm}$

- En forma directa utilizando el calibre y aplicando los conceptos aprendidos en el práctico anterior, se procederá a medir “ $h$ ” altura de lanzamiento y “ $l$ ” longitud del tubo, con estos datos se calculará el ángulo de lanzamiento que lo denominamos  $\beta = \arcsen(h/l)$ .
- Determinado el ángulo, podemos calcular la velocidad de la bola cuando la misma hace contacto con el plano de Packard.
- La velocidad de caída de la bola por el tubo cuando llega al plano es  $V = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ . En el contacto de la bola con el plano, la misma cambia la trayectoria perdiendo parte de su velocidad, quedando como resultante una velocidad de rodadura sobre el plano que se determina por :  

$$V_{0x} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot \cos \beta}$$
- A partir de esta determinación de  $V_{0x}$  se comienza el análisis de cada punto en forma gráfica.

Se divide el eje (x-x) entre 4 y 7 partes iguales por definirse en dicho eje uno de los componentes que es el Movimiento Rectilíneo Uniforme, donde estos valores marcados nos permitirán obtener los distintos ( $X_1; X_2; X_3; \dots X_i$ ), que interceptando a la trayectoria definiremos los distintos ( $P_1; P_2; P_3; \dots P_i$ ) puntos a analizar.

A partir de éstos, trazamos paralelas al eje (x-x), hasta interceptar al eje Y, obteniéndose de ésta manera los valores de ( $Y_1; Y_2; Y_3; \dots Y_i$ ), en la gráfica, comprobándose que en dicho eje se define el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, porque a tiempos iguales espacio crece.

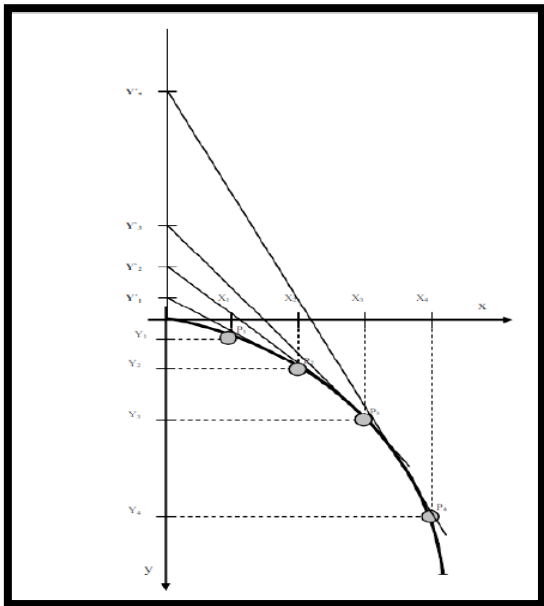


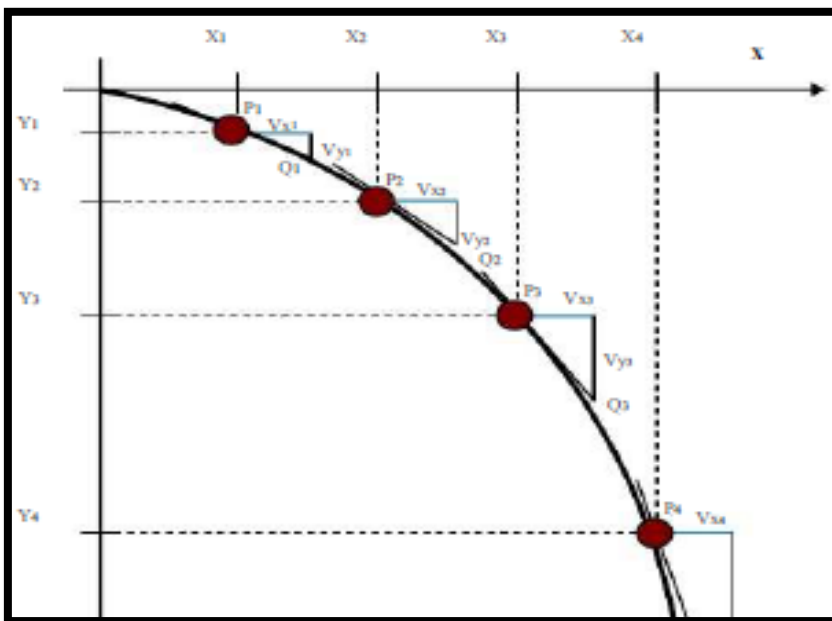
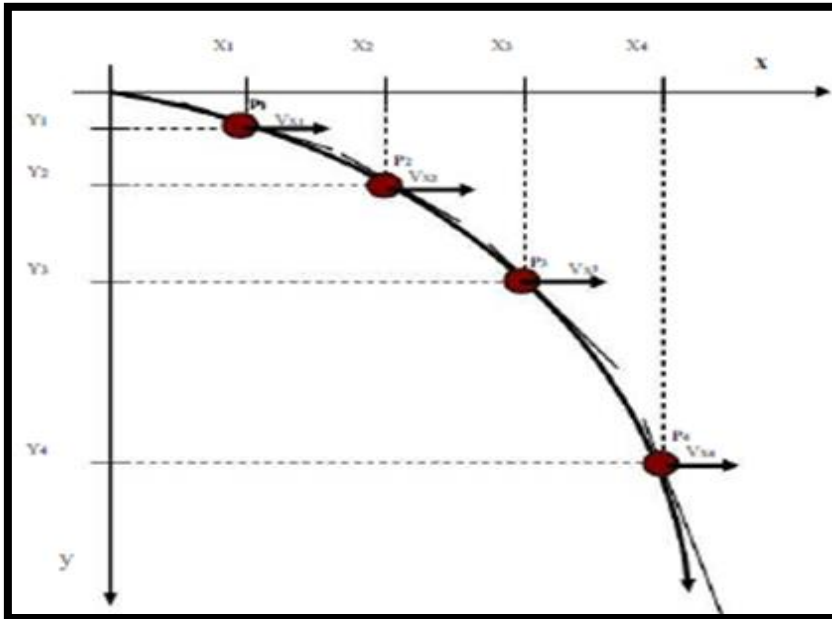
Para realizar el procedimiento gráfico y conociendo que  $V_{ox}$  es un valor que se mantiene constante según el eje (x-x), podemos dibujar dicho vector adoptando una **escala adecuada** sobre la trayectoria en cada punto ( $P_i$ ) y se recomienda que dicha magnitud grafica no supere el espacio del punto siguiente a analizar.

Trazamos la tangente en el punto considerado, y a continuación una perpendicular en el extremo del vector  $V_{ox}$ , hasta interceptar la recta tangente con lo que definimos el vector  $V_y$  y  $V_t$ , tangencial en el punto  $P_i$ .

Para definir la magnitud de  $V_y$  y  $V_t$ , medimos con una regla milimetrada la magnitud de ambos vectores y la multiplicamos por la escala ya definida para  $V_{ox}$ .

Con un transportador medimos el ángulo  $\Theta$  definido entre el vector  $V_t$  y  $V_{ox}$  para cada punto ( $P_i$ ).

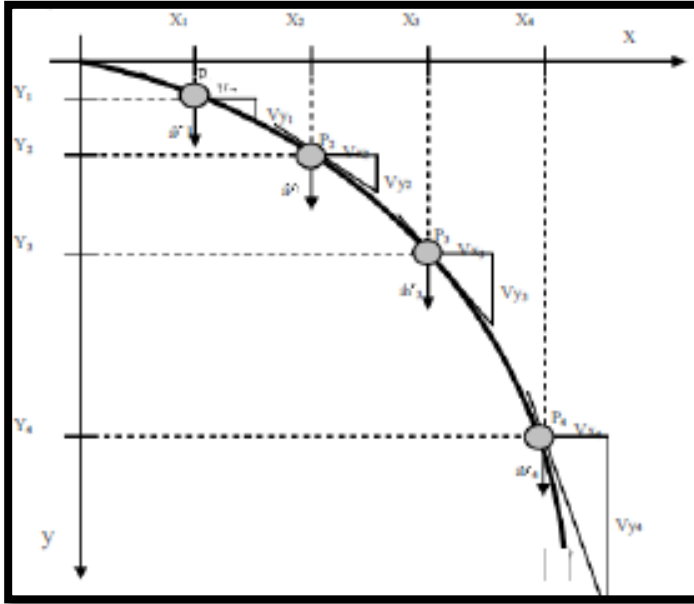




- **Determinación de la aceleración en los distintos puntos  $P_i$  de la trayectoria.**

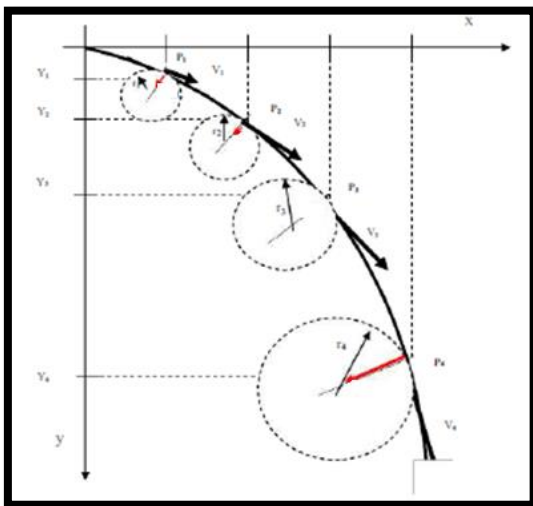
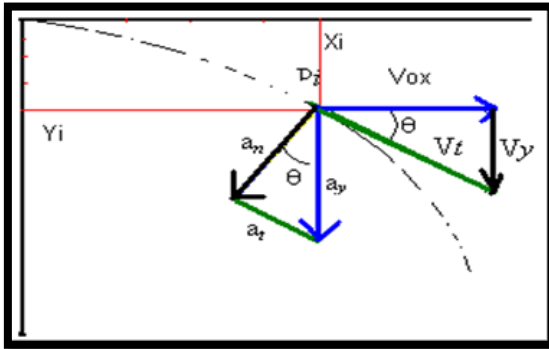
La bola al rodar el plano inclinado con un determinado ángulo, es afectada por la atracción de la gravedad cuya aceleración será un valor proporcional al valor de “g”

De acuerdo al gráfico, la aceleración  $a_y$  en el plano es una componente del valor g y se lo obtiene con la siguiente ecuación:  $a_y = g \times \text{sen } \alpha$ , la podemos verificar con el corte transversal del plano Packard.



Se trazará dicho vector adoptando una escala adecuada sobre la trayectoria en cada  $P_i$ , y el mismo será paralelo a eje (y-y). A continuación se trazará una perpendicular a cada punto definiéndose así la componente normal  $a_{ni}$ , luego por razones de claridad de dibujo desde el extremo del vector ay se trazará una paralela a la tangente en el punto hasta cortar la trayectoria  $a_{ti}$ , quedando definido el vector  $a_{ti}$ . Medimos con una regla milimetrada la longitud de ambos vectores y multiplicamos por la escala de ay correspondiente, determinándose de esta manera las aceleraciones correspondientes de cada punto.

Todos los valores obtenidos del trabajo grafico deberán ser ubicados en la planilla.



$$R_i = \frac{V_{ti}^2}{a_{ni}}$$



P <sub>i</sub>	X <sub>i</sub> (cm)	Y <sub>i</sub> (cm)	K (1/cm)	V <sub>ox</sub> (cm/s)	t <sub>i</sub> (s)	V <sub>yi</sub> (cm/s)	V <sub>ti</sub> (cm/s)	Θ (°)	a <sub>y</sub> (cm/s <sup>2</sup> )	a <sub>ni</sub> (cm/s <sup>2</sup> )	a <sub>ti</sub> (cm/s <sup>2</sup> )	R <sub>i</sub> (cm)
1												
2												
3												
4												
5												
			Km ΣK <sub>i</sub> /N									

## ECUACIONES MÉTODO ANALÍTICO

Punto 1:

X1=

Yi=

$$K = \frac{Y_i}{X_i^2}$$

$$t_i = \frac{X_i}{V_{0x}}$$

$$V_{0x} = \sqrt{\frac{a_y}{2 \cdot K m}}$$

$$\theta_i = \arctg \frac{2 \times Y_i}{X_i}$$

$$V_{yi} = a_y \cdot t_i$$

$$R_i = \frac{V_{ti}^2}{a_{ni}}$$

$$V_{ti} = \sqrt{V_{0x}^2 + V_{yi}^2}$$

$$a_{ni} = a_y \cdot \cos \theta_i$$

$$a_{ti} = a_y \cdot \sin \theta_i$$

### CONCLUSIONES:

Como conclusión del práctico graficaremos tres funciones con los valores analíticos:

$$Y = f(t)$$

$$Y = f(t^2)$$

$$V_y = f(t)$$

El primer y tercer gráfico nos permitirá concluir que en realidad el tipo de movimiento es acelerado; pues el gráfico uno nos da una parábola y el tres una recta, que son los que rigen éste tipo de movimientos.

El segundo gráfico,  $Y = f(t^2)$ , será una recta, lo que estará representado por la función:  $Y = \frac{1}{2} a_y t^2$

Donde si realizamos un cambio de variable, por ejemplo  $Z = t^2$ ; nos quedaría la expresión anterior igual a:  $Y = \frac{1}{2} a_y \times Z$

Que es la ecuación de una recta, donde  $\frac{1}{2} \times a_y$ , sería la pendiente de la recta, por lo tanto, y en forma de comprobación, tomaremos la ecuación de la pendiente de la recta y la multiplicaremos por 2 ambos miembros, verificando así que el valor de  $a_y$  es la pendiente  $= \frac{1}{2} \times a_y \rightarrow a_y = 2 \times \text{pendiente}$ .

Luego el alumno deberá agregar sus observaciones al laboratorio