

## Laboratorio: Plano inclinado

### Objetivos generales

- Realizar mediciones en el laboratorio con distintos instrumentos, que permitan encontrar de manera directa e indirecta el valor de ciertas magnitudes, con sus correspondientes errores.
- Aprender teoría de errores, asociados a las mediciones en Física. Utilizar herramientas estadísticas. Familiarizarse con el método de cuadrados mínimos.
- Comparar los resultados experimentales con aquellos predichos teóricamente y esbozar posibles causas y mejoras a futuro en la realización del laboratorio correspondiente.

### Objetivos particulares

- Determinar las dimensiones fundamentales de los materiales que van a utilizarse en este experimento, utilizando al menos dos instrumentos de distinta apreciación. Realizar el cálculo de las propiedades de los materiales mediante relaciones matemáticas, como el volumen y la densidad.
- Efectuar un experimento repetidas veces para realizar un análisis estadístico, que incluya la elaboración de histograma y curva de Gauss, discutiendo si se cumplen los postulados propuestos en dicho marco teórico.
- Medir dos magnitudes que se vinculen mediante una ley o relación física, con una dependencia lineal o linealizable entre ellas.

### Fundamento teórico

En este experimento se utilizarán nociones de cinemática, dinámica y energía del cuerpo puntual, vistas previamente en la materia.

Un cuerpo de masa  $m$  cae por el plano que se encuentra inclinado un ángulo  $\theta$ . En la figura 1 se puede ver esta situación, junto al diagrama cuerpo aislado de las fuerzas que actúan sobre el carrito. Todos los contactos se supondrán *libres de rozamiento*.

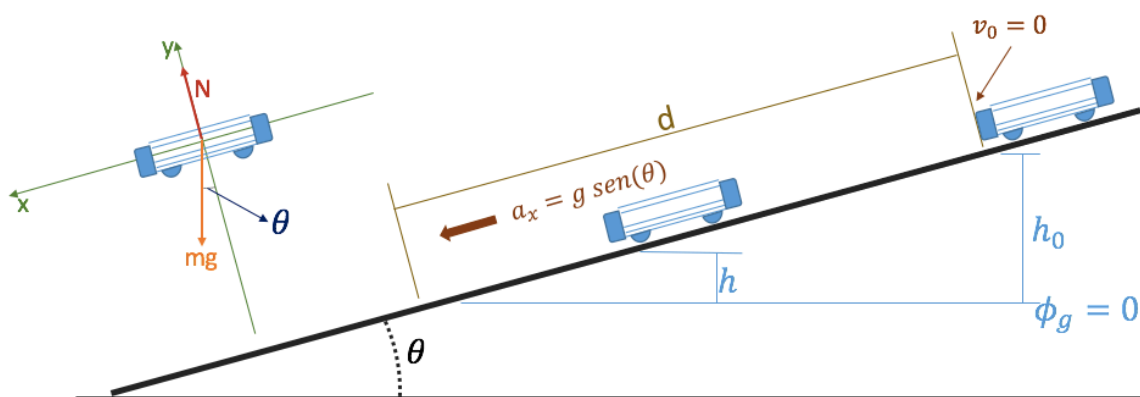


Figura 1. Esquema del plano inclinado y diagrama de cuerpo aislado para el carrito.

Del diagrama de fuerzas para el carrito mostrado en la Figura 1, y a partir de la segunda Ley de Newton, se deduce que:

$$\Sigma F_y) \rightarrow N - mg \cos(\theta) = ma_y = 0 \rightarrow N = mg \cos(\theta) \quad (1)$$

$$\Sigma F_x) \rightarrow mg \sin(\theta) = ma_x \rightarrow a_x = g \sin(\theta) \quad (2)$$

La ecuación (2) nos dice que la aceleración con la que el carrito se moverá en la dirección de la pendiente (eje  $x$ ), depende del seno del ángulo de inclinación del plano. Si durante el movimiento del carrito este ángulo no cambia, entonces podemos considerar que será un MRUV con la aceleración mostrada en la ecuación (2). Integrando obtendremos las siguientes ecuaciones,

$$v_x(t) = v_0 + a_x t \quad (3)$$

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a_x t^2 \quad (4)$$

Considerando tanto a la posición inicial como a la velocidad inicial nulas, y teniendo en cuenta las ecuaciones (2) y (4), se tiene:

$$x(t) = \frac{1}{2} g \operatorname{sen}(\theta) t^2 \quad (5)$$

Estableciendo la energía potencial gravitatoria igual a cero como se muestra en la figura 1, y considerando que el sistema parte del reposo, se tiene una energía mecánica inicial (para el sistema carrito) es igual a:

$$E_i = mgh_0 \quad (6)$$

Luego de que el carrito recorre una distancia  $d$  por el plano donde alcanza la posición final con velocidad  $v_f$  y la energía mecánica del sistema resulta:

$$E_f = \frac{1}{2} m v_f^2 \quad (7)$$

Considerando que la energía mecánica se conserva (fuerzas no conservativas despreciables), entonces:

$$E_i = E_f \rightarrow v_f^2 = 2gh_0 = 2g d \operatorname{sen}(\theta) \quad (8)$$

### Materiales y montaje experimental

Carrito dinámico Pasco®  
Pista (plano) Pasco®  
Fotointerruptores Pasco®  
Adquisidora de datos GLX  
Tope de pista Pasco®  
Calibre

Tornillo micrométrico  
Cinta métrica  
Accesorio para medición de ángulos  
Balanzas  
Tacos de madera

Se espera que en el laboratorio puedan montar el experimento tal como lo muestra la figura 2. El carrito dinámico es libre de moverse por la pista (considerada plana y libre de rozamiento). El plano estará inclinado un ángulo  $\theta$  con el fin de proyectar parte de la aceleración de la gravedad en la dirección de la pendiente del plano. Gracias al sistema de adquisición de datos se podrá tener información acerca de la velocidad final del carrito, así como también del tiempo que transcurre entre dos puntos separados por una distancia previamente establecida, entre otras magnitudes.

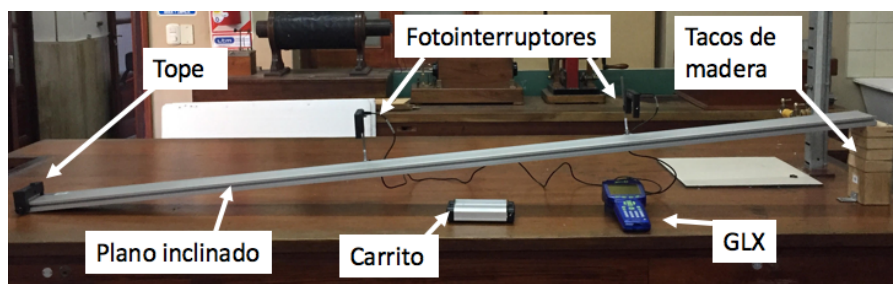


Figura 2. Foto esquemática del sistema experimental: Plano inclinado.

## Procedimiento experimental

### Mediciones directas

En relación a las dimensiones del carrito:

- Se medirá ancho, alto y largo del mismo con por lo menos dos instrumentos apropiados: calibre, tornillo micrométrico y/o cinta métrica (pueden utilizar regla milimetrada).
- Se utilizarán las balanzas disponibles para determinar su masa.

En relación al plano inclinado:

- Se medirá el ángulo de inclinación del plano utilizando la plomada graduada de Pasco®.
- Se medirá el largo del plano y la altura de su extremo elevado utilizando la cinta métrica.

### Mediciones indirectas

A partir de las mediciones registradas anteriormente, y utilizando la teoría de propagación de errores, se deberá determinar el volumen y la densidad del carrito, suponiéndolo paralelepípedo. Se determinará el ángulo del plano utilizando las medidas del largo del mismo (hipotenusa) y de la altura del extremo elevado (cateto opuesto).

### Teoría estadística

Ubicando dos fotointerruptores a una distancia fija preestablecida (por ejemplo, 100 cm aproximadamente) y para un ángulo prefijado, se registrará el tiempo que tarda el carrito en recorrerla. Se deberá repetir este procedimiento, al menos, 50 veces. Se asumirá que la velocidad inicial del carrito es igual a cero, lo que se podrá lograr colocando la parte del carrito que se utilice para su interrupción lo más próximo posible al laser del fotointerruptor superior.

### Método de cuadrados mínimos

De la relación entre el seno del ángulo de inclinación del plano y el cuadrado de la velocidad final que el carrito obtiene al recorrer una distancia  $d$  (ecuación (8)), se deberá registrar la velocidad final del carro para, al menos, 6 ángulos distintos. Mediante la utilización del método de cuadrados mínimos, se determinará un valor experimental para la aceleración de la gravedad.

### Resultados

En esta sección se espera que sean indicados los resultados obtenidos de las mediciones directas e indirectas, expresándolos de forma correcta (valor medio, su incertidumbre asociada, cifras significativas y sus unidades). Los cálculos realizados para la obtención de los errores por propagación, deberán figurar en un Anexo, al final del informe.

De las mediciones realizadas para desarrollar la teoría estadística, se esperará que muestren el valor promedio obtenido para el tiempo que tarda el carrito en recorrer una dada distancia, el desvío estándar, el histograma correspondiente y la curva de Gauss *sobre* el mismo. La tabla con los valores experimentales deberá incluirse en el Anexo.

En cuanto al método de cuadrados mínimos, se deberá incluir un gráfico que muestre los datos experimentales y la recta de aproximación obtenida, con los valores de ordenada al origen y pendiente claramente indicados, con sus respectivos errores. Deberá indicarse claramente el valor experimental obtenido para la aceleración de la gravedad, con su error correspondiente. Los datos obtenidos en el laboratorio deberán

formar parte del anexo, así como también todos los cálculos auxiliares que consideren relevantes.

### **Conclusiones**

En esta sección se incluirá un resumen de lo realizado en el laboratorio y los resultados principales obtenidos. Se deberá mencionar si lo obtenido experimentalmente se corresponde con lo esperado y las mejoras que se proponen a futuro.

### **Anexo**

Toda la información complementaria deberá ser incluida en esta sección, a fin de poder reproducir los resultados informados.

### **Informe**

El informe tendrá la estructura en secciones antes detalladas y servirá como material de lectura para quienes quieran reproducir el experimento. Por esta razón, su lectura debe ser fluida y su redacción debe ser realizada pensando en un lector que desconoce el experimento.

Se entregará 1 (un) informe por grupo, donde se incluyan todas las secciones mencionadas anteriormente. La primera entrega, en la fecha preestablecida, se hará por mail. Se les reenviará con las correcciones y deberán entregar en forma impresa la segunda versión, en la fecha indicada. El informe deberá estar aprobado para cursar la materia.