

## Cálculo del coeficiente de rozamiento dinámico

### 1. Introducción. Fundamentos teóricos

En esta práctica estudiaremos cómo la fricción afecta el movimiento uniformemente acelerado en un plano inclinado. Se trata de determinar la aceleración a partir de la medida de velocidades en diferentes puntos del plano inclinado, y averiguar en qué medida dicha aceleración depende por un lado de la acción de la gravedad, y por otro de la fuerza de rozamiento.

Consideraremos el movimiento de un bloque de masa  $m$  en un plano inclinado un ángulo  $\theta$  (el carril de aire). El bloque está en reposo en la posición que tomaremos como  $d = 0$ . Determinaremos la velocidad del bloques (móvil)  $v$  en puntos diferentes  $d$ . El móvil experimentará un movimiento uniformemente acelerado con aceleración  $a$ . Siguiendo las leyes de la cinemática, con velocidad inicial igual a cero obtenemos que

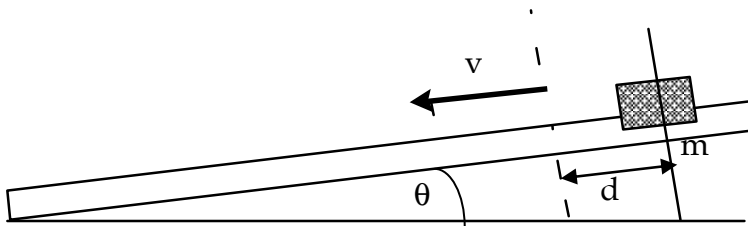




Fig. 1: Sistema para estudiar el movimiento en un plano inclinado.

Denominaremos  $v$  la velocidad del bloque cuando ha recorrido distancias  $d$  a lo largo del plano (fig. 1).

$$v^2 = 2ad \quad (1)$$

donde

$$a = g(\sin \theta - \mu \cos \theta) \quad (2)$$

$g$  es la aceleración de la gravedad, y  $\mu$  representa el coeficiente de rozamiento dinámico. Nuestro objetivo es medir  $v$ , para diferentes valores de  $d$ , para determinar el valor de  $\mu$  a partir de un ajuste de mínimos cuadrados y un cálculo geométrico del ángulo de elevación del carril  $\theta$ . Vemos que en teoría la aceleración que experimentará el móvil es independiente de la masa de este.

## 2. Método

Debajo del pie más pequeño del carril colocaremos un pie circular de manera que el carril permanezca inclinado. Montaremos una célula fotoeléctrica para medir la velocidad del patín (Fig. 2). Sujetaremos el patín en la posición que escojamos como  $d = 0$ , de manera que lo soltaremos asegurándonos de que parte del reposo  $v_0 = 0$ .

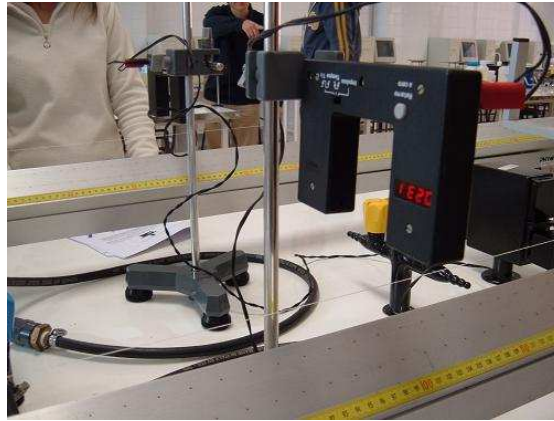


Fig. 2. Montaje de la célula fotoeléctrica

Conviene trabajar con la máxima presión del aire en el carril, para así reducir al fricción al máximo.

1. Con un patín sin contrapesos, colocamos la bandera (Fig. 3).

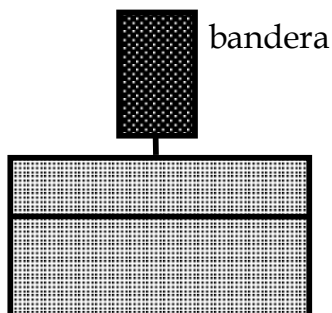


Fig. 3. Elementos del patín

Con la célula fotoeléctrica leeremos el tiempo  $t$  que la bandera corta el haz de la célula, y eso nos permitirá determinar la velocidad por medio de

$$v = \frac{d_{ef}}{\bar{t}} \quad (3)$$

donde  $d_{ef}$  es la *amplitud efectiva* de la banderola, que cogeremos  $d_{ef} = 2.50$  cm.

El éxito de nuestro experimento reside fundamentalmente en una buena determinación de la velocidad  $v$ . Para medirlas, colocaremos sucesivamente la célula fotoeléctrica en

cada uno de los puntos separados 10 cm. Tomaremos como  $d_0 = 10$  cm. Estas distancias  $d$  se refieren a las que recorrerá el patín en cada caso desde que lo soltamos hasta que su bandera corte el haz de la célula.

Se tomarán como posiciones  $x$  aquéllas que correspondan al centro del patín, de manera que la velocidad medida corresponderá a una velocidad media correspondiente al ancho de la bandera.

2. Fijemos la célula en la posición  $x$ .

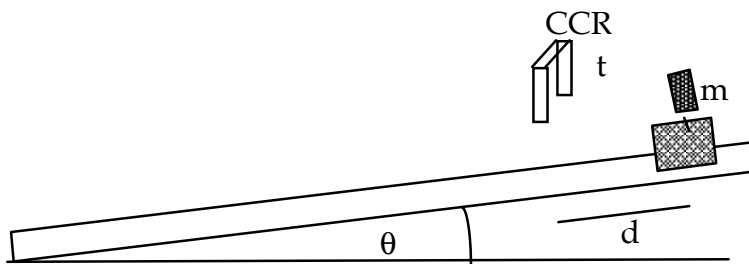


Fig. 4. Montaje de medida

3. Sujetaremos en patín con la mabo, para soltarlo *sin impulso inicial*. Leeremos el tiempo  $t$ , apuntando los valores en una tabla; para ver todas las entradas que ha de tener la tabla llegad hasta el punto **6**, más abajo. Repetiremos el lanzamiento 3 veces y obtendremos  $\bar{t}$  como la mediana de los tres resultados (*no hace falta calcular el error ahora: es suficiente con escoger un número razonable de cifras significativas*).
4. Calculemos  $v$  por medio de la ecuación (3).
5. Realizaremos el experimento anterior para diferentes valores en la posición de la célula  $x$ .
6. Construid una tabla con los resultados: los 3 valores de  $t$ ;  $\bar{t}$  y  $v$ .

La eq. (1) sugiere ahora que definamos

$$x \equiv d \tag{4}$$

y, por otro lado,

$$y \equiv v^2 \quad (5)$$

de manera que la eq. (1) queda de la forma

$$y = b_0 + b_1 x \quad (6)$$

eso es, una recta, con  $b_0 = 0$  y  $b_1 = 2a$ .

7. Ahora se han de calcular los valores de  $x$ . Haced nuevas entradas a la tabla con los valores de  $x$  y de  $y$ . Representadlos gráficamente.

De las eqs. (5) y (6) vemos que, ajustando los valores de  $(y,x)$  por mínimos cuadrados, obtenemos  $a$  de la pendiente  $b_1$ .

8. Haced la regresión lineal y determinad el valor de  $a$  con su error.

9. El coeficiente de rozamiento se calcula a partir de la eq. (2). Para ello medimos  $\theta$  con un método alternativo muy sencillo,  $\sin \theta = h/L$ , siendo  $L$ , la distancia entre las patas del carril, y  $h$ , la altura de elevación (la pesa colocada anteriormente).

### 3. Presentación de resultados

En la memoria indicad el procedimiento de obtención de datos, la tabla de resultados que habéis medido, la gráfica x-y con la regresión lineal, y el valor determinado de  $a$  y de  $\mu$  con el su error. Indicad los principales cálculos que justifiquen los resultados.