PRÁCTICA 2:
Dinámica de una partícula- 2ª Ley de Newton

OBJETIVO

La 2ª Ley de Newton, **F**= m**a**, establece la relación entre la fuerza neta ejercida sobre una partícula de masa m y la aceleración que se le comunica. En esta práctica se tenía que verificar esta ley en el laboratorio, para lo que hemos medido la aceleración de un objeto bajo diferentes condiciones experimentales. El objeto móvil ("carrito") es acelerado cuando se tira de él con distintos valores de fuerza, en tres situaciones:

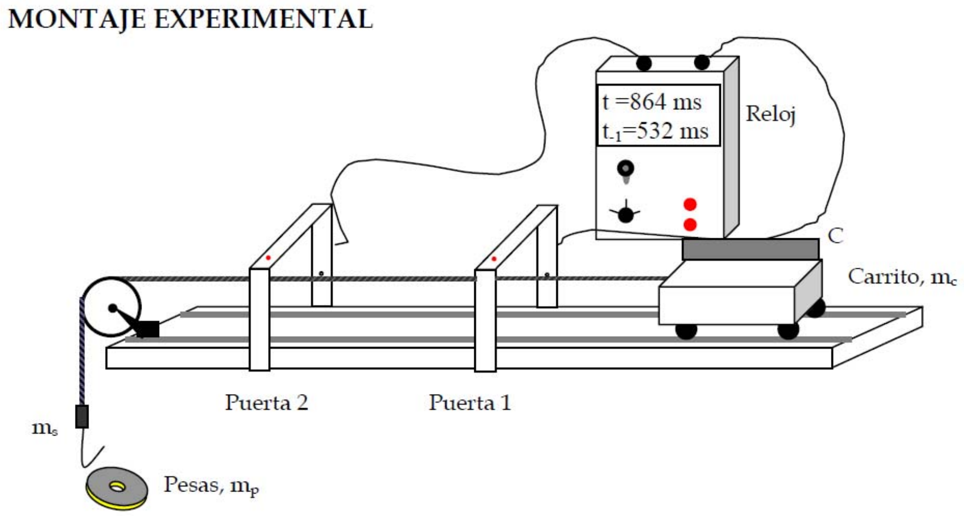
1. Superficie horizontal:

    1.1. Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado de un sistema con bajo rozamiento. (Sólo el intrínseco del sistema)

    1.2. Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado con rozamiento.

2. Medidas en un plano inclinado.

DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE EXPERIMENTAL Y TÉCNICAS DE MEDIDA



El carrito de masa m_c de la figura se mueve tirado por la cuerda que se mantiene tensa debido a las pesas (de distinta masa, m_p) que iremos colgando de una cuerda que pasa por una polea. En su movimiento el carrito pasa bajo dos puertas fotoeléctricas conectadas a un reloj que, en dos modos de funcionamiento distinto, nos va a dar información sobre:

A. El tiempo que le cuesta recorrer la distancia S entre las puertas (*MODO PULSE*)

B. El tiempo que está bloqueada cada una de las células. (*MODO GATE*). Conociendo la longitud L del cartoncito que bloquea la célula, podemos estimar la velocidad del carrito al atravesar cada una de las puertas

La aceleración la vamos a determinar de forma indirecta, a través de las citadas medidas de tiempo y longitud:

<u>Método PULSE</u>

El cálculo de la aceleración se realiza a partir de la medida del tiempo, teniendo en cuenta la ecuación $S=v_o t+at^2/2$. En este apartado es importante que la velocidad inicial (la que lleva cuando pasa por la primera puerta) sea lo más cercana posible a cero, de modo que $a=2S/t^2$ sea una buena aproximación.

Método GATE

La pieza que está sobre el carrito y que bloquea el sensor es una pestañita de cartón de longitud L. Mediante este método se obtienen dos valores de tiempo. El tiempo T_{-1} corresponde al tiempo t_{ini} que está bloqueada la primera puerta y el el tiempo T_0 corresponde a la suma de los tiempos que están bloqueados los dos sensores. Por tanto, el tiempo t_f correspondiente a la puerta 2 es la diferencia entre T_0 y T_{-1}.

Hemos calculado una velocidad v_{ini} y v_f para cada una de las 5 medidas de tiempo realizadas, según la fórmula L= vt. donde L es la longitud de la pestañita.

A partir de dichas velocidades, hemos hallado 5 aceleraciones mediante la fórmula:

$$v_f^2 = v_{ini}^2 + 2aS$$

donde S es la distancia entre las dos puertas.

DATOS EXPERIMENTALES

Masas utilizadas

Carrito mc (±0,1 g)	Soporte ms (±0,01 g)	Pesa 1 (±0,01 g)	Pesa 2 (±0,01 g)	Pesa 3 (±0,01 g)
513,2 g=0,5132 kg	5,92 g	3,40 g	31,87 g	63,77 g

Distancia entre puertas

S= 60,00± 0,05 cm *(También puede considerarse correcto S= 60,0± 0,1 cm)*

Longitud de la pestaña
L= 3,00± 0,05 cm

Tiempos medidos por el reloj
Δt=±0,0001s

MEDIDAS CON EL PLANO HORIZONTAL

A. Método PULSO

Para cada valor de masa se han realizado cinco medidas, prestando atención a que el carrito comenzara a moverse justo antes de pasar bajo la primera puerta. ($v_0 \approx 0$)

MASA	T_1 (s)	T_2 (s)	T_3 (s)	T_4 (s)	T_5 (s)	Tm (s)	**T *(s)**	**a (ms^{-2})**
9,32 g	2,7551	2,7237	2,7325	2,7629	2,7227	2,7394	**2,74 ± 0,02**	**0,160±0,003**
37,79 g	1,3239	1,3207	1,3149	1,3056	1,3138	1,3158	**1,32 ± 0,01**	**0,69±0,01**
69,69 g	0,9995	1,0095	1,0065	0,9914	1,0028	1,0019	**1,00 ± 0,01**	**1,20±0,03**

* *Los errores en T son los asociados a la media. Para un tratamiento riguroso de lo errores, cálculo de la desviación estándar..., repasad en el guión de la práctica 1. Podéis comprobar en el manual de vuestra calculadora que esos cálculos pueden hacerse de forma directa rápidamente.*

Estimación del error en los valores de la aceleración calculados a partir de T y S.
$a_{max}=2(S+\Delta S)/(T-\Delta T)^2$ y $a_{min}=2(S-\Delta S)/(T+\Delta T)^2$

MASA	a_{max} (ms^{-2})	a_{min} (ms^{-2})	**a (ms^{-2})**
9,32 g	0,162	0,157	**0,160±0,003**
37,79 g	0,704	0,682	**0,69±0,01**
69,69 g	1,221	1,171	**1,20±0,03**

B. MÉTODO GATE

Para cada valor de masa se han realizado cinco medidas. En este caso no es necesario que el carrito parta de la misma posición, puesto que determinamos tanto la velocidad inicial como la final.

MASA= 9,32 g	T_1 (s)	T_2 (s)	T_3 (s)	T_4 (s)	T_5 (s)
T_0 (s)	0,3357	0,3387	0,35	0,3374	0,3424
$T_{-1}=T_{ini}$ (s)	0,2581	0,2607	0,272	0,2599	0,2654
$T_f=T_0-T_{-1}$ (s)	0,0776	0,078	0,078	0,0775	0,077
v_{ini}(±0,002) (ms^{-1})	0,116	0,115	0,110	0,115	0,113
v_f(±0,002) (ms^{-1})	0,387	0,385	0,385	0,387	0,390
a(ms^{-2})	0,113	0,112	0,113	0,114	0,116

a=0,114±0,002 ms^{-2}

MASA= 69,69 g	T_1 (s)	T_2 (s)	T_3 (s)	T_4 (s)	T_5 (s)
T_0 (s)	0,1201	0,1217	0,1185	0,1219	0,12
$T_{-1}=T_{ini}$ (s)	0,0946	0,0963	0,0931	0,0966	0,0945
$T_f=T_0-T_{-1}$ (s)	0,0255	0,0254	0,0254	0,0253	0,0255
v_{ini}(±0,002) (ms^{-1})	0,317	0,312	0,322	0,311	0,317
v_f(±0,002) (ms^{-1})	1,176	1,181	1,181	1,186	1,176
a(ms^{-2})	1,070	1,082	1,076	1,091	1,069

a=1,08±0,01 ms^{-2}

TABLA RESUMEN DE LAS ACELERACIONES

(en vuestro caso debería recoger los datos para las tres masas. Es asimismo aconsejable comentar los resultados obtenidos por los dos métodos: diferencias, similitudes…)

MASA	**a (ms^{-2}) pulso**	**a (ms^{-2}) gate**
9,32 g	**0,160±0,003**	**0,114±0,002**
69,69 g	**1,20±0,03**	**1,08±0,01**

Cálculo de la fuerza sobre el carrito
Una vez determinada la aceleración que experimenta el carrito, podemos calcular la fuerza que actúa sobre él:

$$F_c = m_c a$$

Si despreciamos el rozamiento esa fuerza debería ser igual a la tensión de la cuerda que arrastra al móvil, que puede calcularse teniendo en cuenta la ecuación de movimiento de las masas que cuelgan:

$$(m_s + m_s)g - T = (m_s + m_s)a$$

Tabla de valores de tensión y fuerza para las distintas pesas

m_s+m_p (kg)	**m_c (kg)**	**a (ms^{-2})**	**T (N)**	**Fc (N)**
0,00932	0,5132	0,114	**0,0904 (±0,0001)**	**0,058 (±0,002)**
0,06969	0,5132	1,08	**0,608 (±0,001)**	**0,554 (±0,005)**

(Aquí también para las tres masas)

Estimación del error en los valores calculados de tensión y fuerza

m_s+m_p (kg		T (N)		F (N)
0,00932	T_{max}	0,0905	F_{max}	0,0575
	T_{min}	0,0903	F_{min}	0,0595
	ΔT	(±0,0001)	ΔF	(±0,002)
0,06969	T_{max}	0,609	F_{max}	0,549
	T_{min}	0,608	F_{min}	0,559
	ΔT	(±0,001)	ΔF	(±0,005)

Vemos que las dos columnas T(N) y Fc(N) no son iguales. Las discrepancias pueden explicarse por… *(Añadid las razones que estiméis oportunas)*

MEDIDAS CON ROZAMIENTO

El esquema de esta parte puede ser similar al anterior, pero sólo para la masa más pesada. Se debe añadir algún comentario comparando los valores "sin" y con rozamiento

MEDIDAS CON EL PLANO INCLINADO

Ahora inclinamos el carril por el que circula el carrito un determinado ángulo alfa. La diferencia de altura entre los extremos del plano es de 2 cm, luego la estimación de ese ángulo utilizando trigonometría es

$$\text{tg}\ \alpha = (2/200) = 0{,}01 \Rightarrow \alpha = 0{,}57^{o}$$

Es predecible que la aceleración del carrito aumente respecto a la medida en horizontal, puesto que la componente del peso paralela la dirección del movimiento ($m_c \cdot g \cdot \text{sen}\ \alpha$) se suma a la tensión en la ecuación de movimiento.
Siguiendo el mismo procedimiento que en los casos anteriores, se realizan las medidas de tiempos (modo gate) con la masa de 37,79 g.

MASA= 37,77 g	T_1 (s)	T_2 (s)	T_3 (s)	T_4 (s)	T_5 (s)
T_0 (s)	0,147	0,154	0,153	0,151	0,155
$T_{-1}=T_{ini}$ (s)	0,1166	0,1235	0,1219	0,12	0,1237
$T_f=T_0-T_{-1}$ (s)	0,0304	0,0305	0,0311	0,031	0,0313
$v_{ini}(\pm 0,002)$ (ms^{-1})	0,257	0,243	0,246	0,250	0,243
$v_f(\pm 0,002)$ (ms^{-1})	0,987	0,984	0,965	0,968	0,958
a(ms^{-2})	0,756	0,757	0,725	0,728	0,717

a=0,74±0,02 ms^{-2}

Se observa que la aceleración es notablemente mayor que en el plano horizontal. No teniendo en cuenta el rozamiento, podemos calcular de forma analítica el ángulo del plano inclinado según la expresión:

$$\text{arcsen}\,\alpha = \frac{(m_c + m_s + m_p)\cdot a - (m_s + m_p)\cdot g}{m_c g}$$

Obtenemos α~0,4 º valor algo menor que el determinado geométricamente, pero que cualitativamente está de acuerdo con los resultados esperados.

CONCLUSIONES

Hemos podido comprobar que

En el análisis de los datos, hemos visto que no puede despreciarse (o que sí puede ....)