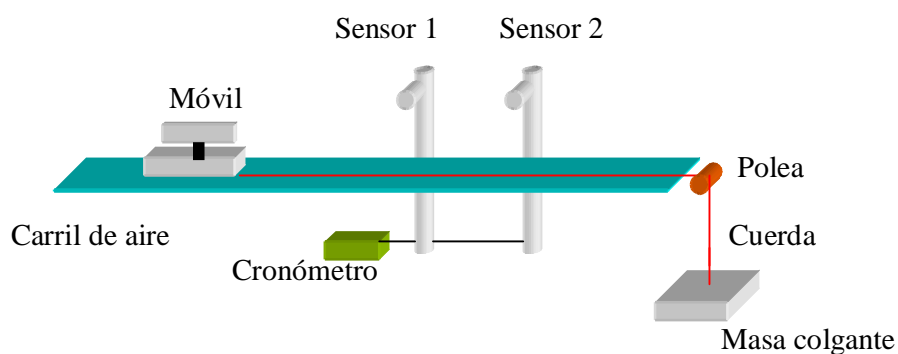


1. Introducción:

El objetivo de esta experiencia es determinar la 2° ley de Newton, según la cual la fuerza constante que actúa sobre un cuerpo es igual a su masa por la aceleración del mismo.

2. Procedimiento:

Se prepara el carril de la siguiente manera:



Luego de variadas mediciones de masa y tiempo se puede calcular la velocidad y luego la aceleración del móvil. Una vez realizadas estas mediciones estamos en condiciones de calcular la fuerza aplicada sobre el sistema debida a la atracción gravitatoria sobre la masa colgante.

3. Material utilizado:

- Cronómetro con disparo de barrera infrarroja y barrera accesoria;
- Carril de aire con un móvil;
- Polea, soporte especial;
- Soporte universal con grampas de mesa;
- Pesos cajas de pesas accesorias;
- Balanza.

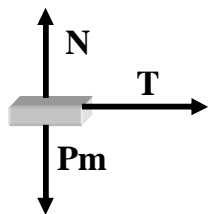
4. Desarrollo de la experiencia:

- Instalamos el carril de aire y lo nivelamos cuidadosamente, de forma tal que el móvil se detenga en el carril sin desplazamientos.
- Medimos la longitud del móvil (L=10 Cm.).

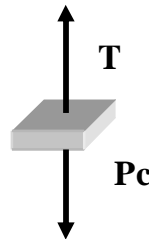
- Montamos el gancho en el agujero inferior del frente vertical del móvil. Para contrarrestar el peso, agregamos una pieza similar en el borde opuesto.
- Agregamos 60g. de masa al móvil (con masas de 10 y 20g.) en forma simétrica.
- Colocamos 5g. en el soporte colgante (que se agrega a la propia masa del colgante, medida con anterioridad al igual que el resto del equipamiento). Llamamos “ma” a la masa colgante más la masa agregada.
- Colocamos el cronómetro en modo gate.
- Elegimos un punto inicial X_0 , próximo al extremo del carril y lo recordamos para ubicar allí el móvil al principio de cada experiencia.
- Pulsamos el botón RESET.
- Mantenemos el móvil en X_0 y luego lo dejamos ir. Tomamos nota de los tiempos (T_1 y T_2) por los cuales pasa por ambos sensores, repitiendo la experiencia 3 veces.
- En el modo pulse dejamos partir el móvil de X_0 y tomamos el tiempo (T_3), también en 3 oportunidades.
- Rehacemos la misma experiencia cambiando las masas del colgante pero manteniendo la suma de la masa colgante y del móvil constante.

5. Diagramas de cuerpo libre:

Móvil:



Colgante:



6. Fórmulas y constantes utilizadas en los cálculos:

$$V_1 = \frac{L}{T_1} \quad \Rightarrow \quad \Delta V_1 = \frac{\Delta L}{T_1} + \frac{L \cdot \Delta T_1}{T_1^2}$$

$$V_2 = \frac{L}{T_2} \quad \Rightarrow \quad \Delta V_2 = \frac{\Delta L}{T_2} + \frac{L \cdot \Delta T_2}{T_2^2}$$

$$a = \frac{V_2 - V_1}{T_3} \Rightarrow \Delta a = \frac{\Delta V_2}{T_3} + \frac{\Delta V_1}{T_3} + \frac{(V_2 - V_1) \cdot \Delta T_3}{T_3^2}$$

$$F = m \cdot a \Rightarrow \Delta F = m \cdot \Delta a + a \cdot \Delta m$$

$\Delta L = 0.1\text{cm}$ (por error mínimo de medición en la regla milimetrada)

$\Delta m = 0.1\text{g}$ (por error mínimo de medición en la balanza)

$g = 9.8\text{m/s}^2$ (aceleración de la gravedad)

7. Datos y cálculos (para $m+ma=CTE$):

m	ma	T1	T1prom.	T2	T2prom.	T3	T3prom.	V1	V2	am	Fa
190.1+	5.2+	0.333	0.332	0.142	0.141	1.301	1.302	0.3	0.71	0.31	0.07
60.4=	5.1=	0.332		0.141		1.304					
250.3	10.3	0.332		0.141		1.301					
190.1+	5.2+	0.191	0.189	0.081	0.081	0.748	0.748	0.53	1.23	0.9	0.2
40.2=	25.2=	0.189		0.081		0.748					
230.3	30.4	0.189		0.081		0.747					
190.1+	5.2+	0.147	0.146	0.063	0.063	0.578	0.578	0.68	1.59	1.6	0.34
20.2=	45.2=	0.146		0.063		0.577					
210.3	50.4	0.147		0.063		0.579					

- **Unidades:**

[m]=g.

[ma]=g.

[T1]=Seg.

[T2]=Seg.

[T3]=Seg.

[V1]=m/s

[V2]=m/s

[am]=m/s²

[Fa]=N

- Masa propia del móvil: 190.1g.
- Masa del portahilo: 5.2g.
- Pesas: 20.1g. , 10.1g. , y 5.1 g. Por lo tanto $\Delta m=0.1\text{g}$.
- En el error de medición del tiempo se toma el máximo de las dos opciones siguientes:
 - Por instrucciones del cronómetro $\Delta t=t=0.001\text{s}$
 - $\frac{T_{\max} - T_{\min}}{2}$

2

8. Datos y cálculos (para $ma=CTE$)

- Realizamos ahora la experiencia manteniendo ma constante y variando m , agregándole o quitándole masa. Tomamos nuevamente los tiempos $T1$, $T2$ y $T3$, tres veces cada uno:

m	ma	T1	T1prom.	T2	T2prom.	T3	T3prom.	V1	V2	am	Fa
20.1+	20.1+	0.198	0.198	0.085	0.084	0.782	0.7813	0.5	1.18	0.87	0.022
190.1=	5.2=	0.198		0.084		0.782					
210.2	25.3	0.198		0.084		0.78					
40.2+	20.1+	0.207	0.207	0.087	0.087	0.811	0.8113	0.48	1.14	0.813	0.02
190.1=	5.2=	0.207		0.087		0.812					
230.3	25.3	0.206		0.088		0.811					
60.3+	20.1+	0.214	0.214	0.091	0.09	0.846	0.8443	0.47	1.1	0.746	0.018
190.1=	5.2=	0.214		0.09		0.843					
250.4	25.3	0.214		0.091		0.844					

- Unidades:**

[m]=g.

[ma]=g.

[T1]=Seg.

[T2]=Seg.

[T3]=Seg.

[V1]=m/s

[V2]=m/s

[am]=m/s²

[Fa]=N

9. Cuadro de mediciones de error para el primer cuadro :

	V1	V2	am	Fa
Caso 1	0.004	0.013	0.013	0.003
Caso 2	0.008	0.028	0.049	0.011
Caso 3	0.011	0.041	0.004	0.001

- Unidades:**

[V1]=m/s

[V2]= m/s

[am]= m/s²

[Fa]=N

10. Cuadro de mediciones de error para el segundo cuadro:

	V1	V2	am	Fa
Caso 1	0.004	0.013	0.013	0.003
Caso 2	0.008	0.028	0.049	0.011
Caso 3	0.011	0.041	0.004	0.001

• **Unidades:**

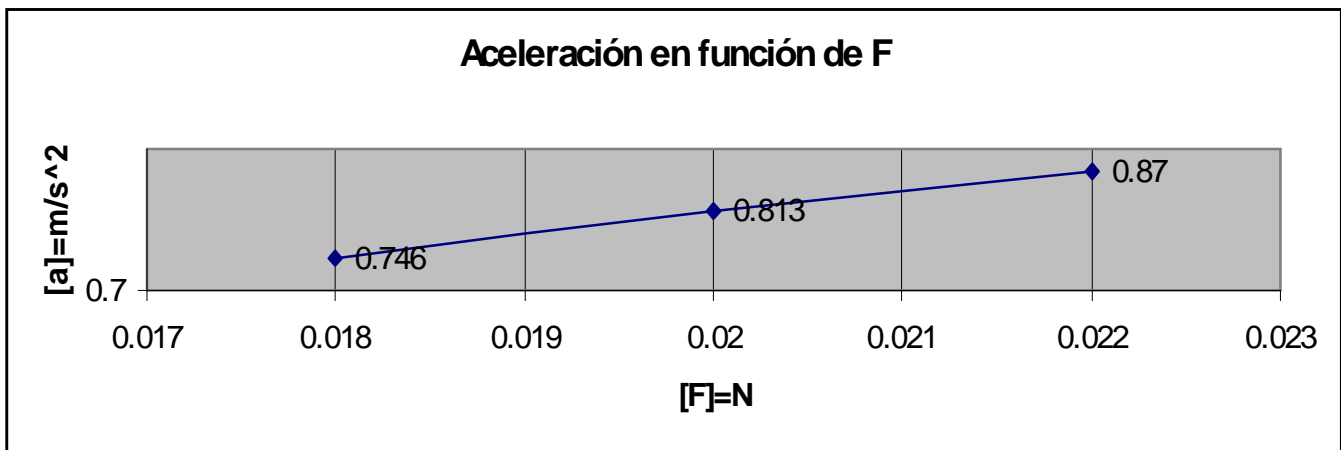
[V1]=m/s

[V2]= m/s

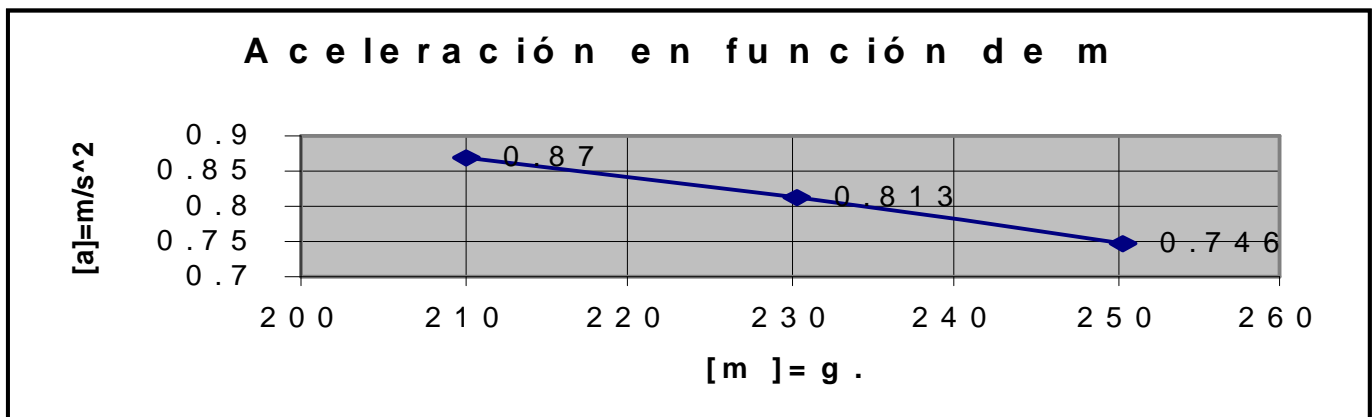
[am]= m/s²

[Fa]=N

11. Gráfico de aceleración en función de la fuerza (cuadro1):



12. Gráfico de la aceleración en función de la masa del móvil (cuadro 2):



13. Cuestionario:

- a) ¿Qué efectos produce el carril de aire desnivelado a grados?
b) ¿Cuál es el ángulo a mínimo que debería haber para que afecte la medición de la aceleración?

a)

En el caso de que el carril este desnivelado tendríamos un incremento en la aceleración de valor $(g \cdot \text{sen } \alpha)$

$$a_T = a + g \cdot \text{sen } \alpha \quad \text{para } \alpha = 0 \quad a_T = a$$

b)

La aceleración medida es del orden de 10^{-1} m/s^2 para que el incremento de aceleración producido por el ángulo α sea despreciable, debe ser:

$$g \cdot \text{sen } \alpha \leq 10^{-3} \Rightarrow \alpha = 0,006^\circ = 0^\circ 0' 21,6''$$

- Las medidas directas que se obtienen en esta practica son: la masa y el tiempo. ¿Qué instrumento mejoraría, el cronometro o la balanza?

El error absoluto es propagado cuando se realizan operaciones matemáticas entre magnitudes:

$$\text{Error de } (a \pm b) = \Delta (a + b) = \Delta a + \Delta b$$

$$\text{Error de } a/b = \Delta a + \Delta b$$

$$a = \frac{V_2 - V_1}{T_3}$$

$$F = m \cdot a = m \cdot \frac{V_2 - V_1}{T_3} \Rightarrow \Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2, \quad \Delta V = \frac{\Delta L_1}{\Delta T_1} + \frac{\Delta L_2}{\Delta T_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3$$

Por otro lado, Δm no se propaga.

Como la velocidad es función del tiempo, y el error que en esta obtenemos es mas propagado que el de la masa, llegamos a la conclusión de que mejoraríamos el Cronometro.

- a) ¿Qué error se introduce cuando uno utiliza la velocidad media como instantánea? b) ¿En que punto de la bandera estamos midiendo la velocidad?

a)

En nuestro caso, que $a = \text{constante}$ utilizar Velocidad media (V_M) o Velocidad instantánea (V_I) es igual el problema estaría dado si la aceleración no fuese constante.

V en un punto A es:

$$V_M = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} \qquad V_I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} V_M = \frac{dx}{dt}$$

A medida que se hace tender a cero Δt , Δx también tiende a cero.

b)

Medimos la velocidad en el punto de la bandera que corresponde a $t = \Delta t/2$
 $X(\Delta t/2)$

Demostración:

$$V_X(t) = V_{X0} + a \cdot t \quad \Rightarrow \quad V_X(\Delta t/2) = V_{X0} + a \cdot \Delta t/2 \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_X(\Delta t/2) = V_{X0} + \frac{V_{Xf} - V_{X0}}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta t}{2} \Rightarrow V_X(\Delta t/2) = V_{X0} + \frac{V_{Xf} - V_{X0}}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_X(\Delta t/2) = \frac{V_{Xf} + V_{X0}}{2} = V_M$$

14. Conclusiones:

Observando los gráficos, que son lineales, concluimos que a medida que aumenta la fuerza (F) la aceleración (a) disminuye, siendo la fuerza directamente proporcional a la masa.

Mientras que cuando aumenta la masa (m) el valor de la aceleración disminuye, siendo la aceleración inversamente proporcional a la masa.

En este caso, utilizar la aceleración media o instantánea no afectaría la medición ya que al ser constante la aceleración, lo que obtenemos es lo siguiente:

$$a_M = \frac{V_f - V_i}{t_f - t_i} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

para hallar la aceleración instantánea calculamos el límite cuando el intervalo de tiempo tiende a 0

$$a_I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} a_M = a_M$$