

Agustín Garrido

agugarrido@hotmail.com

Trabajo Práctico N° 3:

Principio de Masa

Síntesis

Este trabajo práctico consistió, principalmente, en estudiar el movimiento de un carro afectado por diferentes fuerzas de igual dirección y diferente módulo.

La primera parte se dividió en dos partes: la primera consistió en colocar una pesa de 10 g en el soporte y calcular el tiempo y la velocidad que toma el carro tras recorrer 5 desplazamientos distintos. La segunda consistió en realizar este mismo procedimiento pero en vez de agregar una pesa de 10 g se colocó una de 20 g.

La segunda parte del TP consistió en aplicarle al sistema 5 fuerzas distintas (colocando distintas pesas sobre el soporte), y calcular la aceleración que experimenta el carro al verse afectado por ellas. Luego de este procedimiento se realizó lo mismo pero agregando otra pesa de 500 g al carro (destacarse que este tuvo una pesa de 500 g durante todo el tp).

Los resultados se plasmaron en una tabla, se calcularon las respectivas incertezas y se realizaron los respectivos gráficos. A partir de ello se sacaron las conclusiones, que coincidieron, en algún punto, con nuestra hipótesis inicial.

Objetivo:

Estudio del movimiento de un sistema (un carro que se desliza por una pista mediante un hilo con pesas) ante la aplicación de fuerzas de distinto módulo e igual dirección.

Introducción:

Antes de comenzar a realizar los experimentos planteamos la siguiente hipótesis:

A medida que se coloca más peso en el soporte, es decir se varía la fuerza, el carro se desplaza con mayor velocidad, manteniendo siempre su misma masa. También gracias al aporte teórico brindado en clase con la segunda ley de Newton, pudimos plantear que si se le aplica la misma fuerza a dos cuerpos distintos, el de menor masa, adquirirá mayor aceleración.

En el dispositivo experimental que utilizaremos los materiales se han dispuesto en la forma que se exhibe en la Fig. 1.

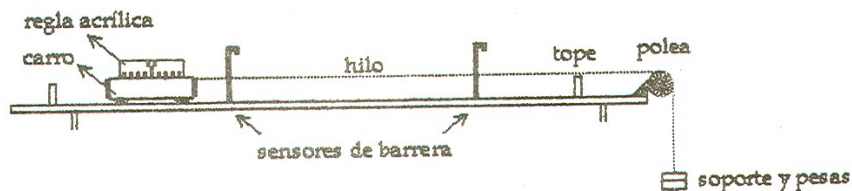


Fig. 1: Esquema del dispositivo experimental sugerido.

Durante las dos partes de este trabajo práctico se utilizaron una pista dispuesta horizontalmente, dos sensores de barrera y el Smart Timer, un tope, un carro con una regla acrílica el cual se unió a un soporte con pesas mediante un hilo, y una polea. En la primera parte se utilizaron 1 pesa de 10 g, 2 pesas de 20 g y 1 pesa de 500 g; durante la 2da se utilizaron dichas pesas y en la última medida se agregó una de 500 gr.

También se tuvo en cuenta cierta información teórica que se describe a continuación:

Sobre los diferentes cuerpos actúan diferentes fuerzas:

- Sobre el carro: el peso (P), la reacción normal del plano sobre el que está apoyado (N), la tensión del hilo (T) y la fuerza de rozamiento (f).
- Sobre las pesas: el peso (P), la tensión del hilo (T).

Con respecto a estas fuerzas se despreció el efecto de rozamiento con el aire de cada uno de los cuerpos por considerarlo muy pequeño en comparación con las otras fuerzas actuantes y consideramos que el hilo tiene masa despreciable (por ser muy pequeña en comparación con m y m) y que la polea es ideal (su masa es despreciable y no presenta rozamiento). Entonces queda igualado el módulo de la tensión sobre el carro y el de la tensión sobre las pesas.

Ecuaciones de movimiento:

Para el carro:

$$\begin{aligned} \text{En la dirección x: } |T| - |f| &= m \cdot a & (1) \\ \text{En la dirección y: } |P| - |N| &= m \cdot 0 \Rightarrow |P| = |N| \end{aligned}$$

Para las pesas:

$$\begin{aligned} \text{En la dirección x: } |P| - |T| &= m \cdot a & (2) \\ \text{En la dirección y: } &\text{no actúan fuerzas.} \end{aligned}$$

Para estudiar este movimiento consideramos que las fuerzas exteriores relevantes son el P y la f. Para demostrar esto hicimos la suma miembro a miembro de las ecuaciones (1) y (2):

$$|T| - |f| + |P| - |T| = m \cdot a + m \cdot a$$

sacamos la aceleración como factor común:

$$|P| - |f| = (m + m) \cdot a$$

Procedimiento experimental

Antes de comenzar a realizar las mediciones, nos aseguramos que el hilo que conectaba el carro y el soporte con pesas se encontrara libre para así evitar el posible rozamiento. Cabe aclarar, además, que éste hilo es inextensible, es decir, que su longitud no varía a lo largo del experimento. También para evitar errores al tomar las mediciones tuvimos cuidado de que el soporte no llegara al piso, de que el hilo no se enganchara con un clavo que había en el tope y de que entre el primer tope y el primer sensor existiera una distancia de 10 cm. Luego, comenzamos la primera parte del TP, en la cual estudiamos el movimiento de un sistema de cuerpos vinculados cuando son sometidos a la acción de una fuerza neta constante. Para esto, colocamos en el soporte para pesas (el cual tiene una masa de 5 g) una pesa de 10 gr. En el carro se colocaron todas las pesas restantes (las dos de 20 g y la de 500 g.) Luego se tomaron cinco desplazamientos distintos utilizando el mismo sistema de medición que en el TP N° 2 (Smart Timer), moviendo siempre el segundo fotogate cada 10 cm para así, teniendo el primero fijo durante toda la experiencia, obtener la misma posición inicial:

$$X_0 = (100,0 \pm 0,4) \text{ cm}$$

Para cada desplazamiento se midió tres veces el tiempo (siempre tomando como tiempo inicial 0) y la velocidad, tomando para cada uno tres medidas y así poder sacar la respectiva incerteza. Para medir el tiempo se utilizaron los dos sensores de barrera, mientras que para medir la velocidad solamente se utilizó el segundo, (el movable), para obtener la velocidad final. Una vez que los datos fueron obtenidos y se completó la primera tabla, se realizó el mismo procedimiento pero en vez de colocar una pesa de 10 g en el soporte, se colocó una de 20g, colocando la primera en el carro junto a las demás (por ende se obtiene la misma masa del sistema, pero la fuerza varía). Así se realizaron las tres mediciones de velocidad y tiempo para cada uno de los cinco desplazamientos y se completó la segunda tabla.

Durante la segunda parte de nuestro trabajo práctico lo que buscamos fue investigar el efecto que produce en el movimiento del sistema una variación del valor de la fuerza aplicada, es decir, buscar la relación entre la aceleración que adquiere el sistema y la fuerza a la que es sometido. Para esto se tomó un solo desplazamiento durante toda la etapa ya que lo que se varió la fuerza aplicada trasladando pesas del carro al soporte. Es decir, para la primera medición se colocó la pesa de 10 g en el soporte y todas las demás (sin contar la otra de 500 g que en la parte anterior tampoco se había utilizado) dejándolas en el carro. Para la segunda medición se trasladó la de 20 g al soporte y la de 10 g al carro, y así sucesivamente, hasta obtener en la quinta y última medición, 50 g en el soporte (dos de 20 g y una de 10 g) y la restante de 500 g en el carro. Para cada medición se tomaron 3 medidas de la aceleración y se completó una tabla. Luego se realizó exactamente el mismo procedimiento descrito anteriormente, tomando las mismas fuerzas actuantes en cada caso, con la diferencia que se colocó la pesa que no se había utilizado hasta el momento de 500 g en el carro junto a la otra. De esta forma se completó la cuarta y última tabla. Cabe aclarar que cuando se calculó la Fuerza que se hallaba en el soporte se tuvo en cuenta también la masa del soporte (5 g), por lo tanto si se colocó la pesa de 10 g, la fuerza es 15 g que equivale a 0,15 N. Una vez completas todas las tablas y realizadas todas las mediciones se calcularon las respectivas incertezas y se realizaron los gráficos correspondientes. A partir de ello se realizaron las conclusiones y los análisis y se comprobó la hipótesis.

Resultados y procesamiento de datos

Tabla 1: resultados obtenidos para el movimiento del sistema al aplicarle a este una Fuerza constante de 0,15 N.

Obs.	$\Delta x \text{ (cm)} \pm \Sigma \Delta x$	T (seg)	$T_p \text{ (seg)} \pm \Sigma T_p$	V (cm/seg)	$V_p \text{ (cm/seg)} \pm \Sigma V_p$
1	$10,0 \pm 0,4$	0,4896 0,4895 0,4882	0,4894 $\pm 0,0002$	22,2 22,5 21,9	22,200 $\pm 0,300$
2	$20,0 \pm 0,4$	0,8943 0,8872 0,8835	0,8883 $\pm 0,0002$	27,8 27,9 27,8	27,830 $\pm 0,067$
3	$30,0 \pm 0,4$	1,2279 1,2277 1,2251	1,2269 $\pm 0,0002$	31,8 31,6 31,7	31,670 $\pm 0,130$
4	$40,0 \pm 0,4$	1,5229 1,5324 1,5305	1,5286 $\pm 0,0002$	34,9 34,8 35,2	34,917 $\pm 0,283$
5	$50,0 \pm 0,4$	1,8047 1,8089	1,8228 $\pm 0,0002$	38,0 38,0	38,033 $\pm 0,067$

		1,8548		38,1	
--	--	--------	--	------	--

En esta tabla se presentan 5 medidas del desplazamiento del carro (con sus respectivas incertezas) el tiempo y la velocidad empleados por el carro para realizar esos desplazamientos, también con sus incertezas. Los desplazamientos se tomaron cada 10 cm y su incerteza se tomó con el mismo criterio que en el TP n° 2. El tiempo y la velocidad promedio se calcularon ya que se tomaron 3 mediciones para cada desplazamiento y luego se calculó la incerteza.

Tabla 2: resultados obtenidos para el movimiento del sistema al aplicarle a este una fuerza constante de 0,25 N.

Obs.	Δx (cm) \pm $\Sigma \Delta x$	T (seg)	Tp (seg) $\pm \Sigma T_p$	V (cm/seg)	Vp (cm/seg) $\pm \Sigma V_p$
1	10,0 \pm 0,4	0.3865 0.3867 0.3826	0.3853 $\pm 0,0027$	30,1 30,3 30,4	30,27 $\pm 0,17$
2	20,0 \pm 0,4	0.6805 0.6911 0.6890	0.6869 $\pm 0,0064$	35,0 35,2 35,3	35,17 $\pm 0,17$
3	30,0 \pm 0,4	0.9313 0.9334 0.9813	0.9487 $\pm 0,0326$	41,1 40,4 40,4	40,63 $\pm 0,47$
4	40,0 \pm 0,4	1.1638 1.1641 1.1855	1.1711 $\pm 0,0144$	46,7 46,5 46,5	46,57 $\pm 0,13$
5	50,0 \pm 0,4	1.3633 1.3761 1.3735	1.3710 $\pm 0,0077$	50,5 50,5 50,5	50,50 $\pm 0,00$

En esta tabla muestran las mismas variables que en la anterior ya que solamente se varió la fuerza aplicada al sistema. También en este caso se calcularon el tiempo y la velocidad promedio y se calculó la respectiva incerteza.

Tabla 3: resultados obtenidos de aceleración del sistema para distintos valores de F.

Obs.	F (N)	$\Sigma F $ (N)	a (cm/s ²)	ap (cm/s ²)	$\Sigma a $ (cm/s ²)
1	0.15	0,002	11,5 11,9 11,8	11,73	0,23
2	0.25	0,002	20,5 20,3 20,6	20,47	0,17
3	0.35	0,003	29,8 30,8 29,8	30,13	0,67
4	0.45	0,003	38,8 39,4 38,4	38,87	0,53
5	0.55	0,004	46,7 46,7 46,3	46,57	0,27

En esta tabla se muestran las variables F (fuerza aplicada en N) y a (aceleración adquirida por el carro). No hizo falta escribir el desplazamiento utilizado ya que no es eso lo que importa (lo que sí importa es observar la relación entre la fuerza y la aceleración del carro). Una vez que se aplicó una fuerza se tomaron 3 medidas de la aceleración que presenta el carro en presencia de la misma, luego se aumentó esa fuerza (aumentando 10 g) 4 veces más. Se calculó la aceleración promedio y su respectiva incerteza.

Nota: para obtener la fuerza total se sumaron todas las fuerzas, en el primer caso, por ejemplo, se contaron la de la pesa de 10 g y la del soporte de 5 g, es decir, 0,15 N. Su incerteza se calculó teniendo en cuenta que cada pesa, incluyendo al soporte, tiene una incerteza de 0,001 N.

Tabla 4: resultados obtenidos de aceleración del sistema para distintos valores de F.

Obs.	F (N)	Σ F (N)	a (cm/s ²)	ap (cm/s ²)	Σ a (cm/s ²)
1	0.15	0,002	7,8 7,6 7,7	7,70	0,10
2	0.25	0,002	14,0 14,1 13,3	13,80	0,50
3	0.35	0,003	20,3 19,7 19,5	19,83	0,47
4	0.45	0,003	25,0 25,3 26,1	25,47	0,63
5	0.55	0,004	30,6 31,5 31,6	31,23	0,63

En esta tabla se encuentran la mismas variables que en la anterior ya que el procedimiento fue el mismo, la diferencia consistió en que se agregó una pesa de 500 g al carro.

Las incertezas se encuentran más detalladas en el Apéndice.

Análisis y conclusiones

En los 5 gráficos realizados no se pudieron trazar las rectas de máxima y mínima pendiente ya que a partir de la utilización del Smart Timer se obtuvieron incertezas muy pequeñas, imposibles de graficar en algunos casos y por ello se trazó una línea promedio a ojo.

En el grafico 1, en el cual se graficó la velocidad en función del tiempo, se puede observar claramente que es una recta que no pasa por el origen, sino que al contrario tiene impregnada una velocidad inicial. esta puede calcularse extendiendo la recta obtenida en el gráfico hasta alcanzar el eje y. Dicha Velocidad inicial nos dio un valor de 16,75 cm/s.

A partir del gráfico 1 dedujimos que el movimiento del carro en la primera parte es un MRUV. Esto lo vimos ya que la gráfica es una recta, cuya pendiente representa la aceleración del sistema. Por lo tanto, v/t es igual a la aceleración que se puede hallar gráficamente, la cual resulta ser igual a $11,25 \text{ cm/s}^2$ (indicado en el apéndice)

La ecuación horaria de la velocidad del MRUV es:

$$v(t) = v_0 + at$$

Finalmente, la ecuación horaria del movimiento es la siguiente:

$$v(t) = 16,75 \text{ cm/s} + 11,25 \text{ cm/s}^2 t$$

Relacionando la información obtenida con la 2da ley de Newton, se puede decir que si la masa es constante entonces la aceleración también ($F = m \cdot a$). La ecuación $P_p - f_r = a(m_c + m_p)$ que se había obtenido anteriormente para calcular las fuerzas que actuaban en el eje x , indica que la aceleración es constante, ya que si el peso de las pesas es constante (en el gráfico 1 siempre se utilizó como pesa en el soporte 10 g y contando al soporte 15 g), la fuerza de rozamiento también es constante y la masa del sistema total también lo es, lo que determina que la aceleración es constante y por lo tanto se asemeja a un MRUV.

En el gráfico 2 es posible observar proporcionalidad directa entre las variables velocidad y tiempo. Esta recta que representa la aceleración, como en el gráfico 1, no pasa por el origen, lo que determina que tiene una velocidad inicial. Esta se calculó mediante el gráfico, extendiendo la recta al eje y , obteniendo un valor de $20,7 \text{ cm/s}$. Esto es correcto, comparado con el otro gráfico en el cual la velocidad inicial dio un menor resultado, ya que en el gráfico 2, el soporte tiene una pesa de 20 g, en vez de 10 g, es decir que a mayor fuerza, el carro experimentará una mayor velocidad durante el mismo periodo de tiempo. Esto sucede, ya que, como establece la segunda Ley de Newton, la fuerza es igual a la masa por la aceleración. Si la masa es constante, entonces una mayor fuerza implica una mayor aceleración, que a su vez significa una mayor velocidad. La aceleración dio como resultado, utilizando el anterior procedimiento, $22,80 \text{ cm/s}^2$. El movimiento es un MRUV, al igual que en el caso anterior en el cual la aceleración se mantiene constante.

En el gráfico 3, en el cual se graficó F (fuerza) en función de a (aceleración), se puede observar claramente una recta que no pasa por el origen. Dicha recta entonces demuestra que la aceleración aumenta de forma constante según la fuerza aplicada. Por lo tanto, se puede calcular la pendiente de proporcionalidad mediante la siguiente ecuación que se relaciona con la Segunda Ley de Newton, que enuncia que $F = m \cdot a$, es decir, que siempre que haya una fuerza, esta será igual al producto entre la masa y la aceleración; si la resultante de las fuerzas es nula, la aceleración también lo será y siempre que haya una fuerza (cuya resultante no sea nula), habrá aceleración.

$$\frac{F}{a} = m$$

En este caso; $m = (61,0 + 1,8) \text{ g}$

Es decir, que la masa, que siempre se mantiene constante, es de 61 g, por lo tanto si se aplica una fuerza la aceleración podrá calcularse haciendo $F = m \cdot a$, o, por el contrario, si se obtiene la aceleración puede calcularse fuerza aplicada con la segunda Ley de Newton: $F = m \cdot a$.

La recta no pasa por el origen debido a que existe una fuerza de rozamiento que, a pesar de ser mínima, debe destacarse.

En el gráfico 4, en el cual están graficados F en función de a también se puede observar una recta que no pasa por el origen. Sucede lo mismo que en el gráfico anterior ya que al tratarse de una recta puede calcularse una constante, la cual, como se dedujo anteriormente, representa la masa del sistema. En este caso,

A partir del gráfico 5 puede establecerse una relación entre los resultados obtenidos y la segunda Ley de Newton. Como se dijo anteriormente, en ambos casos se trata de una relación proporcional entre la Fuerza y la aceleración, es decir, que la aceleración varía dependiendo de la fuerza aplicada, y que la variación de la fuerza provocará más o menos aceleración. Por este motivo puede aplicarse (y se ve justificada) la Segunda Ley de Newton, que establece que

$$F = m \cdot a$$

Ahora bien, al unir las dos rectas, es decir, los resultados de las dos tablas en un mismo gráfico, puede obtenerse una nueva conclusión. Esta consiste en que cuanto menor sea la masa, mayor será la aceleración experimentada. La primer recta correspondiente al gráfico 3 presenta una mayor aceleración (pendiente) que la recta correspondiente al gráfico 4. Sin embargo, en ambos casos la fuerza aplicada es la misma. Lo que varía en este caso, es que a la segunda experiencia, (correspondiente al gráfico y tabla 4), al carro se le agregó otra pesa (ya tenía una) de 500g, lo que cambió la masa total del sistema. Por lo tanto, puede decirse que, tras aplicarse dos fuerzas iguales, el cuerpo de menor masa experimentará una mayor aceleración que el de mayor masa. También debe destacarse que la fuerza de rozamiento en el 2do caso, es decir, el correspondiente a la última parte (gráfico y tabla 4) es más grande que en el caso anterior. Esto sucede ya que la fuerza de rozamiento depende tanto de la Normal como de las superficies en cuestión. Si bien las superficie no varía, si lo hace la normal (ya que el peso del cuerpo es mayor). Por lo tanto, la fuerza de rozamiento será mayor.

Conclusión:

A través de la realización del TP pudimos ver que cuando un sistema es sometido a la acción de una fuerza de valor constante, el movimiento que realiza es MRUV. Pudimos saber que era un MRUV ya que la gráfica de $v(t)$ era una línea recta, y además se obtuvo una constante entre ambas variables (la cual constituye la aceleración). Además, se comprobó la segunda Ley de Newton en varias ocasiones: observando que al colocar distintas pesas en el soporte, la aceleración aumenta, por lo que hay una relación entre ambas, y luego cuando se tomaron distintas masas, que ante dos fuerzas iguales, la menor masa tendrá más aceleración que la de mayor. Por lo tanto nuestra hipótesis se comprueba.

Apéndice

La incerteza del desplazamiento se calculó al igual que en el T.P. N°2, tomando como tal la medida del ancho de los dos fotogates. La incerteza dio como resultado 0,4 cm.

La incerteza del tiempo se calculó midiendo con el Smart Timer el tiempo que tardó el carrito en desplazarse una distancia determinada. Tomamos un promedio de dichas mediciones sumándolas y luego dividiendo el resultado por 3 (cantidad de mediciones hechas). A ese tiempo restamos cada una de las mediciones originales. Al final tomamos el resultado de mayor valor absoluto y concluimos que ese número sería el error para el tiempo de tal desplazamiento.

Calculamos las incertezas de la velocidad y la aceleración del mismo modo, sólo que programamos el Smart Timer de modo tal que en lugar de medir tiempo, midiese velocidad y aceleración respectivamente.

Para la incerteza de la Fuerza, tuvimos en cuenta que cada pesa colocada sobre el soporte tenía una incerteza de 0,001 N en su peso. Pero a su vez, el soporte también tenía un error de 0,001 N.

De esta manera obtuvimos para cada observación un error proporcional a la cantidad de pesas aplicadas más el error fijo del soporte. Por ejemplo, para la 1° observación empleamos una pesa, por lo tanto tuvimos un error de F de 0,002 (error de la pesa más error del soporte). En la 3° observación, sin embargo, al emplear 3 pesas resultó un error de 0,003.

Para obtener el cálculo de la pendiente del GRÁFICO I, se tomó un punto sobre la recta y se siguieron los pasos correspondientes para la medición de una pendiente:

$$\Delta y / \Delta x = \frac{22,25 \text{ cm/s} - 16,75 \text{ cm/s}}{0,49 \text{ s}} = 11,25 \text{ cm/s}^2$$

Para calcular la aceleración en el segundo gráfico se hizo el mismo procedimiento anteriormente mencionado, dando como resultado 22,80 cm/s².