

Estudio del movimiento bajo la influencia de una fuerza constante

Bryan A. Berbesí - 2210701

Nicolas Mantilla - 2210707

Santiago A. Montes - 2210718

Universidad Industrial de Santander - Escuela de física

25 de julio de 2022

Resumen

La presente práctica está enfocada en hallar la relación existente entre la fuerza aplicada a un deslizador, su aceleración y su masa. Para esto se aplicó a un deslizador una fuerza de tensión constante durante su movimiento bajo un riel de aire, con el fin de conocer su velocidad en dos puntos distantes $\Delta x = 0.6m$, obteniéndose posteriormente su aceleración. A su vez, durante el estudio se produjeron gráficas para estudiar el comportamiento de la aceleración en función de la fuerza aplicada y de la masa del deslizador, apuntando a la comprensión del movimiento e identificando de qué manera afectan las distintas variables involucradas. Se encontró que la aceleración a es directamente proporcional a la fuerza aplicada F e inversa a la masa m del objeto en cuestión.

1. Tratamiento de datos

La práctica fue separada en dos fases, siendo la primera orientada a la variación de la masa M dispuesta en la polea causante de la fuerza de tensión en el deslizador sobre un riel de aire mientras se mantenía constante la masa $m = 0.2025[kg]$ del deslizador. Esta masa M fue variada cinco veces de manera proporcional, aumentando $0.025[kg]$ en cada una, teniendo en cuenta que el portamasas tiene una masa de $0.005[kg]$. De igual forma se efectuaron, mediante el uso de dos fotosensores, diez mediciones para la velocidad v_1 y v_2 en dos puntos $x_1 = 0.8[m]$ y $x_2 = 1.4[m]$ de su recorrido, tomando en consideración la posición inicial $x_0 = 0.6[m]$. De igual manera, se midió el tiempo Δt del deslizador entre los fotosensores para cada lanzamiento (ver Anexo A).

Eventualmente se desarrolló la segunda fase de la práctica, cuyo objetivo enfatizaba en la variación de la masa del deslizador, manteniendo una masa constante $M = 0.055[kg]$ en la polea causante de la tensión. Durante esta fase se varió la masa m del deslizador de manera proporcional en cinco ocasiones, aumentando su masa $0.05[kg]$ en cada

una, para las cuales se realizaron diez mediciones de las mismas variables descritas en la fase uno, tales mensuraciones fueron registradas en una tabla de datos (ver Anexo B).

Posteriormente, se realizaron los respectivos promedios, cuyo fin es obtener valores representativos de cada serie, la desviación estándar de cada media para conocer la dispersión de las medidas registradas, al igual que el coeficiente de varianza, quien relaciona la desviación estándar con el promedio de los datos (ver Anexo C). Cabe resaltar que los cálculos requeridos fueron realizados mediante el ambiente de programación *Jupyter Notebook*, cuyo código se encuentra disponible en el repositorio del presente proyecto ¹.

En este sentido, es posible llevar a cabo el cálculo de la aceleración partiendo desde un enfoque cinemático y uno dinámico, en el cual, para el segundo estudio, se supondrán verdaderas las leyes de Newton para hallar la fuerza constante a la que es sometido el deslizador. Por parte del estudio cinemático, teniendo en cuenta que se analiza sobre

¹<https://github.com/Vendetta0462/LabFisica1>

una sola dirección, se aborda desde la ecuación:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}, \quad (1)$$

cuyo cálculo se encuentra en el Anexo D, mientras que la expresión dinámica asociada a su cálculo resulta

$$a = \frac{\sum F}{m}, \quad (2)$$

donde $\sum F$ representa la sumatoria de las fuerzas aplicadas sobre la masa, en cuyo caso corresponde teóricamente solo a la tensión. A partir de un análisis de cuerpo libre, esta última, puede expresarse como

$$T = \frac{mMg}{m + M}, \quad (3)$$

por lo que la aceleración en este caso puede finalmente hallarse de la forma

$$a = \frac{Mg}{m + M}. \quad (4)$$

En este sentido, la aceleración a depende de variables previamente medidas experimentalmente, por lo que su cálculo estará sujeto al error de estas en mayor o menor medida según la propagación de errores (ver Anexo D), para lo cual se utiliza el método de derivadas parciales [1]. A su vez, la fuerza que depende de las masas también tiene una propagación de errores, sin embargo, este valor está en el orden de $10^{-5}[N]$, lo cual no se encuentra dentro de la resolución de los datos. De la misma manera ocurre al calcular el error de la aceleración a a partir de 4, cuyo error no representa más del 0.4 % de su valor.

Asimismo, se llevó a cabo la graficación de los valores hallados para la aceleración, aplicando una regresión lineal con el fin de conocer el comportamiento de a al variar la fuerza aplicada, mientras que en la segunda fase se compararon las aceleraciones obtenidas experimentalmente con las calculadas mediante el análisis dinámico.

2. Análisis de resultados

Una vez efectuados los cálculos previamente descritos, es posible evaluar la relación entre la fuerza, la masa y la aceleración de un objeto en desplazamiento, así como la fiabilidad de la práctica en torno a los resultados y los errores correspondientes obtenidos en las diferentes fases planteadas.

En este sentido, en la fase uno, se evidencia una relación directa entre la aceleración y la fuerza ejercida por la tensión en la cuerda de la polea debido al peso de la masa M (ver Eq 3), lo cual puede apreciarse en la figura 1, donde se encontró una relación lineal entre la aceleración a y la fuerza aplicada F al deslizador.

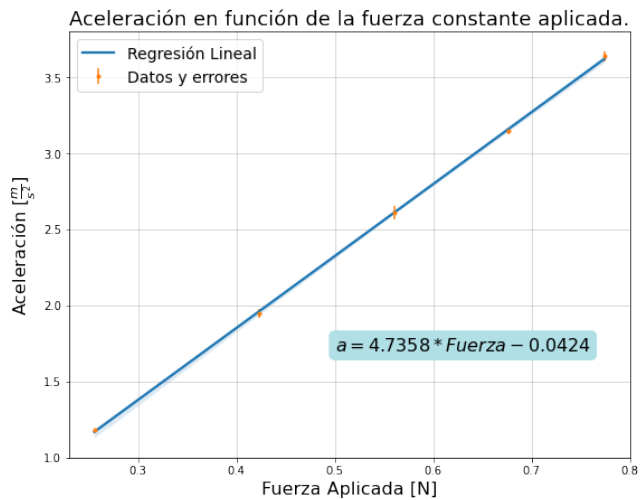


Figura 1: Gráfica de la aceleración del deslizador en función de la fuerza aplicada incluyendo sus respectivas barras de error. A través del método de mínimos cuadrados [1], se presenta una pendiente 4.7358 e intercepto -0.0424 .

Con esto en mente, buscando una relación entre la fuerza aplicada, la aceleración y la masa del objeto, se encontró que el valor de la pendiente se aproxima en un 95.9 % al valor del inverso de la masa del deslizador $m^{-1} = 4.9383[kg]$, lo cual sugiere una relación matemática como la expresada en la ecuación 2, sin embargo, el valor del intercepto en la ecuación no debe ser ignorado, debido a que este es mayor que el error del cálculo; dicho valor de intercepto puede deberse a la fricción que sufre el

deslizador o a un incorrecto uso en los instrumentos de medición. Asimismo, es resaltable el bajo valor de error obtenido para estos valores de a , lo cual refleja la baja desviación estándar en relación al valor promedio de las magnitudes de v_1 , v_2 y Δt .

Posteriormente, en la fase dos, se profundizó más en la relación entre la aceleración del deslizador y su propia masa, la cual resultó ser inversa al mantener una fuerza aplicada constante, presentando una aparente proporcionalidad, tal y como puede visualizarse en la figura 2.

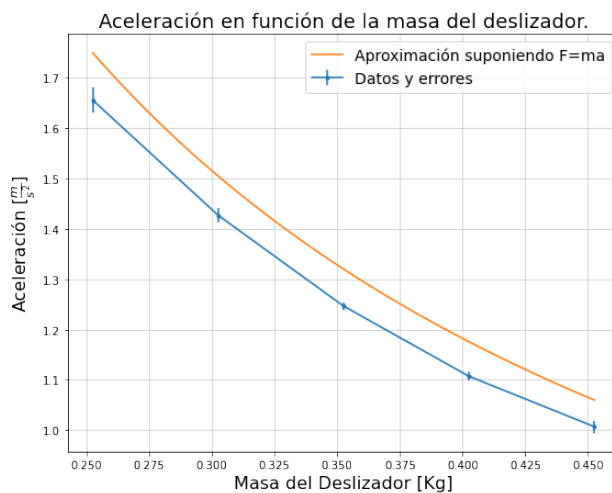


Figura 2: Gráfica de la aceleración del deslizador en función de su masa incluyendo sus respectivas barras de error. Los valores de a en la curva anaranjada fueron hallados mediante la ecuación 4.

Cabe resaltar que, en general, los valores de aceleración en la aproximación $F = ma$ para las masas empleadas experimentalmente difieren en mayor medida de las aceleraciones experimentales que el valor de la propagación de errores calculados para dichas aceleraciones, igualmente, esto puede atribuirse a la fricción presente en el movimiento o a errores instrumentales durante la medición.

3. Conclusiones

Primeramente se encontró que la relación indicada entre las variables estudiadas efectivamente cumplen el Principio Fundamental de la Dinámica,

enmarcando una proporcionalidad entre la fuerza aplicada a una masa y la aceleración resultante, mientras que dicha masa representa la inercia del objeto para ser desplazado. Esto puede evidenciarse debido a que la aceleración aumenta al aplicar mayor fuerza al deslizador, mientras que resulta menor cuando la masa de este aumenta, oponiendo por ende mayor resistencia a ser movilizado.

Asimismo, se halló una proximidad entre el valor de la aceleración calculado a partir de las velocidades medidas experimentalmente, con su valor descrito según el modelo dinámico de Newton. Las diferencias entre ambas pueden explicarse tomando en consideración la fuerza de fricción presente durante el movimiento.

De igual forma, sería recomendable llevar a cabo una futura práctica experimental en la cual se tengan en cuenta las variaciones existentes en la fuerza aplicada a causa de factores externos como lo pueden ser la resistencia del aire actuando sobre el portamasas.

Finalmente, cabe resaltar la importancia de la práctica en el laboratorio, con el fin de mejorar las habilidades experimentales al abordar el estudio del movimiento uniformemente acelerado, así como la interpretación de las distintas variables físicas que participan en él, cuyo tratamiento y obtención fue facilitado por el ambiente de programación *Jupyter Notebook*.

4. Referencias

- [1] Angel Hidalgo Moreno Miguel and Medina Jose. *Laboratorio de fisica*. Pearson Prentice Hall, 2009.

5. Anexos

5.1. Anexo A

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M_1	$v_1[\frac{m}{s}]$	0.7568	0.7562	0.7553	0.7561	0.7556	0.7549	0.7539	0.7545	0.7565	0.7538
	$v_2[\frac{m}{s}]$	1.4200	1.4223	1.4223	1.4236	1.4241	1.4244	1.4223	1.4251	1.4299	1.4267
	$\Delta t[s]$	0.5649	0.5656	0.5659	0.5658	0.5658	0.5663	0.5666	0.5666	0.5668	0.5675
M_2	$v_1[\frac{m}{s}]$	0.9770	0.9785	0.9798	0.9746	0.9727	0.9690	0.9692	0.9693	0.9699	0.9709
	$v_2[\frac{m}{s}]$	1.8395	1.8206	1.8351	1.8282	1.8250	1.8213	1.8273	1.8278	1.8346	1.8247
	$\Delta t[s]$	0.4379	0.4369	0.4370	0.4386	0.4401	0.4405	0.4403	0.4401	0.4407	0.4401
M_3	$v_1[\frac{m}{s}]$	1.1149	1.1141	1.1185	1.1216	1.1259	1.1229	1.1232	1.1275	1.1254	1.1174
	$v_2[\frac{m}{s}]$	2.1064	2.1030	2.1012	2.1153	2.1129	2.1119	2.1247	2.1114	2.1275	2.1105
	$\Delta t[s]$	0.3813	0.3824	0.3811	0.3789	0.3786	0.3790	0.3788	0.3785	0.3796	0.3801
M_4	$v_1[\frac{m}{s}]$	1.2394	1.2389	1.2404	1.2485	1.2453	1.2415	1.2435	1.2426	1.2388	1.2411
	$v_2[\frac{m}{s}]$	2.3273	2.3310	2.3260	2.3271	2.3245	2.3238	2.3308	2.3331	2.3309	2.3247
	$\Delta t[s]$	0.3451	0.3453	0.3451	0.3443	0.3449	0.3452	0.3454	0.3451	0.3459	0.3449
M_5	$v_1[\frac{m}{s}]$	1.3077	1.3095	1.3114	1.3120	1.3105	1.3152	1.3064	1.3122	1.3064	1.3071
	$v_2[\frac{m}{s}]$	2.4848	2.4927	2.4871	2.4887	2.4894	2.4833	2.4777	2.4736	2.4904	2.4869
	$\Delta t[s]$	0.3227	0.3229	0.3223	0.3224	0.3222	0.3224	0.3235	0.3233	0.3232	0.3228

Cuadro 1: Tabla de datos de los diez movimientos registrados para cada variación de la masa del portamasas, incluyendo las velocidades v_1 y v_2 medidas con una resolución de $0.0001[\frac{m}{s}]$, y el tiempo entre las fotocompuertas Δt , con una resolución de $0.0001[s]$. Las masas fueron medidas por una balanza con resolución $0.001[kg]$, siendo estas $M_1 = 0.03[kg]$, $M_2 = 0.055[kg]$, $M_3 = 0.08[kg]$, $M_4 = 0.105[kg]$, $M_5 = 0.13[kg]$.

5.2. Anexo B

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m_1	$v_1[\frac{m}{s}]$	0.8852	0.8885	0.8886	0.8882	0.8887	0.8698	0.8901	0.8886	0.8887	0.8887
	$v_2[\frac{m}{s}]$	1.6825	1.6808	1.6849	1.6791	1.6840	1.6770	1.6848	1.6849	1.6813	1.6814
	$\Delta t[s]$	0.4809	0.4802	0.4803	0.4801	0.4801	0.4863	0.4794	0.4800	0.4795	0.4796
m_2	$v_1[\frac{m}{s}]$	0.8259	0.8245	0.8273	0.8296	0.8245	0.8293	0.8252	0.8230	0.8232	0.8237
	$v_2[\frac{m}{s}]$	1.5645	1.5647	1.5625	1.5656	1.5662	1.5684	1.5613	1.5606	1.5567	1.5570
	$\Delta t[s]$	0.5172	0.5161	0.5163	0.5155	0.5169	0.5157	0.5159	0.5175	0.5177	0.5169
m_3	$v_1[\frac{m}{s}]$	0.7710	0.7737	0.7720	0.7722	0.7715	0.7715	0.7749	0.7708	0.7712	0.7719
	$v_2[\frac{m}{s}]$	1.4588	1.4658	1.4611	1.4611	1.4591	1.4582	1.4638	1.4585	1.4585	1.4617
	$\Delta t[s]$	0.5524	0.5524	0.5526	0.5524	0.5523	0.5523	0.5523	0.5526	0.5525	0.5525
m_4	$v_1[\frac{m}{s}]$	0.7300	0.7301	0.7300	0.7295	0.7292	0.7313	0.7267	0.7316	0.7314	0.7306
	$v_2[\frac{m}{s}]$	1.3778	1.3762	1.3777	1.3765	1.3767	1.3791	1.3717	1.3798	1.3799	1.3791
	$\Delta t[s]$	0.5849	0.5845	0.5848	0.5852	0.5852	0.5844	0.5876	0.5833	0.5834	0.5838
m_5	$v_1[\frac{m}{s}]$	0.6999	0.7010	0.7014	0.6990	0.7038	0.7012	0.7023	0.7016	0.6981	0.6948
	$v_2[\frac{m}{s}]$	1.3164	1.3137	1.3152	1.3144	1.3157	1.3142	1.3181	1.3140	1.3112	1.3072
	$\Delta t[s]$	0.6106	0.6089	0.6084	0.6097	0.6073	0.6084	0.6086	0.6083	0.6112	0.6128

Cuadro 2: Tabla de datos de los diez movimientos registrados para cada variación de la masa del deslizador, incluyendo las velocidades v_1 y v_2 , medidas con una resolución de $0.0001[\frac{m}{s}]$, y el tiempo entre las fotocompuertas Δt , con una resolución de $0.0001[s]$. Las masas fueron medidas por una balanza con resolución $0.001[kg]$, siendo estas $m_1 = 0.2525[kg]$, $m_2 = 0.3025[kg]$, $m_3 = 0.3525[kg]$, $m_4 = 0.4025[kg]$, $m_5 = 0.4525[kg]$.

5.3. Anexo C

		Fase 1			Fase 2		
		\bar{x}	S_x	$CV[\%]$	\bar{x}	S_x	$CV[\%]$
Masa 1	$v_1[\frac{m}{s}]$	0.7554	0.0011	0.1456	0.8865	0.006	0.6768
	$v_2[\frac{m}{s}]$	1.4241	0.0028	0.1966	1.6821	0.0027	0.1605
	$\Delta t[s]$	0.5662	0.0007	0.1236	0.4806	0.002	0.4161
Masa 2	$v_1[\frac{m}{s}]$	0.9731	0.0041	0.4213	0.8256	0.0024	0.2907
	$v_2[\frac{m}{s}]$	1.8284	0.0062	0.3391	1.5627	0.0039	0.2496
	$\Delta t[s]$	0.4392	0.0015	0.3415	0.5166	0.0008	0.1549
Masa 3	$v_1[\frac{m}{s}]$	1.1211	0.0047	0.4192	0.7721	0.0013	0.1684
	$v_2[\frac{m}{s}]$	2.1125	0.0084	0.3976	1.4607	0.0026	0.178
	$\Delta t[s]$	0.3798	0.0013	0.3423	0.5524	0.0001	0.0181
Masa 4	$v_1[\frac{m}{s}]$	1.242	0.0031	0.2496	0.73	0.0014	0.1918
	$v_2[\frac{m}{s}]$	2.3279	0.0033	0.1418	1.3774	0.0024	0.1742
	$\Delta t[s]$	0.3451	0.0004	0.1159	0.5847	0.0012	0.2052
Masa 5	$v_1[\frac{m}{s}]$	1.3098	0.0029	0.2214	0.7003	0.0025	0.357
	$v_2[\frac{m}{s}]$	2.4855	0.0059	0.2374	1.314	0.003	0.2283
	$\Delta t[s]$	0.3228	0.0005	0.1549	0.6094	0.0017	0.279

Cuadro 3: Valores promedio, desviaciones estándar y coeficientes de variación de cada variable v_1 , v_2 y Δt para cada una de las fases de la práctica según la masa que fue utilizada en cada una de estas fases. Los valores de las masas fueron mencionadas en los Anexos A y B.

5.4. Anexo D

		Fase 1	Fase 2
Masa 1	$a[\frac{m}{s^2}]$	1.1810	1.6554
	$\delta a[\frac{m}{s^2}]$	0.0083	0.0250
Masa 2	$a[\frac{m}{s^2}]$	1.9474	1.4268
	$\delta a[\frac{m}{s^2}]$	0.0301	0.0144
Masa 3	$a[\frac{m}{s^2}]$	2.6103	1.2466
	$\delta a[\frac{m}{s^2}]$	0.0434	0.0073
Masa 4	$a[\frac{m}{s^2}]$	3.1466	1.1072
	$\delta a[\frac{m}{s^2}]$	0.0222	0.0088
Masa 5	$a[\frac{m}{s^2}]$	3.6422	1.0071
	$\delta a[\frac{m}{s^2}]$	0.0329	0.0118

Cuadro 4: Valores de aceleración calculados con la ecuación 1 junto a su error calculado mediante propagación de errores para cada una de las fases de la práctica según la masa que fue utilizada en cada una de estas fases. Los valores de las masas fueron mencionadas en los Anexos A y B.