

INDICE

I.- OBJETIVO DEL EXPERIMENTO

II.- EQUIPO Y MATERIAL EMPLEADOS

III.- ANÁLISIS TEÓRICO

IV.- DISEÑO DEL EXPERIMENTO

V.- PROCEDIMIENTO

VI.- DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

I.- OBJETIVO DEL EXPERIMENTO

Obtener en forma experimental la relación que determina al desplazamiento en función del tiempo de un cuerpo que se mueve en caída libre, y obtener además el valor de la aceleración de la gravedad.

II.- EQUIPO Y MATERIAL EMPLEADOS

Pinza de mesa

Electromagneto para Caída Libre

Nueces de Sujeción (2) con Tornillos opresores

Interruptor Electrónico

Balín de acero

Soporte de acero inoxidable

Cronómetro Digital

Cinta Métrica

Hoja de papel milimétrico, lápiz y borrador

III.- ANÁLISIS TEÓRICO

Se conoce que todo cuerpo situado sobre la superficie de la tierra experimenta la acción continua de una fuerza constante "**su peso**"; de no existir obstáculo alguno: Fuerza de rozamiento del aire, presión, o cualquier otra interacción, dicha acción pondría en movimiento uniformemente acelerado al cuerpo.

Se dice que un cuerpo se mueve en caída libre; cuando sobre él actúa únicamente la fuerza de atracción gravitacional; es decir, su propio peso.

Mediciones de espacio y tiempo realizadas con precisión, muestran que la velocidad de los cuerpos en caída libre se incrementa en forma constante; es decir, se mueven con aceleración constante. Esta aceleración se le

conoce con el nombre "**aceleración de la gravedad**", y se le designa con la letra **g**.

Mediciones en diferentes puntos de la Tierra muestran que **g** varía de un lugar a otro. Por ejemplo, aumenta con el incremento de la Latitud Geográfica y disminuye al aumentar la altura sobre el nivel del mar.

Cuando la distancia recorrida en la caída libre de un cuerpo es pequeña, se puede considerar que durante todo el recorrido la fuerza de atracción gravitacional es constante. Por lo tanto, la aceleración del cuerpo también será constante y por consiguiente, las leyes a que obedece el movimiento en caída libre son las del movimiento uniformemente acelerado.

Consideremos el caso de un cuerpo que cae libremente a partir del reposo (velocidad inicial igual a cero). Transcurrido un tiempo **t** el cuerpo habrá recorrido una distancia **h** y habrá adquirido una velocidad **v**.

La relación entre la distancia recorrida y el tiempo empleado en recorrerla está dada por la siguiente ecuación:

$$(1) \ h = 1/2gt^2$$

Al mismo tiempo, la expresión que relaciona la velocidad adquirida con el tiempo transcurrido, se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$(2) \ v = gt$$

Combinando las ecuaciones (1) y (2), obtenemos:

$$(3) \ v = \sqrt{2gh}$$

Las ecuaciones (1), (2) y (3) se refieren únicamente al movimiento de caída libre. Podrá notarse que la masa del cuerpo no interviene en estas ecuaciones; por lo tanto, cuando el movimiento es de caída libre, todos los cuerpos (sin importar la magnitud de su masa), partiendo del reposo y desde una misma altura, alcanzarán el suelo con la misma velocidad y al mismo tiempo.

Si la caída es en el aire, sobre el cuerpo actuarán además de la fuerza gravitacional, otras fuerzas como la de rozamiento y la presión. Por lo tanto, este movimiento ya no corresponde al de caída libre.

Puede comprobarse experimentalmente que en el vacío, todos los cuerpos soltados de la misma altura y al mismo tiempo, llegarán al suelo simultáneamente.

La figura 1 muestra un tubo de vidrio cerrado herméticamente, que contiene en su interior una piedra y una pluma, dicho tubo se encuentra conectado a una bomba de vacío; mientras que el tubo contenga aire en su interior al soltar de la misma altura y simultáneamente la piedra y la pluma, la piedra caerá más rápidamente. Sin embargo, si se le extrae todo el aire (se hace vacío), puede verse que ambos objetos **piedra y pluma** alcanzarán el fondo del tubo al mismo tiempo.

Figura 1. En el vacío, la piedra y la pluma caen simultáneamente.

IV.- DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Como uno de los objetivos del experimento es hallar la relación espacio-tiempo para un cuerpo que se mueve en caída libre, deberá considerar lo siguiente:

1.- Que el movimiento del cuerpo se aproxime lo más posible a una caída libre.

Para lograrlo, se recomienda utilizar un cuerpo denso de forma esférica, con el fin de que la fuerza gravitacional que actúa sobre él, sea mucho más relevante que las fuerzas resultantes de la interacción con el aire.

2.- La altura h desde donde se suelta el cuerpo, debe seleccionarse de tal manera que el cuerpo no alcance su velocidad terminal dentro del intervalo h . Entendiéndose por velocidad terminal, aquella velocidad constante que adquiere el cuerpo, cuando la fuerza de atracción gravitacional es contrarrestada (totalmente), por las fuerzas que resultan de la interacción con el aire.

Si se emplea un balón de acero de **1.27 cm.** de diámetro; una altura de **1.00 m.** es una buena selección.

Para reducir las fuentes de error en el experimento, es conveniente minimizar los errores ambientales, los de observación y los aleatorios. Para manejar adecuadamente estos últimos, se recomienda recurrir a la estadística.

3.- Una vez seleccionada la distancia total que recorrerá el cuerpo en su caída (por ejemplo, **1.00 m.**), elija dentro de este rango, varias alturas desde donde se dejará caer libremente el cuerpo y mida en cada una de ellas su respectivo tiempo de caída.

4.- Con los datos de altura h y tiempo t construya una gráfica de h vs. t . Para encontrar la ecuación (modelo matemático experimental) que relaciona estas dos variables, puede utilizar el Método Gráfico o bien, el Método Analítico de Mínimos Cuadrados.

5.- Compare el modelo matemático experimental obtenido en el inciso anterior, con el modelo matemático teórico del movimiento de caída libre. Determine el valor de la aceleración de la gravedad.

V- PROCEDIMIENTO

Para realizar este experimento ejecute los siguientes pasos:

1.- Instale el equipo como se muestra en la figura 2.

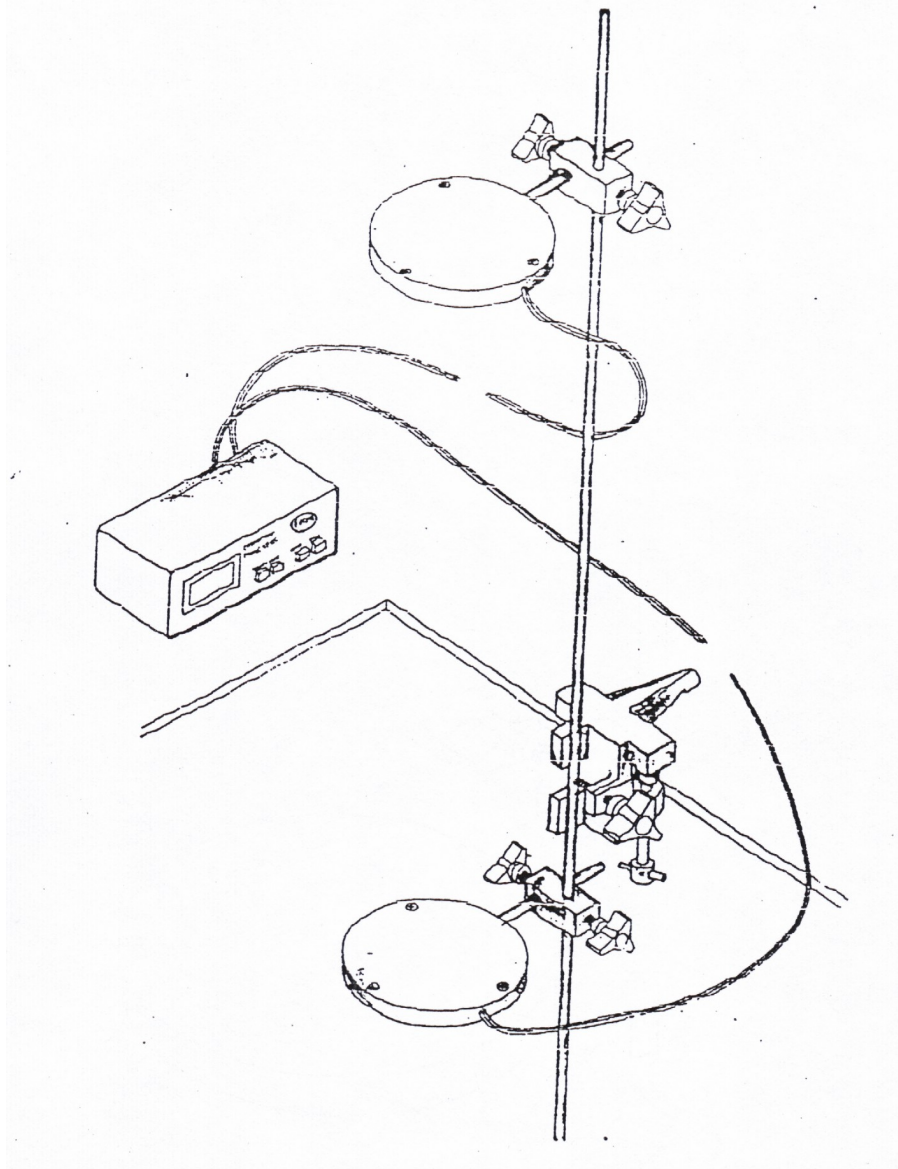


Figura 2. Instalación del Sistema de Caída Libre.

- 2.- Verifique que esté bien instalado el Electromagneto y el Interruptor Electrónico, cuidando que el primero se encuentre colocado en la parte superior del soporte Inoxidable, y el segundo en la parte inferior .
- 3.- Conecte el Electromagneto de Sujeción y el Interruptor Electrónico al Cronómetro Digital.
- 4.- Mida con cuidado el diámetro **d** del balón.
- 5.- Verifique que el Electromagneto esté fijo en la parte superior del Soporte Inoxidable, apretando los tornillos opresores de la Nuez de Sujeción, como se indica en la figura 3.

Tenga cuidado de no ejercer demasiada presión, porque puede dañar la rosca de la nuez.

Figura 3, Instalación del Electromagneto.

6.– Fije el Interruptor Electrónico en la primera distancia seleccionada ($H=1m.+d$), apretando el tornillo de la nuez con la mano. Asegúrese que la tapa de acero inoxidable quede hacia arriba y que el Interruptor quede horizontal. Recuerde que la distancia entre las tapas interiores deberá tomar en cuenta el diámetro del balón. ver figura 4).

4. Distancia entre el Electromagneto y el Interruptor.

7.– Encienda el Cronómetro Digital. Elija en su selector de rango de tiempo la escala que corresponde a milésimas de segundo.

8.– Energice el Electromagneto de Sujeción oprimiendo la tecla de **INICIAR** del Cronómetro. Sin dejar de oprimirla, ponga en contacto el balón con el "**círculo papel**" del Electromagneto.

9.– Retire la mano del balón; éste deberá quedar sujeto al Electromagneto mientras se mantenga oprimida la tecla. Suelte la tecla, esta acción liberará de la fuerza magnética al balón, iniciado instantáneamente su movimiento de caída; también en ese instante, el Cronómetro iniciará su lectura. Al chocar el balón con el Interruptor electrónico el Cronómetro detendrá su lectura.

Nota: La acción de oprimir la tecla de "**INICIAR**", deberá ser lo más breve posible, con el objeto de evitar que se magnetice el balón y retarde su caída.

10.– Repita los pasos **8** y **9** tres veces y obtenga el valor medio **t** de las lecturas de tiempo.

También registre la altura **h=1m.**

11.– Ahora mueva el Interruptor Electrónico a una nueva distancia $H=0.9m+d$ y repita los pasos

8, 9 y **10**. Registre el tiempo promedio **t** correspondiente a la altura **h=0.9m.**

12.– Cambie sucesivamente la altura **h** entre la parte inferior del balón y la superficie del Interruptor Electrónico, disminuyéndola en **10 cm. (0.1 m)** en cada evento hasta llegar a **h= 0.1 m**. Registre para cada altura el tiempo promedio **t** correspondiente. Con estos datos

llene la Tabla I.

13.- Con los datos de la Tabla I, haga una gráfica de **h** vs **t** en papel milimétrico. Utilice el eje de las ordenadas para la variable **h** y el eje de las abscisas para la variable **t**.

TABLA I

Nota: Si el experimento estuvo bien realizado, la gráfica del paso anterior no corresponderá a una línea recta y por lo tanto su ecuación deberá ser del tipo potencial, es decir:

(4) $h = ktm$

14.- Utilice el Método de Mínimos Cuadrados para determinar los valores de las constantes **k**

y **m**, desconocidos hasta ahora. Para este fin, calcule para cada pareja de valores de la Tabla I, lo siguiente:

T	H	T²	TH
0.033333	3.9	0.00111109	0.1299987
0.066666	6.3	0.00444436	0.4199958
0.1	8.8	0.01	0.88
0.133333	11.1	0.01777769	1.4799963
0.166666	13.4	0.02777756	2.2333244
0.2	16	0.04	3.2
0.233333	18.6	0.05444429	4.3399938
0.266666	21.2	0.07111076	5.6533192
"T=1.1999997	"H=99.3	"T ² =0.22666573	"TH=18.3366282

TABLA II

15.- Con los valores de la Tabla II determine las constantes **B** y **m**, empleando las siguientes ecuaciones:

(5) $m = \frac{n"TH - ("T) "H}{n"T^2 - ("T)^2}$

$n"T^2 - ("T)^2$

$m = \frac{8(18.3366) - (1.199999)(99.3)}{8(0.22666) - (1.199999)^2} = \frac{27.5337}{0.3733} = 73.7575 \text{ cm/s}$

$8(0.22666) - (1.199999)^2 = 0.3733$

(6) $B = \frac{("H) "T^2 - ("T) "TR}{n"T^2 - ("T)^2}$

$n"T^2 - ("T)^2$

$B = \frac{99.3 - (73.7575)(1.199999)}{8(0.22666) - (1.199999)^2} = \frac{10.7917}{0.3733} = 1.3489 \text{ cm}$

Donde **n** es el número de eventos considerados.

Con el valor de **B** obtenido de la ecuación (5) se calcula el valor de **k**, recordando que:

$$(7) \mathbf{k = antiLog (B)}$$

$$k = \text{antiLog} (1.3489) = 22.33$$

Sustituyendo los valores de **m** y **k** obtenidos de las ecuaciones (6) y (7) en la ecuación (4), encontraremos la relación que existe entre el desplazamiento vertical y el tiempo, para el movimiento de caída libre. En otras palabras, obtendremos el modelo matemático experimental para este movimiento.

$$(8) \mathbf{h = 22.33 \, t \, 73.7575}$$

16.- Compare el modelo matemático experimental obtenido con el modelo matemático teórico del movimiento de caída libre dado por la ecuación (1) y determine el valor de la aceleración de la gravedad **g**.

De (2) obtenemos $t = v/g$ (9), luego igualamos (1) y (8) para obtener (10) y sustituimos (9) en (10) para obtener (11) de donde despejamos **g**.

$$(10) \mathbf{k \, t \, m = (g \, t^2)/2}$$

$$(11) \mathbf{k \, (v/g) \, m = g \, (v/g)^2/2}$$

$$(2kvm)/gm = (gv^2)/g^2$$

$$(2kvm)/gm = (v^2)/g$$

$$(2kvm)g^{-m} = (v^2)/g$$

$$(2kvm)g^{1-m} = (v^2)$$

$$(2kvm)g^{1-m} = (v^2)$$

$$g^{1-m} = v^2/(2kvm)$$

$$g^{1-m} = v^2 - m/2k$$

$$(1-m)\log g = \log(v^2 - m/2k)$$

$$(1-m)\log g = \log(v^2 - m) - \log(2k)$$

$$g = \text{antilog} [(\log(v^2 - m) - \log(2k))/(1-m)]$$

$$g = \text{antilog} [([2-m]\log(v) - \log(2k))/(1-m)]$$

y como $v = m$ sustituimos los valores.

$$g = \text{antilog} \left[\frac{[(2-73.7575)\log(73.7575) - \log(2 \cdot 22.33)]}{(1-73.7575)} \right]$$

$$g = 7.394$$

VI.- DISCUSION Y CONCLUSIONES

Si existe discrepancia entre el modelo teórico y el obtenido experimentalmente, detecte y analice las posibles fuentes de error.

Repita el experimento minimizando los errores y compare nuevamente el modelo experimental con el modelo teórico, hasta obtener un modelo aceptable y acorde con la precisión del equipo empleado.