

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERIA ARQUITECTURA Y
DISEÑO



INGENIERÍA EN NANOTECNOLOGÍA

Manual De Prácticas de Mecánica Clásica

Elaboró. Dr. Jorge Mata Ramírez
2016-2

INDICE

1. Mediciones y Errores.	3
2. Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado.	6
3. Tiro Parabólico.	8
4. Movimiento curvilíneo, componentes tangencial y normal.	12
5. Determinación de la velocidad radial.	15
6. Método del trabajo y la energía, cálculo del coeficiente de fricción	18
7. Método de integración de Euler.	20
8. Caída libre de los cuerpos.	23
9. Ley de Hooke.	26
10. Fuerza centrípeta.	28
11. Conservación del momento en explosiones.	31
12. Conservación del momentum en colisiones.	34
13. Oscilaciones en un plano inclinado.	37
14. Resortes en serie y paralelo.	40
15. Segunda ley de Newton.	43

Práctica 1. Mediciones y Errores

Nombre del Alumno

Universidad Autónoma de Baja California.

correo@uabc.edu.mx

RESUMEN: El error de medición se define como la diferencia entre el valor medido y el valor verdadero. Afectan a cualquier instrumento de medición y pueden deberse a distintas causas. Las que se pueden de alguna manera prever, calcular, eliminar mediante calibraciones y compensaciones, se denominan determinístico o sistemáticos y se relacionan con la exactitud de las mediciones.

PALABRAS CLAVE: Medición, error, calibrar, metrología.

1.- INTRODUCCION.

La metrología es la ciencia o tratado que se relaciona con comparar magnitudes físicas en cualquier campo de la ciencia. Tiene por objetivo el estudio de los diversos sistemas de medida que el hombre ha desarrollado y en los que ha establecido para estos patrones de medición.

La metrología tiene dos características importantes: el resultado o magnitud de la medida como tal (medición) pero también la calidad de la medida (incertidumbre) verdadera, es necesario que la medida posea de repetitividad a lo largo de un número de ensayos de medida. Esta repetitividad se establece por medio de los conceptos de exactitud y precisión.

2.- OBJETIVO.

El alumno se familiarizará en el uso de instrumentos de medición para estimar propiedades elementales de la materia (masa, volumen, densidad, peso, longitud). Así también, reconocerá la naturaleza de los errores de medición y tendrá nociones sobre como minimizarlos en prácticas futuras.

3.- TEORIA.

En una serie de mediciones directas, se reconoce el valor “real” μ como el promedio algebraico de un número de mediciones n de la forma:

$$\mu = \frac{\sum_i^n x_i}{n}$$

Y el error asociado a cada uno de los datos medidos como:

$$E = \frac{\sum_i^n (x_i - \mu)}{n}$$

Dónde:

x = Valor promedio de la medida.

x_i = Iesimo valor de la medida.

n = Numero total de medidas.

E = Error del conjunto de medidas.

También definimos como la desviación estándar o error cuadrático medio de cada medición, σ_{xi} como:

$$\sigma_{xi} = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \mu)^2}{n}}$$

Este valor indica la desviación con respecto al valor medido en una distribución normal. Dicho de otra manera, la desviación estándar es simplemente el “promedio” o variación esperada con respecto a la media aritmética. La desviación estándar puede ser interpretada como una medida de incertidumbre. La desviación estándar de un grupo repetido de medidas nos da la precisión de éstas. Cuando se va a determinar si un grupo de medidas está de acuerdo con un supuesto modelo teórico, la desviación estándar de esas medidas es de vital importancia: si la media de las medias está demasiado alejada de la

predicción (con la distancia medida en desviaciones estándar), entonces consideramos que las medidas contradicen la teoría. Esto es coherente, ya que las mediciones caen fuera del rango de valores en el cual sería razonable esperar que ocurrieran si el modelo teórico fuera correcto. La desviación estándar en uno de tres parámetros de ubicación central; muestra la agrupación de los datos alrededor de un valor central (la media o promedio).

La distribución normal para la variable continua x se expresa como:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{x-\mu}{\sigma}\right]^2} \quad X \in \mathbb{R}$$

Dónde:

μ = Valor promedio de la media.

σ = Desviación estándar.

Esta ecuación es simétrica con respecto a la media aritmética y decae exponencialmente hacia ambos lados. Los valores comprendidos entre $\mu - \sigma > x > \mu + \sigma$ corresponden a aproximadamente el 68% de los valores medidos $\mu - 2\sigma > x > \mu + 2\sigma$ alcanzan hasta el 95.5% de los valores. Se considera que entre $\mu - 3\sigma > x > \mu + 3\sigma$ se deben encontrar cerca del 100% de los valores medidos (figura 1).

Esta distribución normalizada es de extensa utilización en estadística aplicada. Se aplicará en esta práctica argumentando que es necesario conocer el valor medio de algunas magnitudes físicas de la grava de construcción típica.

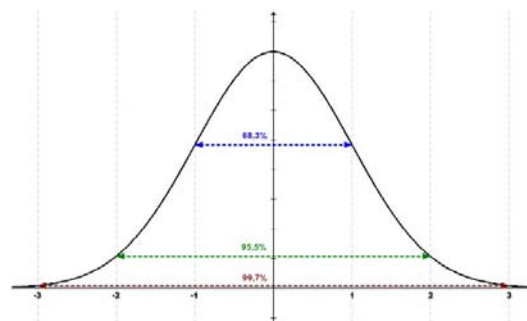


Figura 1. Distribución normal (Gaussiana) de probabilidad $f(x)$.

4.- DESCRIPCIÓN.

Llevar a cabo las mediciones de algunas magnitudes físicas y se estimarán las desviaciones típicas asociadas a ellas. Las magnitudes físicas que se medirán son la masa, la longitud, el volumen y la densidad de 20 especímenes de grava que el alumno traerá consigo en la sesión. Se espera que los especímenes tengan un tamaño relativamente pequeño, adecuado para ser pesados en una balanza granataria (decenas de gramo), ser medidas con vernier en alrededor 5 cm. y con el volumen suficiente para poder ser precipitadas en una probeta graduada de 100 ml.

a) Procedimiento y duración de la práctica:

La práctica se dividirá en 3 partes y tendrá una duración total de 2 horas:

En la primera parte se medirá el extremo de mayor longitud de espécimen con un vernier. Se anotarán las medidas correspondientes para los 20 especímenes.

En la segunda parte, se pasarán los 20 especímenes en la balanza granataria y se medirá su masa en gramos. Se llevará un registro de las medidas de cada espécimen.

En la tercera parte, se sumergirán los 20 especímenes en una bureta graduada y se registrará el cambio en volumen Δv del líquido contenido en estas (agua de grifo). Se llevará el registro del cambio de volumen de

cada espécimen. El dato Δv servirá para el cálculo de la densidad de la grava.

b) Cálculos y reporte:

Se estimará la media aritmética, el error experimental, porcentaje de error de cada una de las magnitudes físicas medidas. Con estos valores se calculará la desviación estándar para cada serie de mediciones de masa, longitud, volumen y densidad. Se elaborará un reporte que indique el comportamiento estadístico de estas magnitudes físicas.

c) Resultados:

Se mostrarán las gráficas que resulten de los cálculos del punto previo y se explicará la naturaleza de los mismos. Estos resultados servirán para elaborar las conclusiones de la práctica.

d) Conclusiones:

En base a los resultados, elaborar el reporte correspondiente y concluir. En esta parte, el estudiante debe expresar el conocimiento adquirido y redactar acerca de su experiencia. Con el manejo de los instrumentos de medición y las unidades de medida.

con el manejo de los instrumentos de medición y las unidades de medida.

7.- Ejercicio propuesto.

La posición de una partícula que se mueve a lo largo de una línea recta está definida por la relación $x = t^3 - 6t^2 - 15t + 40$, donde x se expresa en pies y t en segundos. Determine a) el tiempo al cual la velocidad será cero, b) la posición y la distancia recorrida por la partícula en ese tiempo, c) la aceleración de la partícula en ese tiempo, d) la distancia recorrida por la partícula desde $t=4$ s hasta $t=6$ s.

REFERENCIAS.

- [1] *Teoría de errores -Incertezas de medición*. Gil S. y Rodríguez E. Física re-Creativa. En Internet: cms.iafe.uba.ar/carmen/docencia/labo_2.pdf
- [2] *Estadística*, Spiegel y Murray, 2da ed., McGraw Hill, Schaum, Madrid (1995). ISBN 84- 7615-562-X.

Práctica 2. Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado

Nombre del alumno

Universidad Autónoma de Baja California.

correo@uabc.edu.mx

RESUMEN: El movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA), también conocido como movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV), es aquel en el que un móvil se desplaza sobre una trayectoria recta estando sometido a una aceleración constante. Un ejemplo de este tipo de movimiento es el de caída libre vertical, en el cual la aceleración interviniente, y considerada constante, es la que corresponde a la gravedad.

PALABRAS CLAVE: Velocidad, tiempo, aceleración y gravedad.

1.-INTRODUCCIÓN:

En el estudio de la cinemática de partículas y al referirse al movimiento unidimensional, existe la consideración de que esta se mueve bajo la acción de una aceleración constante. Dicha consideración es una simplificación de un modelo general que describe el movimiento real de partículas. Bajo esta consideración, se dice que la partícula posee movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. Si nos detenemos en pensar lo anterior, existen algunas situaciones reales donde esta aproximación se cumple casi en su totalidad. Una de estas situaciones es la caída libre de un cuerpo sujeto a la fuerza de la gravedad local.

2.- OBJETIVO:

El alumno estudiara el fenómeno de caída libre de los cuerpos. Será capaz de identificar mediante la experimentación, los factores que influyen en la caída libre de los cuerpos.

3- TEORÍA:

La tasa de cambio de la posición con respecto al tiempo es:

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}(t)}{dt} \quad [1]$$

Y a su vez, la tasa de cambio de la velocidad con respecto al tiempo es:

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}(t)}{dt} \quad [2]$$

Tomando en cuenta el sistema de referencia cartesiano que tiene la propiedad de ser ortonormal, las cantidades vectoriales para la posición, velocidad y aceleración son:

$$\vec{r}(t) = r_x \hat{i} + r_y \hat{j} + r_z \hat{k} \quad [3]$$

$$\vec{v}(t) = v_x \hat{i} + v_y \hat{j} + v_z \hat{k} \quad [4]$$

$$\vec{a}(t) = a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k} \quad [5]$$

En una dimensión, las funciones vectoriales para la posición, velocidad y aceleración, se convierten en funciones escalares teniendo como parámetro el tiempo. Si es x la dirección del movimiento, estas funciones son simplemente:

$$v(t) = \frac{dx}{dt} \quad [6]$$

$$a(t) = \frac{dv}{dt} \quad [7]$$

Y por lo tanto:

$$a(t) = \frac{d^2x}{dt^2} \quad [8]$$

Separando la ecuación [8] e integrando ambas partes desde una posición inicial x_0 hasta x , vemos la dependencia de la aceleración en la posición de la partícula:

$$x(t) = \frac{at^2}{2} + v_0 t + x_0$$

Y si la partícula parte desde una altura de origen desde el reposo y si a es la aceleración de la gravedad $-g$ entonces la ecuación queda:

$$h(t) = -\frac{gt^2}{2} \Rightarrow g = -\frac{2h(t)}{t^2}$$

4.- DESCRIPCIÓN:

Se utilizará el equipo de laboratorio para medición del tiempo (figura 1) en caída libre de diferentes bolas de acero a diferentes alturas. Con estos datos, se estimará el valor estadístico de la gravedad local.

a) Procedimiento y duración de la práctica:

Duración: la duración de la práctica es de 2 horas.

Procedimiento: Colocar la bola de acero en el sujetador superior que consta de dos placas, una fija y una móvil. Apretar el tornillo para fijar la bola al sujetador. Establecer el medidor del tiempo de caída en cero y aflojar el tornillo para que la bola caiga. La bola debe golpear la base inferior para detener el tiempo desplegado en el medidor. Se repetirá el mismo procedimiento 10 veces para los tres tamaños diferentes de las bolas a 3 alturas diferentes (50, 60, 70 cm.). El total de mediciones es de 90 mediciones.

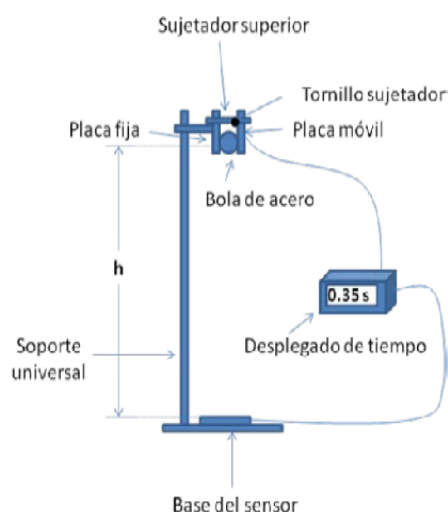


Figura 1. Equipo de laboratorio para la medición de caída libre.

b) Cálculos y reporte:

Tabular los datos y calcular los valores medios de t para cada h , posteriormente calcular el valor de g y reportar su respectivo error asociado a las medidas. Reportar la estadística para t , h y g (gráficas de distribución normal) junto con una gráfica h vs t^2 donde se observe la dependencia lineal entre estas cantidades.

c) Resultados:

Se discutirán los valores de g y se compara con el valor estándar del Sistema Internacional de medidas ($g = 9.81 \frac{m}{s^2}$).

d) Conclusiones:

En base a los resultados, elaborar el reporte correspondiente y concluir. En esta parte, el estudiante debe expresar el conocimiento adquirido y redactar acerca de su experiencia en la medición de la gravedad local.

5.- Ejercicio propuesto:

Una pelota se lanza verticalmente hacia arriba desde una altura de 12 metros en el pozo de un elevador con una velocidad inicial de $18 \frac{m}{s}$. En el mismo instante un elevador de plataforma abierta para por el nivel de 5 m, moviéndose hacia arriba con una velocidad constante de $2 \frac{m}{s}$. Determine

a) cuando y donde golpea al elevador,

b) la velocidad relativa de la pelota con respecto al elevador cuando ésta lo golpea.

REFERENCIAS:

- [1] Beer, P. F.; Johnson, R.E. y Clausen, E. (2005). Mecánica para Ingenieros. Dinámica. México: McGraw-Hill
- [2] Hibeller, R.C. (2004). Mecánica para Ingenieros. Dinámica. México: Pearson Educación.
- [3] Serway, R. A. y Jewett, J. W. (2004). Física I. México: Editorial Thomson

Práctica 3. Tiro parabólico

Nombre del alumno.

Universidad Autónoma de Baja California.

correo@uabc.edu.mx

RESUMEN: Se denomina movimiento parabólico al realizado por un objeto cuya trayectoria describe una parábola. Se corresponde con la trayectoria ideal de un proyectil que se mueve en un medio que no ofrece resistencia al avance y que está sujeto a un campo gravitatorio uniforme.

PALABRAS CLAVE: Velocidad, tiempo, ángulo, incremento.

1.- INTRODUCCION

Cuando una partícula se mueve a lo largo de una curva diferente a una línea recta, se afirma que describe un movimiento curvilíneo. Para definir la posición **P** ocupada por la partícula en un tiempo determinado **t**, se elige un sistema de referencia fijo, tal como los ejes **x**, **y**, **z** que se muestran en la figura 1, y se dibuja el vector **r** que une al origen **O** y al punto **P**. puesto que el vector **r** está caracterizado por su magnitud **r** y su dirección con respecto a los ejes de referencia, éste define por completo la posición de la partícula con respecto a esos ejes; el vector **r** se conoce como el vector de posición de la partícula en el tiempo **t**.

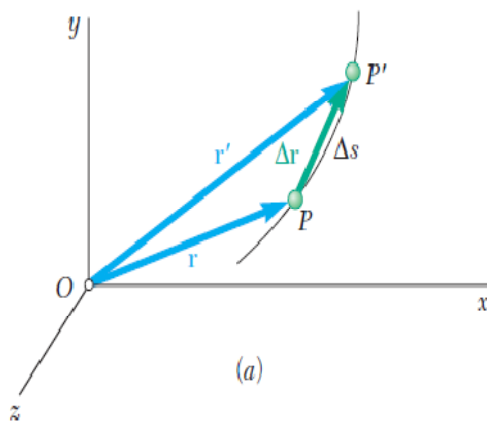


Figura 1. Sistema de coordenadas en un tiempo **t** para un punto **P** ocupado por una partícula

2.-OBJETIVO:

El alumno determinará el movimiento curvilíneo de una partícula mediante un sistema de referencia fijo.

3.- TEORIA:

Considérese ahora el vector **r'** que define a la posición **P'** ocupada por la misma partícula en un tiempo posterior **t + Δt**. El vector **Δr** que une a **P** y a **P'** representa el cambio en el vector de posición durante el intervalo del tiempo **Δt**, pues, como se puede verificar fácilmente en la figura 1, el vector **r'** se obtiene al sumar los vectores **r** y **Δr** de acuerdo con el método de triángulo. **Δr** representa un cambio en de dirección, así como un cambio de magnitud del vector de posición **r**. La velocidad promedio de la partícula sobre el intervalo de tiempo **Δt** se define como el cociente de **Δr** y **Δt**. Puesto que **Δr** es un vector y **Δt** es un escalar, el cociente de $\frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$ es un vector unido a **P**, de la misma dirección de **Δr** y de magnitud igual a la magnitud de **Δr** dividida entre **Δt** (figura 2).

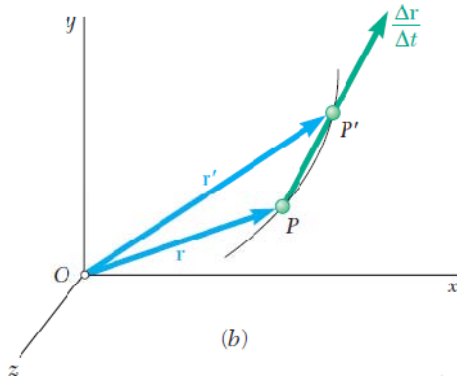


Figura 2. Vector con dirección igual a $\Delta \mathbf{r}$ y con magnitud igual a $\Delta \mathbf{r} / \Delta t$

La velocidad instantánea de la partícula en el tiempo t se obtiene al elegir intervalos de tiempo Δt cada vez más cortos y, de manera correspondiente, incrementos vectoriales $\Delta \mathbf{r}$ cada vez menores. La velocidad instantánea se representa en consecuencia mediante el vector

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \quad [1]$$

A medida que Δt y $\Delta \mathbf{r}$ disminuyen, las posiciones P y P' se acercan cada vez más entre sí; el vector $\mathbf{v}$ obteniendo el límite debe, ser tangente a la trayectoria de la partícula (figura 3).

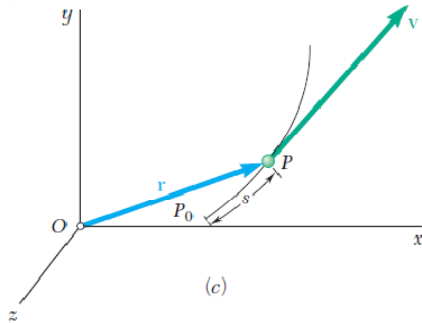


Figura 3. Vector $\mathbf{V}$ tangente a trayectoria de la partícula

Puesto que el vector de posición $\mathbf{r}$ depende del tiempo t , se conoce como una función vectorial de la variable escalar t y se denota mediante $\mathbf{r}(t)$. Extendiendo el concepto de la derivada de una función escalar que se presenta en cálculo elemental, el límite del

cociente $\frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$ se conoce como la derivada de la función vectorial $\mathbf{r}(t)$. Se escribe

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \quad [2]$$

La magnitud v del vector $\mathbf{v}$ se conoce como la rapidez de la partícula y es posible obtenerla al sustituir, en vez del vector $\Delta \mathbf{r}$ en la fórmula [1] la magnitud de este vector representado por el segmento de línea recta PP' . Sin embargo, la longitud del segmento PP' se acerca a la longitud Δs del arco PP' cuando Δt disminuye (que se puede apreciar en la figura 1), por lo que se puede escribir

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{PP'}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} v = \frac{ds}{dt} \quad [3]$$

La rapidez v puede obtenerse entonces diferenciando con respecto a t la longitud s del arco que describe la partícula.

Considere la velocidad $\mathbf{v}$ de la partícula en el tiempo t y su velocidad $\mathbf{v}'$ en un tiempo posterior $t + \Delta t$ (figura 4).

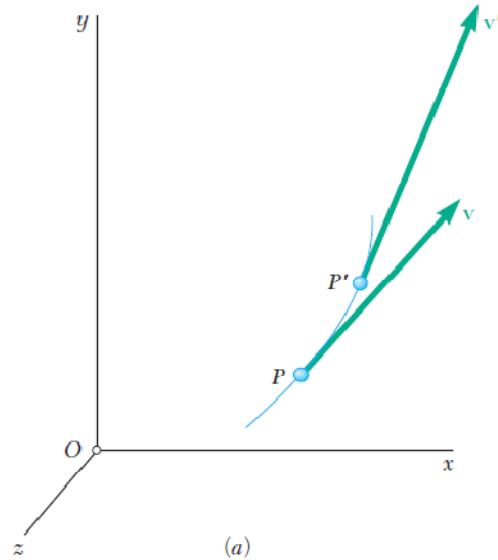
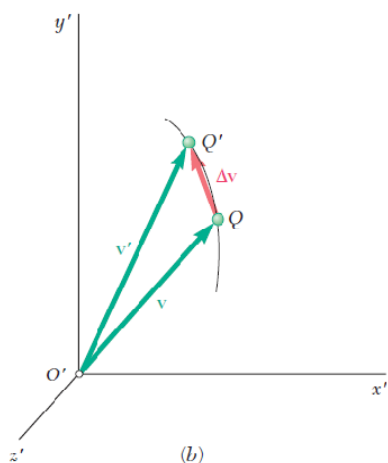


Figura 4. Partícula con velocidad $\mathbf{v}'$ en un tiempo posterior a $t + \Delta t$

Se dibujan ambos vectores $\mathbf{v}$ y $\mathbf{v}'$ a partir del mismo origen O' (figura 5).

Figura 5. Vectores $\mathbf{v}'$ y $\mathbf{v}$ con origen O'

El vector $\Delta\mathbf{v}$ que une a Q y a Q' representa el cambio en la velocidad de la partícula durante el intervalo de tiempo Δt , ya que el vector $\mathbf{v}'$ puede obtenerse al sumar los vectores $\mathbf{v}$ y $\Delta\mathbf{v}$. Hay que advertir que $\Delta\mathbf{v}$ representa un cambio en la dirección de la velocidad, así como un cambio de la rapidez. La aceleración promedio de la partícula sobre el intervalo de tiempo Δt se define como el cociente entre $\Delta\mathbf{v}$ y Δt . Puesto que $\Delta\mathbf{v}$ es un vector y Δt un escalar, el cociente $\frac{\Delta\mathbf{v}}{\Delta t}$ es un vector de la misma dirección que $\Delta\mathbf{v}$.

La aceleración instantánea de la partícula en el tiempo t se obtiene al tomar valores cada vez más y más pequeños de Δt y $\Delta\mathbf{v}$. La aceleración instantánea se representa en consecuencia por medio del vector

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\mathbf{v}}{\Delta t} \quad [4]$$

Al advertir que la velocidad $\mathbf{v}$ es una función vectorial $\mathbf{v}(t)$ del tiempo t , es posible referirse al límite del cociente $\frac{\Delta\mathbf{v}}{\Delta t}$ como la derivada de $\mathbf{v}$ con respecto a t . Se escribe

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} \quad [5]$$

Se observa que la aceleración $\mathbf{a}$ es tangente a la curva descrita por la punta Q del vector $\mathbf{v}$ cuando este último se dibuja desde un origen fijo O' (figura 6) y que, en general, la aceleración no es tangente a la trayectoria de la partícula (figura 7). La curva descrita por la punta $\mathbf{v}$ indicada en la figura 6 se conoce como la hodógrafa del movimiento.

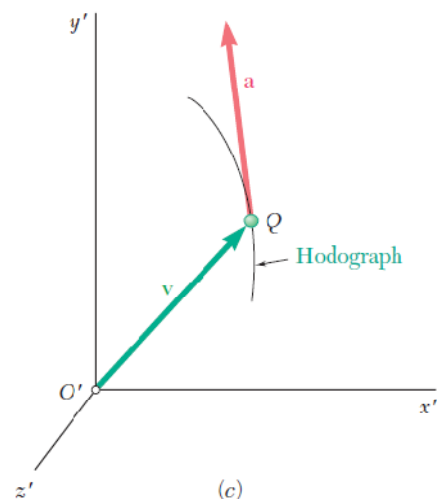
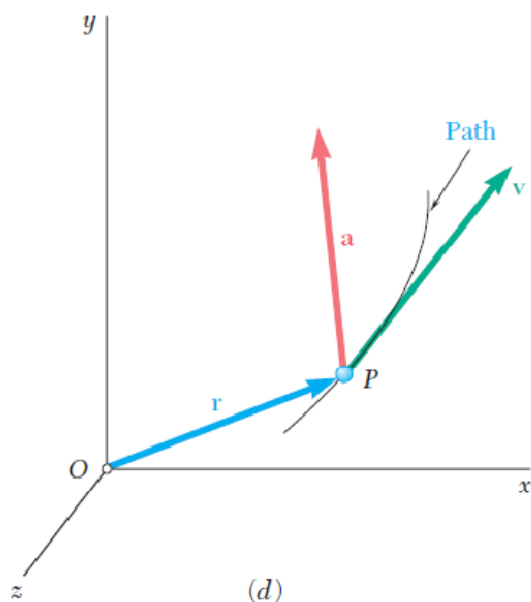
Figura 6. Aceleración tangente a Q del vector $\mathbf{v}$ 

Figura 7. Aceleración no es tangente a trayectoria de partícula

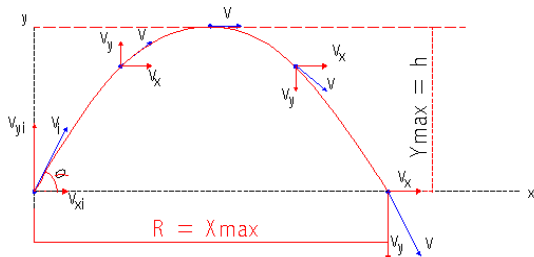
4.-DESCRIPCION:

La práctica consiste en demostrar el fenómeno de movimiento parabólico mediante el equipo de lanzamiento EM 027, el cual permite lanzar un objeto a una velocidad constante y manipular el ángulo de lanzamiento del mismo objeto.

A. PROCEDIMIENTO Y DURACION DE LA PRACTICA:

La duración de la práctica es de 2 horas. La práctica se hará individual. El procedimiento es el siguiente:

- Colocar el sistema de lanzamiento EM 027 en un ángulo inicial de 30° con respecto al eje horizontal. Realizar 5 lanzamientos.
- Cambiar el ángulo de inclinación respecto al eje horizontal a 45° . Realizar 5 lanzamientos.
- Colocar el ángulo de inclinación del sistema a 60° . Realizar 5 lanzamientos.
- En total se realizarán 15 lanzamientos.



B. Cálculos Y Reporte:

Ángulo de 30° , 40° , 60° .

Primer lanzamiento (eje horizontal).

$$v_{xi} = v_i \cos \theta_i$$

Primer lanzamiento (eje vertical).

$$v_{yi} = v_i \sin \theta_i$$

Reportar la tabla de todos los valores adquiridos en esta práctica.

C. Conclusiones Y Discusión

En base a los resultados, elaborar el reporte correspondiente y concluir. En esta parte, el

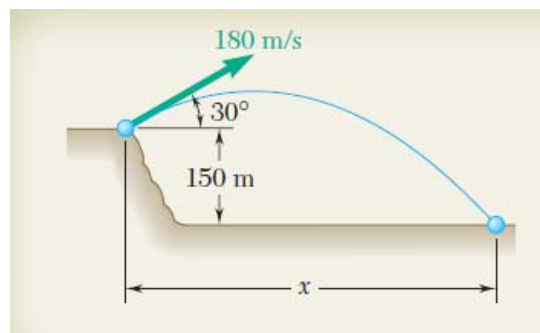
estudiante debe expresar el conocimiento adquirido y redactar acerca de su experiencia en el término y cálculos de tiro parabólico.

Discutir la naturaleza del comportamiento de la aceleración contra el tiempo en términos de los cambios de dirección. Discutir si el valor de la aceleración disminuye o solo disminuye la velocidad y la aceleración se mantiene constante. Use argumentos claros. Discuta los factores que afectan el comportamiento de esta gráfica.

1. Ejercicio propuesto:

Un proyectil se lanza desde el borde de un acantilado de 150 m con una velocidad inicial de $180 \frac{m}{s}$ a un ángulo de 30° con la horizontal. Si se ignora la resistencia del aire, encuentre:

- la distancia horizontal desde el cañón hasta el punto en el que el proyectil golpea el suelo,
- la elevación máxima sobre el suelo que alcanza el proyectil.



REFERENCIAS

- [1] Beer, P. F.; Johnson, R.E. y Clausen, E. (2005). Mecánica para Ingenieros. Dinámica. México: McGraw-Hill
- [2] Hibeller, R.C. (2004). Mecánica para Ingenieros. Dinámica. México: Pearson Educación.
- [3] Serway, R. A. y Jewett, J. W. (2004). Física I. México: Editorial Thomson

Práctica 4. Movimiento curvilíneo, componentes tangencial y normal

Nombre del alumno.

Universidad Autónoma de Baja California.

correo@uabc.edu.mx

RESUMEN: Se conoce como movimiento curvilíneo a aquel movimiento que es parabólico, oscilatorio o circular. Las componentes rectangulares de la aceleración no tienen significado físico, pero si lo tienen las componentes de la aceleración en un nuevo sistema de referencia formado por la tangente a la trayectoria y la normal a la misma.

PALABRAS CLAVE: *Movimiento Curvilíneo, componente tangencial y normal, aceleración, velocidad.*

1.- INTRODUCCION

Para describir el movimiento de una partícula, hacemos uso del sistema de referencia espacial tridimensional. Se hace uso de las coordenadas convencionales x, y, z que utiliza vectores unitarios $\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$ (triada de vectores unitarios ortogonales) para determinar las direcciones de velocidad y aceleración con respecto a esas coordenadas. Ahora bien, para una partícula que se mueve en movimiento curvilíneo bidimensional, es conveniente utilizar un nuevo sistema de referencia que contenga componentes de velocidad y aceleración transversal y normal a su trayectoria. La transformación de coordenadas $\hat{i}, \hat{j} \leftrightarrow \hat{e}_t, \hat{e}_n$ (estos últimos vectores unitarios en la dirección tangente y normal a la trayectoria curvilínea de la partícula) resulta conveniente para describir a la aceleración si se conoce el radio de la curvatura de la trayectoria y la velocidad en un instante dado.

2.- OBJETIVO:

El estudiante determinará la aceleración total de una partícula para un instante en particular. Lo hará usando componentes tangencial y normal.

3.- TEORIA:

La dirección de la velocidad de una partícula es siempre tangente a la trayectoria de la partícula, esta se puede expresar como:

$$\vec{v} = v\hat{e}_t \quad [1]$$

Donde $\hat{e}_t$ es un vector unitario en la dirección tangente a la trayectoria. Como solo tiene componente tangencial, normalmente se denomina velocidad tangencial. Para la aceleración, se tiene que:

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt}\hat{e}_t + \frac{v^2}{\rho}\hat{e}_n \quad [2]$$

Que es una suma vectorial de las componentes tangencial y normal. La primera es el cambio instantáneo de la rapidez y el segundo la variación temporal de la dirección de la aceleración. El esquema 1 ilustra la dirección de las componentes tangencial y normal de la aceleración bajo el movimiento curvilíneo de una partícula.

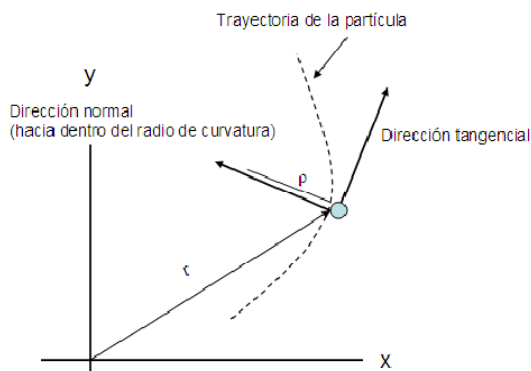


Figura 1. Componentes tangencial y normal de la aceleración.

4.- DESCRIPCION:

La práctica consistirá en observar el movimiento de una bola de hacer que se mueve en dos rampas encontradas una a la otra. Estimar los valores de posición y tiempo para posteriormente calcular la aceleración y observará su comportamiento como función del tiempo.

A. PROCEDIMIENTO Y DURACION DE LA PRÁCTICA.

La duración de la práctica es de 2 horas. La práctica se hará individual. El procedimiento es el siguiente:

- Colocar la bola en la posición de inicio. Soltarla y arrancar el cronometro y detener hasta la posición aproximada justo antes de que la bola ascienda por la otra rampa. Medir Δx_1 y Δy_1 . Hacer esto 5 veces. Se obtienen 5 datos.
- Colocar la bola en posición de inicio y esperar a que la bola cambie de dirección. Se tiene el punto inicial y se medirá Δx_2 y Δy_2 justo antes de que la bola ascienda por la otra rampa (toma de datos contraria). Repetir 5 veces, se obtienen 10 datos.
- Colocar la bola en la posición de inicio y esperar a que la bola cambie de dirección dos veces. Se tiene el punto inicial y se medirá Δx_3 y Δy_3 justo antes de que la bola ascienda

por la otra rampa (mismo punto de toma de datos del inciso a)). Repetir 5 veces, se obtienen 15 datos.

- Medir el radio de curvatura para estimar las componentes de la aceleración (Figura 2).

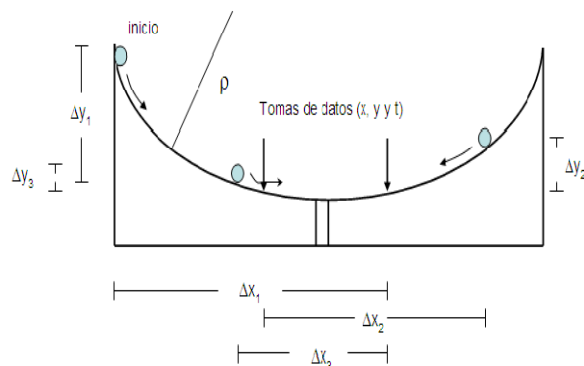


Figura 2. Esquema de la curvatura de rampa

B. Cálculos Y Reporte:

Teniendo las alturas y las distancias recorridas por la bola, se estimará la rapidez promedio v_p de la siguiente manera:

$$v_p = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad [3]$$

$$v_y = gt \quad [4]$$

$$v_x = \frac{\Delta x}{t} \quad [5]$$

Y las componentes de la aceleración como:

$$a_t = \frac{v_p}{t} \quad [6]$$

$$a_n = \frac{v_p^2}{p} \quad [7]$$

Para finalmente estimar el valor de la aceleración promedio a_p como:

$$a_p = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} \quad [8]$$

C. Resultados:

Reportar la tabla de todos los valores adquiridos en esta práctica. Calcular y reportar el valor medio y desviación estándar de la aceleración para las 3 diferentes situaciones. Observar el comportamiento de la aceleración vs tiempo.

Nota: En la práctica se calcula una “aceleración promedio” y la aceleración media se calcula al promediar estos valores.

D. Conclusiones:

Discutir la naturaleza del comportamiento de la aceleración contra el tiempo en términos de los cambios de dirección. Discutir si el valor de la aceleración disminuye o solo disminuye la velocidad y la aceleración se mantiene constante. Use argumentos claros. Discuta los factores que afectan el comportamiento de esta gráfica.

5.- Ejercicio propuesto.

Un automovilista viaja sobre una sección curva de una pista de 2500ft. de radio a una

rapidez rapidez de $60 \frac{mi}{h}$. El automovilista aplica repentinamente los frenos, provocando que el automóvil se desacelere a una tasa constante. Si se sabe que después de 8 s la rapidez se ha reducido a $45 \frac{mi}{h}$, determine la aceleración del automóvil inmediatamente después de que se han aplicado los frenos.

Bibliografía

- [1] Beer, P. F.; Johnson, R.E. y Clausen, E. (2005). *Mecánica para Ingenieros. Dinámica*. México: McGraw-Hill
- [2] Hibeller, R.C. (2004). *Mecánica para Ingenieros. Dinámica*. México: Pearson Educación.
- [3] Serway, R. A. y Jewett, J. W. (2004). *Física I*. México: Editorial Thomson

Práctica 5. Determinación de la Velocidad Radial

Nombre del alumno.

Universidad Autónoma de Baja California.

correo@uabc.edu.mx

RESUMEN: La velocidad radial es la velocidad de un objeto a lo largo de la línea visual del observador. Es perpendicular a la velocidad transversal del objeto. Esto es, la componente de la velocidad con la que el objeto se acerca (Llamada también Corrimiento al azul) o aleja (Corrimiento al rojo) del observador, aunque no se mueva exactamente en dirección de colisión con el observador.

PALABRAS CLAVE: *Velocidad radial, aceleración, ángulo, radio.*

1.-INTRODUCCION:

La velocidad radial es la componente vectorial que se desarrolla a lo largo de la línea visual del observador, aunque no se mueva exactamente en dirección de colisión con él. Es perpendicular a la velocidad transversal del objeto. El análisis de la velocidad radial se aplica mayormente en el estudio de cuerpos estelares y en radares.

Donde $\hat{e}_r$ y $\hat{e}_\theta$ son los vectores unitarios en la dirección radial y transversal respectivamente. Estas componentes son perpendiculares entre sí. El primer término del binomio se conoce como la velocidad radial y el segundo velocidad transversal. Para la aceleración se tiene:

$$\vec{a} = \frac{d(\vec{v})}{dt} = (\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)\hat{e}_r + (r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta})\hat{e}_\theta$$

2.-OBJETIVO:

Con el uso de algunas aproximaciones, el estudiante determinará la velocidad y aceleración radial de una cuerda en un sistema de contrapesos con una polea.

3.- TEORIA:

En coordenadas curvilíneas 2D, la velocidad se define como el cambio con respecto al tiempo del vector de posición $\vec{r}$, expresado como el producto de r dirigido en la dirección $\hat{e}_r$:

$$\vec{v} = \frac{d(r\hat{e}_r)}{dt} = \dot{r}\hat{e}_r + r\dot{\theta}\hat{e}_\theta$$

El primer término entre paréntesis del binomio se conoce como la aceleración radial y el segundo término entre paréntesis como aceleración transversal (figura 1). En ambos casos las componentes contienen derivadas temporales de la magnitud de r y θ , en otras palabras, la distancia entre el observador y el objeto y su horizonte respectivamente.

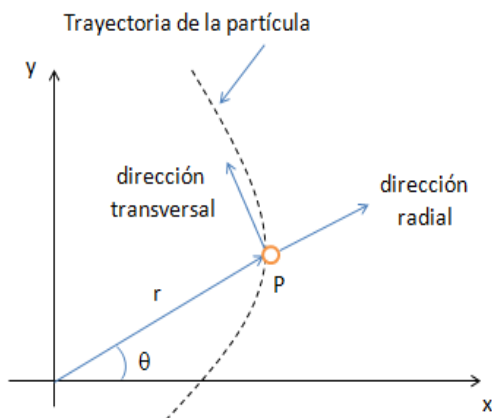


Figura 1. Componentes radial y transversal del movimiento curvilíneo.

4.- DESCRIPCION:

Imagina que un observador se ubica por encima del carrito y por alguna razón necesita calcular la velocidad y aceleración radial de la cuerda que une a un carrito con un contrapeso en caída gravitatoria, pasado por una polea. El esquema es el siguiente:

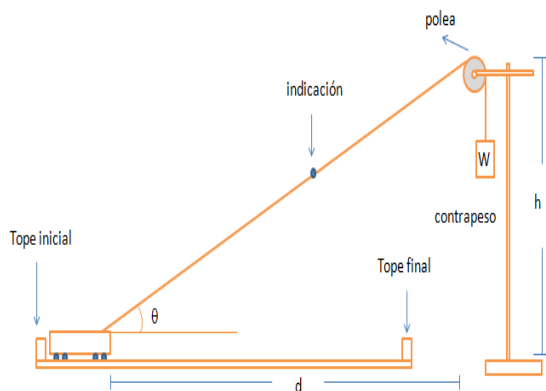


Figura 2. Esquema del arreglo necesario para la medida de la velocidad en función de los contrapesos.

Así entonces, el observador requiere calcular estas cantidades físicas en términos de la componente radial de la cuerda. La duración de la práctica es de 2 horas. La práctica se hará individualmente. El procedimiento es el siguiente:

- Colocar el carrito en la posición de tope inicial. Colgar en el extremo libre un contrapeso de 100 gramos.
- Soltar el contrapeso y provocar el movimiento del carrito. Después de aproximadamente 1 segundo, detener el carrito con la mano. Medir la distancia recorrida por el carrito (Δs), así como la altura aproximada recorrida por el contrapeso (Δh).
- Repetir este proceso 5 veces para promediar.
- Repetir los incisos a, b y c para 2, 3, 4, 5 segundos. En total se tendrán 25 medidas.

NOTA: los tiempos se tomarán aproximados con el cronometro.

e) Cálculos Y Reporte:

Teniendo las alturas y las distancias recorridas por el carrito, estimar la distancia recorrida por la sección inclinada de la cuerda para el tiempo determinado. Estos datos son suficientes para estimar la aceleración radial de la cuerda:

$$a_r = \ddot{r} - r\dot{\theta}^2$$

Tomando en cuenta la distancia recorrida por el cable y la altura descendida por el contrapeso es constante esto da lugar a que:

$$\Delta r = \Delta h$$

Y esto lleva a que:

$$\ddot{r} = a_w$$

La aceleración aproximada del contrapeso (a_w) se pueda calcular como el cambio de velocidad en ese intervalo de tiempo, y a su vez, la velocidad del contrapeso como el cambio de la altura en ese intervalo de tiempo:

$$a_w = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$v_w = \frac{\Delta v}{\Delta t} = v_r = \dot{r}$$

Donde v_w es también la velocidad radial v_r . Por último, $\dot{\theta}$ que se puede determinar de:

$$\dot{\theta} = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$$

Con $\theta = \arctan \frac{\Delta h}{\Delta s}$. Aquí, Δs es la distancia recorrida en la dirección paralela al plano horizontal en el periodo de tiempo Δt y θ es expresado en radianes.

f) Resultados:

Reportar la tabla de todos los valores adquiridos en esta práctica. Calcular y reportar el valor medio y desviación estándar de la velocidad y aceleración radial para los 5 diferentes eventos.

g) Conclusiones:

Discutir la naturaleza de comportamiento de la velocidad y aceleración radial contra el tiempo. Discuta los factores que afectan el comportamiento de estas gráficas.

¿Corresponde la grafica v_r vs t a la derivada de a_r vs t ? Dicho de otra forma y como ejemplo ¿La aceleración radial es una gráfica lineal y la velocidad es una cuadrática? Discuta el comportamiento de ambos y cómo se comporta.

REFERENCIAS

- [1].- Beer, P. F.; Johnson, R.E. y Clausen, E. (2005). *Mecánica para Ingenieros. Dinámica*. México: McGraw-Hill
- [2].- Hibbeler, R.C. (2004). *Mecánica para Ingenieros. Dinámica*. México: Pearson Educación.
- [3].- Serway, R. A. y Jewett, J. W. (2004). *Física I*. México: Editorial Thomson.

Práctica 6. Método del trabajo y la energía, cálculo del coeficiente de fricción

Nombre del alumno.

Universidad Autónoma de Baja California.

correo@uabc.edu.mx

RESUMEN: En mecánica clásica, el trabajo que realiza una fuerza sobre un cuerpo equivale a la energía necesaria para desplazar este cuerpo. El término energía tiene diversas acepciones y definiciones, relacionadas con la idea de una capacidad para obrar, transformar o poner en movimiento.

PALABRAS CLAVE: Trabajo, energía, coeficiente de fricción, fuerza, distancia.

1.- INTRODUCCION:

Se ha utilizado la segunda ley de Newton ($F = ma$) para la solución de problemas de cinética de partículas. Combinando nuestros conocimientos de cinemática y segunda ley de Newton, adicionamos el método de trabajo – energía con el que podemos analizar la dinámica de cuerpos o partículas. El trabajo y la energía son, como veremos, equivalentes y poseen las mismas unidades de medición (Newton por metro = Joule).

2.- OBJETIVO:

El estudiante aplicara el método del trabajo y la energía cinética para la solución de problemas relacionados. Identificara que la energía mecánica se puede transformar en otros tipos de energía cuando se involucran fenómenos de rozamiento.

3.- TEORIA:

Cuando un cuando un cuerpo se mueve por la acción de una fuerza resultante, este se desplazará de un punto 1 a un punto 2. Si denotamos a $\vec{dr}$ como el vector diferencial de desplazamiento que une a los puntos 1 y 2, entonces el trabajo dU de una fuerza $\vec{F}$ correspondiente a ese desplazamiento $\vec{dr}$ es:

$$dU = \vec{F} \cdot \vec{dr} \quad [1]$$

Si esa trayectoria es curvilínea, entonces $\vec{dr} = ds$ y $\vec{F} = f_t$. En términos de esta componente tangencial de la fuerza, el trabajo de 1 a 2 se puede calcular como:

$$U_{1-2} = \int_{s_1}^{s_2} F_t ds \quad [2]$$

Una expresión alternativa para evaluar el trabajo desde 1 hasta 2 y si el desplazamiento es finito y rectilíneo:

$$\Delta U = U_{1-2} = F \cos \alpha (x_2 - x_1) = F \cos \alpha \Delta x$$

[3]

Donde α es el ángulo que forma la fuerza con la dirección del movimiento y Δx el desplazamiento de 1 a 2.

Por otra parte, si consideramos una partícula de masa m actuando bajo la condición de una fuerza F en una trayectoria curvilínea entonces la segunda ley de Newton en términos de la componente tangencial es:

$$F_t = ma_t = m \frac{dv}{dt} \frac{ds}{dt} = mv \frac{dv}{ds} \quad [4]$$

Separando e integrando esta última expresión:

$$\int_{s_1}^{s_2} F_t ds = m \int_{v_1}^{v_2} v dv = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 \quad [5]$$

Entonces definimos la energía cinética de la partícula como:

$$T = \frac{1}{2} m v^2 \quad [6]$$

Por lo tanto, el trabajo efectuado por una fuerza (ecuación 2) sobre una partícula entre dos puntos equivale al cambio de energía cinética de esta última (ecuación 6):

$$U_{1-2} = T_2 - T_1 \quad [6]$$

4.- DESCRIPCION:

Utilizar como modelo de un carrito el cual rodará en una superficie rugosa por su propio peso desde el reposo. Medir la velocidad final (haciendo algunas aproximaciones) para estimar el trabajo.

A) PROCEDIMIENTO Y DURECION DESCRIPCION DE LA PRÁCTICA.

La duración de la práctica es de 2 horas. El procedimiento es el siguiente:

- Colocar el carrito en la cima y soltar. Dejar rodar el carrito libremente por la pendiente negativa.
- Medir el tiempo en el que el carrito alcanza el final de la pendiente.
- Repetir 10 veces el procedimiento de los incisos a y b.
- Variar el ángulo α . Obtener datos con $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$. En total tomar 30 datos.

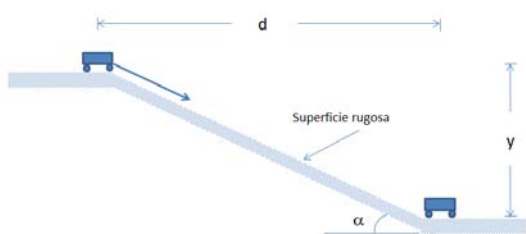


Figura 1. Esquema del carro a desplazar con una inclinación α

B) Cálculos Y Reporte:

Medido el tiempo, la distancia vertical y la longitud horizontal y el ángulo α se procede a calcular las componentes y por lo tanto la magnitud del vector resultante de la velocidad final. El trabajo efectuado por el carrito en la superficie rugosa es:

$$U_{1-2} = Wd \cos \alpha - \mu W \sin \alpha \quad [7]$$

Si el trabajo es T_2 entonces el coeficiente de fricción dinámico es:

$$\mu = \frac{Wd \cos \alpha - \frac{1}{2}mv^2}{W \sin \alpha} \quad [8]$$

C) Resultados:

Reportar la tabla de todos los valores adquiridos en esta práctica. Calcular y reportar el valor medio y desviación estándar del coeficiente de fricción

D) Conclusiones:

Concluir la practica con comentarios puntuales relacionados con el valor del coeficiente de fricción. Contestar los siguientes cuestionamientos: ¿De qué forma el coeficiente de fricción podría aumentar o disminuir su valor?

¿En qué porcentaje seria la desviación del resultado si no tomamos en cuenta el efecto del razonamiento con la superficie?

5.-EJERCICIO PROPUESTO:

Un automóvil que pesa 4000 lb desciende por una pendiente de 5° de inclinación a una rapidez de $60 \frac{mi}{h}$ cuando se aplican los frenos, lo que provoca una fuerza de frenado total constante (aplicado por el camino sobre las llantas) de 1500 lb. Determine la distancia que recorre el automóvil antes de detenerse.

REFERENCIAS

- [1]Beer, P. F.; Johnson, R.E. y Clausen, E. (2005). *Mecánica para Ingenieros. Dinámica*. México: McGraw-Hill
- [2]Hibbeler, R.C. (2004). *Mecánica para Ingenieros. Dinámica*. México: Pearson Educación.
- [3]Serway, R. A. y Jewett, J. W. (2004). *Física I*. México: Editorial Thomson.

Práctica 7. Método de integración de Euler.

Nombre del alumno.

Universidad Autónoma de Baja California.

correo@uabc.edu.mx

RESUMEN: En matemática y computación, el método de Euler, llamado así en honor de Leonhard Euler, es un procedimiento de integración numérica para resolver ecuaciones diferenciales ordinarias a partir de un valor inicial dado.

PALABRAS CLAVE: *Método de Euler, gravedad, distancia, velocidad, aceleración.*

1.- INTRODUCCION:

Si una partícula se mueve bajo la influencia de una fuerza constante, su aceleración es constante y para la determinación de su velocidad y de su posición se usan las fórmulas de cinemática. Consideremos ahora una partícula que se mueve en el espacio bajo la acción de una fuerza, y por consiguiente, de una aceleración que depende de la posición y de la velocidad de la partícula. La posición, la velocidad y la aceleración de la partícula en un instante de tiempo determinan la posición y la velocidad en el siguiente instante que, a su vez, determinan a la aceleración. La posición, la velocidad y aceleración real de un objeto cambian continuamente con el tiempo. Se suele aproximar esta situación mediante el método de Euler que consiste en reemplazar esta variación continua con el tiempo por pequeños intervalos de tiempo Δt de tal forma que la aceleración en cada intervalo sea constante. Si el intervalo de tiempo es suficientemente pequeño, el cambio de la aceleración es pequeño y puede despreciarse.

2.- OBJETIVO:

El alumno se familiarizará con el método de integración de Euler, comprenderá su comportamiento y realizará ejercicios para reforzar el conocimiento adquirido.

3.- TEORIA:

Sean x_o, v_o, a_o la posición, la velocidad y la aceleración iniciales de la partícula en un instante de tiempo t_o . Si suponemos que durante Δt la aceleración es constante, la velocidad en el tiempo $t_1 = t_o + \Delta t$ viene dada por

$$v_1 = v_o + a_o \Delta t \quad [1]$$

Similarmente, si despreciamos cualquier cambio de velocidad durante el intervalo de tiempo, la nueva posición viene dada por la ecuación

$$x_1 = x_o + v_o \Delta t \quad [2]$$

A partir de los valores de v_1 y x_1 calculamos la nueva aceleración usando la segunda ley de Newton y, posteriormente usamos x_1, v_2 al para calcular x_2 y v_2 .

$$x_2 = x_1 + v_1 \Delta t \quad [3]$$

$$v_2 = v_1 + a_1 \Delta t \quad [4]$$

La conexión entre la posición y la velocidad en el tiempo t_n y el tiempo $t_{n+1} = t_n + \Delta t$ viene dada por

$$x_{n+1} = x_n + v_n \Delta t \quad [5]$$

Y

$$v_{n+1} = v_n + a_n \Delta t \quad [6]$$

Por lo tanto, para determinar la velocidad y la posición en un tiempo t dividimos el intervalo de tiempo $t - t_o$ en un gran número de pequeños intervalos Δt y aplicamos las ecuaciones [5] y [6] empezando en el instante inicial t_o . Esto comporta un gran cantidad de cálculos simples y repetitivos que mediante un orden son fáciles de hacer. La técnica de dividir el intervalo de tiempo en pequeños

intervalos de tiempo y calcular la aceleración, la velocidad y la posición en cada intervalo de usando valores del intervalo anterior se denomina integración numérica.

3.1 FUERZAS DE RESISTENCIA

Para ilustrar el uso de la integración numérica, consideremos el problema de un paracaidista que salta en caída libre, partiendo del reposo, desde una altura determinada, de modo que su movimiento depende únicamente de la fuerza de gravedad y de la fuerza de resistencia del aire, que es proporcional al cuadrado de la velocidad. Tenemos que calcular la velocidad v y la distancia recorrida x en función del tiempo.

La ecuación que describe el movimiento de un objeto de masa m que parte del reposo y que cae bajo la acción de la gravedad es la ecuación

$$\sum F_y = mg - bv^n = ma_y; \text{ con } n = 2 \quad [7]$$

Donde la dirección positiva es la dirección hacia abajo. La aceleración, en estas condiciones, vale

$$a = g - \frac{b}{m} v^2 \quad [8]$$

Conviene escribir la constante $\frac{b}{m}$ en función de la velocidad límite v_l . Si $a=0$ en la ecuación [8], se obtiene

$$0 = g - \frac{b}{m} v_l^2$$

$$\frac{b}{m} = \frac{g}{v_l^2}$$

4.- DESCRIPCION

El alumno deberá realizar la tabla 1, de acuerdo con la información proporcionada. La dinámica consiste en calcular los valores de posición, velocidad y aceleración, comprendiendo los cambios y el comportamiento de estas características conforme el tiempo transcurre. Los intervalos de tiempo deberán ser de 0.5 segundos y se

deberá calcular hasta un tiempo de 30 segundos: posteriormente se deberán realizar graficas de posición, velocidad y aceleración. Las tablas serán realizadas en documento Excel.

A	B	C	D	A	B	C	D
1	g=	9.81		1	g=	9.81	
2	h=	0		2	h=	0	
3	u=	0		3	u=	0	
4	u=	5.91	mm/s	4	u=	5.91	mm/s
5	u=	0		5	u=	0	
6				6			
7	t	x	v	7	t	x	v
8	(s)	(m)	(m/s)	8	(s)	(m)	(m/s)
9	0.00	0.0	0.00	9	0	0	0
10	0.50	0.0	4.91	10	=A9+0.005	=B9+C9*0.005	=D9+D9*0.005
11	1.00	0.0	9.81	11	=A10+0.005	=B10+C10*0.005	=D10+D10*0.005
12	1.50	0.0	14.71	12	=A11+0.005	=B11+C11*0.005	=D11+D11*0.005
13	2.00	0.0	19.62	13	=A12+0.005	=B12+C12*0.005	=D12+D12*0.005
14	2.50	0.0	24.53	14	=A13+0.005	=B13+C13*0.005	=D13+D13*0.005
15	3.00	0.0	29.44	15	=A14+0.005	=B14+C14*0.005	=D14+D14*0.005
16	3.50	0.0	34.35	16	=A15+0.005	=B15+C15*0.005	=D15+D15*0.005
17	4.00	0.0	39.26	17	=A16+0.005	=B16+C16*0.005	=D16+D16*0.005
18	4.50	0.0	44.17	18	=A17+0.005	=B17+C17*0.005	=D17+D17*0.005
19	5.00	0.0	49.08	19	=A18+0.005	=B18+C18*0.005	=D18+D18*0.005
20	5.50	0.0	53.99	20	=A19+0.005	=B19+C19*0.005	=D19+D19*0.005
21	6.00	0.0	58.90	21	=A20+0.005	=B20+C20*0.005	=D20+D20*0.005
22	6.50	0.0	63.81	22	=A21+0.005	=B21+C21*0.005	=D21+D21*0.005
23	7.00	0.0	68.72	23	=A22+0.005	=B22+C22*0.005	=D22+D22*0.005
24	7.50	0.0	73.63	24	=A23+0.005	=B23+C23*0.005	=D23+D23*0.005
25	8.00	0.0	78.54	25	=A24+0.005	=B24+C24*0.005	=D24+D24*0.005
26	8.50	0.0	83.45	26	=A25+0.005	=B25+C25*0.005	=D25+D25*0.005
27	9.00	0.0	88.36	27	=A26+0.005	=B26+C26*0.005	=D26+D26*0.005
28	9.50	0.0	93.27	28	=A27+0.005	=B27+C27*0.005	=D27+D27*0.005
29	10.00	0.0	98.18	29	=A28+0.005	=B28+C28*0.005	=D28+D28*0.005
30	10.50	0.0	103.09	30	=A29+0.005	=B29+C29*0.005	=D29+D29*0.005

Tabla 1. Para mejorar la apreciación, es conveniente copiar y ampliar la imagen.

a) Procedimiento y duración de la práctica:

La práctica consta de 2 horas y el reporte se entrega de forma individual.

En la imagen de la tabla 1, se muestra el procedimiento necesario para su elaboración, de ser necesario se anexará la imagen por separado a la práctica.

b) Cálculos Y Reporte:

Se deberá realizar los cálculos indicados en la tabla 1, con un incremento de 0.5 en cada intervalo. Se deberá entregar el reporte de acuerdo al formato de la práctica.

c) Conclusión:

El alumno deberá comprender la naturaleza del fenómeno y su comportamiento, deduciendo los resultados que podrán presentarse durante la realización del reporte, así como expresar los resultados obtenidos.

REFERENCIAS

1.- Beer P.F; Johnson, R.E y Clausen, E.
(2005). Mecánica para ingenieros. Dinámica.
México: McGraw – Hill.

2.- Tiple Mosca, Fisica para ciencias e
Ingenieria editorial REVERTE, Spain, 2006

ANEXOS:

	A	B	C	D
1	$\Delta t =$	0.5 s		
2	$x_0 =$	0 m		
3	$v_0 =$	0 m/s		
4	$a_0 =$	9.81 m/s ²		
5	$v_t =$	60 m/s		
6				
7	t	x	v	a
8	(s)	(m)	(m/s)	(m/s ²)
9	0.00	0.0	0.00	9.81
10	0.50	0.0	4.91	9.74
11	1.00	2.5	9.78	9.55
12	1.50	7.3	14.55	9.23
13	2.00	14.6	19.17	8.81
14	2.50	24.2	23.57	8.30
15	3.00	36.0	27.72	7.72
41	16.00	701.0	59.55	0.15
42	16.50	730.7	59.62	0.16
43	17.00	760.5	59.68	0.10
44	17.50	790.4	59.74	0.09
45	18.00	820.3	59.78	0.07
46	18.50	850.2	59.82	0.06
47	19.00	880.1	59.85	0.05
48	19.50	910.0	59.87	0.04
49	20.00	939.9	59.89	0.04
50				

	A	B	C	D
1	$\Delta t =$	0.5 s		
2	$x_0 =$	0 m		
3	$v_0 =$	0 m/s		
4	$a_0 =$	9.81 m/s ²		
5	$v_t =$	60 m/s		
6				
7	t	x	v	a
8	(s)	(m)	(m/s)	(m/s ²)
9	0	=B2	=B3	=SB\$4*(1-C9^2/SB\$5^2)
10	=A9+SB\$1	=B9+C9*SB\$1	=C9+D9*SB\$1	=SB\$4*(1-C10^2/SB\$5^2)
11	=A10+SB\$1	=B10+C10*SB\$1	=C10+D10*SB\$1	=SB\$4*(1-C11^2/SB\$5^2)
12	=A11+SB\$1	=B11+C11*SB\$1	=C11+D11*SB\$1	=SB\$4*(1-C12^2/SB\$5^2)
13	=A12+SB\$1	=B12+C12*SB\$1	=C12+D12*SB\$1	=SB\$4*(1-C13^2/SB\$5^2)
14	=A13+SB\$1	=B13+C13*SB\$1	=C13+D13*SB\$1	=SB\$4*(1-C14^2/SB\$5^2)
15	=A14+SB\$1	=B14+C14*SB\$1	=C14+D14*SB\$1	=SB\$4*(1-C15^2/SB\$5^2)
41	=A40+SB\$1	=B40+C40*SB\$1	=C40+D40*SB\$1	=SB\$4*(1-C41^2/SB\$5^2)
42	=A41+SB\$1	=B41+C41*SB\$1	=C41+D41*SB\$1	=SB\$4*(1-C42^2/SB\$5^2)
43	=A42+SB\$1	=B42+C42*SB\$1	=C42+D42*SB\$1	=SB\$4*(1-C43^2/SB\$5^2)
44	=A43+SB\$1	=B43+C43*SB\$1	=C43+D43*SB\$1	=SB\$4*(1-C44^2/SB\$5^2)
45	=A44+SB\$1	=B44+C44*SB\$1	=C44+D44*SB\$1	=SB\$4*(1-C45^2/SB\$5^2)
46	=A45+SB\$1	=B45+C45*SB\$1	=C45+D45*SB\$1	=SB\$4*(1-C46^2/SB\$5^2)
47	=A46+SB\$1	=B46+C46*SB\$1	=C46+D46*SB\$1	=SB\$4*(1-C47^2/SB\$5^2)
48	=A47+SB\$1	=B47+C47*SB\$1	=C47+D47*SB\$1	=SB\$4*(1-C48^2/SB\$5^2)
49	=A48+SB\$1	=B48+C48*SB\$1	=C48+D48*SB\$1	=SB\$4*(1-C49^2/SB\$5^2)
50				

Práctica 8. Caída libre de los cuerpos.

Nombre del Alumno.

Universidad Autónoma de Baja California.

correo@uabc.edu.mx

RESUMEN: En física, se denomina caída libre al movimiento de un cuerpo bajo la acción exclusiva de un campo gravitatorio. Esta definición formal excluye a todas las caídas *reales* influenciadas en mayor o menor medida por la resistencia aerodinámica del aire, así como a cualquier otra que tenga lugar en el seno de un fluido; sin embargo es frecuente también referirse coloquialmente a éstas como caídas libres, aunque los efectos de la viscosidad del medio no sean por lo general despreciables.

PALABRAS CLAVE: *Caída libre, gravedad, velocidad, aceleración, distancia*

1.-INTRODUCCION

Es bien sabido que, en ausencia de resistencia del aire, todos los objetos que se dejan caer cerca de la superficie de la tierra caen hacia ella con la misma aceleración constante bajo la influencia de la gravedad de la Tierra. No fue sino hasta alrededor de 1600 que se aceptó esta conclusión. Antes de esta época, las enseñanzas del filósofo griego Aristóteles (384-322 a.C.) Sostenían que los objetos más pesados caían más rápido que los ligeros.

El italiano Galileo Galilei (1564-1642) originó las ideas actuales acerca de los objetos que caen. Hay una leyenda de que el demostró el comportamiento de los objetos que caen al observar que dos pesos diferentes soltados simultáneamente de la torre inclinada de Pisa golpeaban el suelo aproximadamente al mismo tiempo. Aunque hay ciertas dudas de que llevó a cabo este experimento particular, está bien establecido que Galileo Galilei realizó muchos experimentos sobre objetos en movimiento en planos inclinados. En sus experimentos hacia rodar bolas por un plano ligeramente inclinado y medía las distancias que recorrían en intervalos de tiempo sucesivos. El propósito del plano inclinado era reducir la aceleración, lo que hizo posible que tomara

mediciones precisas de los intervalos de tiempo. Al aumentar gradualmente la pendiente del plano, al final fue capaz de extraer conclusiones acerca de los objetos en caída libre, porque una bola en caída libre es equivalente a una bola que se mueve por un plano inclinado vertical.

2.-OBJETIVO:

Comprobar y desarrollar de forma práctica el experimento elaborado por el científico Galileo Galilei para el cálculo de la gravedad g .

3.-TERORIA:

Cuando se usa la expresión objeto en caída libre, no necesariamente se hace referencia a un objeto que se suelta desde el reposo. Un objeto en caída libre es cualquier objeto que se mueve libremente solo bajo la influencia de la gravedad, sin importar su movimiento inicial. Los objetos que se lanzan hacia arriba o abajo y los que se liberan desde el reposo están todos en caída libre una vez que se liberan. Cualquier objeto en caída libre experimenta una aceleración dirigida hacia abajo, sin importar el movimiento inicial.

La magnitud de la aceleración de caída libre se denotará mediante el símbolo g . el valor de g cerca de la superficie de la tierra disminuye

conforme aumenta la altitud. Además, ocurren ligeras variaciones en g con cambios en latitud. En la superficie de la Tierra, el valor de g es aproximadamente de $9.81 \frac{m}{s^2}$. A menos que se establezca de otro modo, se usará este valor para g cuando se realicen cálculos. Para hacer estimaciones rápidas, use $g = 10 \frac{m}{s^2}$.

Si se ignora la resistencia del aire y se supone que la aceleración de caída libre no varía con la altitud en distancias verticales cortas, el movimiento de un objeto en caída libre que se mueve verticalmente es equivalente al movimiento de una partícula bajo la aceleración constante en una dimensión. Debido a eso, se aplican las ecuaciones desarrolladas para objetos que se mueven con aceleración constante. La única modificación que se necesita hacer en estas ecuaciones para los objetos en caída libre es notar que el movimiento es en la dirección vertical (la dirección y) antes que en la dirección horizontal (x) y que la aceleración es hacia abajo y que tienen una magnitud de $9.81 \frac{m}{s^2}$. En consecuencia, siempre se elegirá $a_y = -g = -9.81 \frac{m}{s^2}$, donde el signo negativo significa que la aceleración de un objeto en caída libre es hacia abajo.

$$v = v_o + at \quad [1]$$

$$x = x_o + v_o t + \frac{1}{2} at^2 \quad [2]$$

$$v^2 = v_o^2 + 2a(x - x_o) \quad [3]$$

4.- DESCRIPCION:

Llevar a cabo las mediciones de tiempo del fenómeno de caída libre para objetos en caída con diferentes alturas; los 10 objetos diversos serán sometidos a medición para el cálculo de la variable g , con el apoyo de una cinta métrica para el registro de las alturas utilizadas para el desarrollo de la práctica.

a) Procedimiento Y Duración De La Practica:

La práctica se elabora de forma individual y tendrá una duración de 2 horas. Se procederá por lanzar los diez objetos desde una misma altura, las alturas deberán ser 10 diferentes para cada objeto. Una vez registrado la magnitud de las alturas y los tiempos en golpear los objetos en la superficie plana, se realizarán tablas de datos, las cuales deberán contener todos los datos capturados y realizar graficas de comportamiento para los 10 alturas diferentes.

b) Cálculos Y Reporte:

Realizar el cálculo de la media aritmética para cada una de las diferentes alturas, de tal forma que se estimara el valor aproximado del establecido para la gravedad.

$$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$$

c) Resultados:

Se deberán entregar junto con el reporte de práctica las tablas de datos y las gráficas de comportamiento para la práctica correspondiente.

d) Conclusiones:

En base a los resultados, elaborar el reporte correspondiente y concluir. En esta parte, el estudiante debe expresar el conocimiento adquirido y redactar acerca de su experiencia con el manejo de los tiempos y los valores obtenidos en el desarrollo de la práctica.

5.- EJERCICIO PROPUESTO:

A una piedra que se lanza desde lo alto de un edificio se le da una velocidad inicial de $20.0 \frac{m}{s}$ directo hacia arriba. El edificio tiene 50.0 m de alto y la piedra apenas libra el borde del techo en su camino hacia abajo, como se muestra en la figura.

- A. Use $t_A = 0$ como el tiempo cuando la piedra deja la mano del lanzador en la posición A y

determine el tiempo en que la piedra llega a su altura máxima.

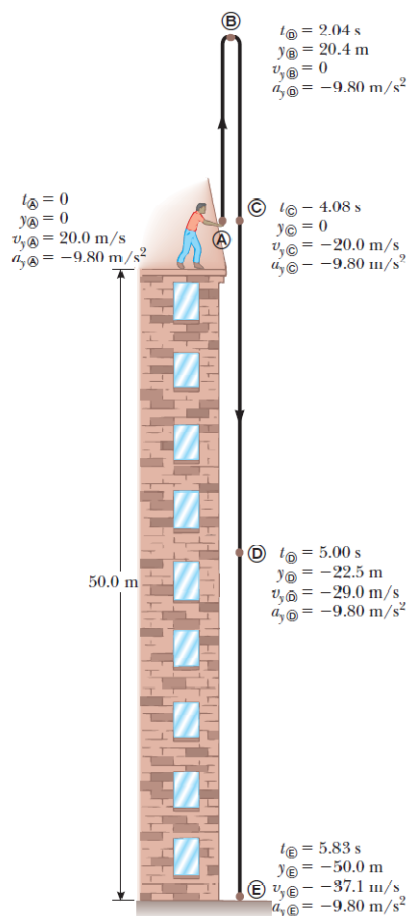
B. Encuentre la altura máxima de la piedra.

REFERENCIAS

[1] Teoría de errores -Incertezas de medición. Gil S. y Rodríguez E. Física re-Creativa. En Internet:
cms.iafe.uba.ar/carmen/docencia/labo_2.pdf

[2] Estadística, Spiegel y Murray, 2da ed., McGraw Hill, Schaum, Madrid (1995). ISBN 84- 7615-562-X.

[3]• A. SERWAY, Raymond y W.JEWET, John. Física. Electricidad y magnetismo. 7a edición.



Práctica 9. Ley de Hooke.

Nombre del alumno.

Universidad Autónoma de Baja California

correo@uabc.edu.mx

RESUMEN: En física, la ley de elasticidad de Hooke o ley de Hooke, originalmente formulada para casos del estiramiento longitudinal, establece que el alargamiento unitario que experimenta un material elástico es directamente proporcional a la fuerza aplicada F ; $\epsilon = \frac{\delta}{L} = \frac{F}{AE}$, siendo δ el alargamiento, L la longitud original, E : módulo de Young, A la sección transversal de la pieza estirada. La ley se aplica a materiales elásticos hasta un límite denominado límite elástico.

PALABRAS CLAVE: Fuerza, longitud, masa, aceleración, fuerza.

1.- INTRODUCCION:

Se denomina fuerza a cualquier acción o influencia capaz de modificar el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo, es decir, de imprimirle una aceleración modificando su velocidad. La expresión matemática de este concepto físico es la siguiente:

$$F = ma$$

Donde:

$$F = \text{fuerza}$$

$$m = \text{masa}$$

$$a = \text{aceleración}$$

2.- OBJETIVO:

El alumno determinara la relación lineal entre la fuerza ejercida sobre un cuerpo y la deformación que este presenta.

3.-TEORIA

La ley de Hooke establece una relación lineal entre la fuerza ejercida sobre un cuerpo elástico y la deformación que éste sufre. Aplicada para El caso de un muelle que se ha desplazado de su posición de equilibrio, (longitud natural $\vec{l}_0$) dicha ley viene dada por la siguiente expresión:

$$\vec{F}_e = -k(\vec{x} - \vec{l}_0) \quad [1]$$

Donde la constante de proporcionalidad K es lo que se conoce como constante de rigidez elástica o recuperadora del muelle.

Es conveniente comentar que esta ley empírica es válida suponiendo que el muelle tiene un comportamiento ideal y que además la separación de la posición de equilibrio del muelle no haya sido muy grande.

3.1 Estado de equilibrio de un muelle en posición vertical sobre el que se ha suspendido un cuerpo de masa m .

Consideremos el sistema de la figura 1. Dado un muelle ideal, de constante elástica K y longitud natural l_0 se encuentra suspendido de un punto fijo O , en presencia del campo gravitatorio terrestre, estando unido su otro extremo a una partícula de masa m . Las fuerzas que actúan sobre la partícula son la fuerza elástica del muelle

$$\vec{F}_e = -k(y - l_0)\vec{j} \text{ y el peso } \vec{P} = mg\vec{j}$$

4.- DESCRIPCION:

Utilizar el equipo de laboratorio PASCO, el cual esta mostrado en el diagrama de montaje 1, se realizara la medición de fuerza necesaria para la deformación de diversos resortes, los resultados obtenidos

deberán ser capturados en tablas, las cuales serán interpretados mediante gráficas



Montaje 1.

- a) La práctica será individual con una duración de 2 horas.
Se procede al montaje del medidor de fuerza con el medidor Xplorer.
Conectar 5 resortes diferentes incluyendo el dinamómetro los cuales serán aportados por los alumnos y el laboratorio.
Se aplica fuerza del extremo contrario al resorte y automáticamente los valores serán capturados por la herramienta Xplorer.
Se registrará la longitud desplazada de cada resorte por cada Newton de fuerza.
- b) Cálculos Y Reporte:
El alumno registrara los datos obtenidos de las diferentes fuerzas aplicadas a los 5 diferentes resortes, con el apoyo de tablas, realizara 5 diferentes graficas las que se incluyen en el reporte de laboratorio.
- c) Resultados:
Se discutirán los valores obtenidos en la deformación de cada resorte, discutiendo

sobre lo observado en la deformación de cada resorte y la fuerza necesario para poder lograrlo.

d) Conclusión:

El alumno deberá discutir la naturaleza de los resultados obtenidos y determinar la importancia en la que el material de un resorte o muelle influye en la deformación por la aplicación de fuerzas. El estudiante deberá expresar el conocimiento adquirido y concluir.

8.- EJERCICIO PROPUESTO:

- A) ¿Cuáles son las variables que en este experimento determinan el concepto de Fuerza?
- B) ¿Cómo es la proporcionalidad de la fuerza debida la restitución del resorte cuando este se somete a deformación con el dinamómetro?
- C) Una vez alcanzado el valor de fuerza en el dinamómetro a los diez centímetros de elongación, desplace el sensor hacia el resorte ¿Cuáles son los resultados? ¿Respecto al concepto de que la fuerza es una magnitud vectorial cómo explicaría los resultados obtenidos?

REFERENCIAS

- [1].- G. Hewitt, Paul. (2004). Física conceptual. México; PEARSON EDUCACION.

Práctica 10 FUERZA CENTRÍPETA.

Nombre del Alumno

Universidad Autónoma de Baja California.

correo@uabc.edu.mx

RESUMEN: Se llama fuerza centrípeta a la fuerza, o al componente de la fuerza que actúa sobre un objeto en movimiento sobre una trayectoria curvilínea, y que está dirigida hacia el centro de curvatura de la trayectoria.

PALABRAS CLAVE: Fuerza, ángulo, radio.

1.-INTRODUCCION:

Toda fuerza dirigida hacia un centro fijo, desde la periferia de una trayectoria circular, se llama fuerza centrípeta. Centrípeta quiere decir “en busca del centro” o “hacia el centro”. La fuerza que siente una persona en un carro del “látigo” de una feria, está dirigida hacia el centro; si de repente cesara de actuar, el ocupante ya no se mantendría en la trayectoria circular.

Si damos vuelta a un objeto atada al extremo de un cordón, vemos que tenemos que seguir tirando del cordón y ejercer una fuerza centrípeta (figura 1). El cordón transmite la fuerza centrípeta, que tira de la lata y la mantiene en trayectoria circular. Las fuerzas gravitacionales y eléctricas pueden producir fuerzas centrípetas. Por ejemplo, la Luna se mantiene en órbita casi circular debido a la fuerza gravitacional dirigida hacia el centro de la Tierra. Los electrones en órbita de los átomos sienten una fuerza eléctrica dirigida hacia el centro de los núcleos.

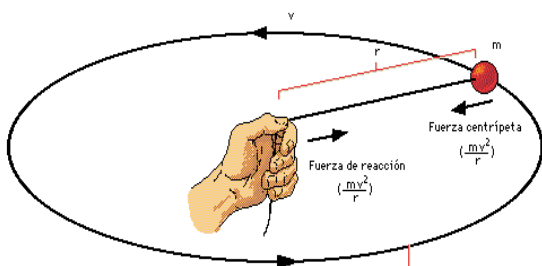


Figura 1. Fuerza centrípeta

La fuerza centrípeta no pertenece a una nueva clase de fuerzas, sino tan solo es el nombre que se le da a cualquier fuerza, sea una tensión de cordón, la gravedad, fuerza eléctrica o lo que sea, que se dirija hacia un centro fijo. Si el movimiento es circular y se ejecuta con rapidez constante, esta fuerza forma un ángulo recto con la trayectoria del objeto en movimiento.

Cuando el automóvil da vuelta en una esquina, la fricción entre los neumáticos y el asfalto proporcionan la fuerza centrípeta que lo mantiene en una trayectoria curva (figura 2). Si esta fricción no es suficientemente grande, el auto no puede tomar la curva y los neumáticos patinan hacia un lado, entonces se dice que el auto derrapa.



Figura 2. Fuerza centrípeta en autos.

La fuerza centrípeta desempeña el papel principal en el funcionamiento de una centrifuga. Un ejemplo conocido es la tina giratoria de una lavadora automática (figura 3). En el ciclo de exprimir gira con gran rapidez y produce una fuerza centrípeta en las prendas mojadas, que se mantienen en

trayectoria circular debido a la pared interna de la tina, la cual ejerce una fuerza sobre el agua que tiene ropa. Entonces el agua escapa. Hablando con propiedad, las prendas son forzadas a apartarse del agua, y no el agua es forzada a separarse de las prendas.

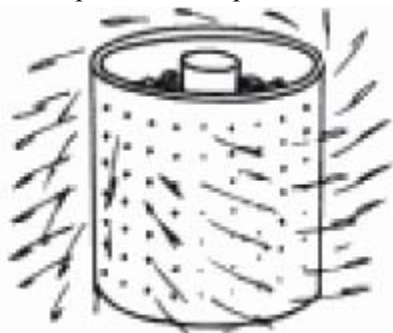


Figura 3. Tina giratoria

2.- OBJETIVO:

El alumno comenzará por familiarizarse con los instrumentos de medición adquiridos recientemente (PASCO), los cuales permitirán al estudiante realizar cálculos y graficas de forma ordenada y precisa.

3.- TEORIA:

Cuando un cuerpo de masa m está obligado a moverse en una trayectoria circular, experimenta una fuerza centrípeta dada por la ecuación:

$$F = \frac{mv^2}{r} = mr\omega^2 \quad [1]$$

Donde v es la velocidad tangencial y ω la velocidad angular ($v = r\omega$). Y despejando de la ecuación 1 la velocidad tangencial queda:

$$v = \sqrt{\frac{rF}{m}} \quad [2]$$

Y para la velocidad angular:

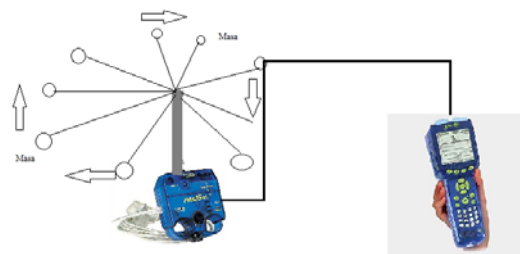
$$\omega = \sqrt{\frac{F}{mr}} \quad [3]$$

4.- DESCRIPCION:

Consiste en medir la velocidad angular y la velocidad tangencial, y para esto hay que conocer nuestra masa que es una ya

conocida, un radio que predeterminen en el laboratorio y la fuerza la indicara nuestro sensor.

a) Se coloca la masa en un extremo de la cuerda y la otra punta se asegura en el ganchito del sensor, anteponiendo el tubo de por medio (este tubo nos facilitara darle vueltas a la masa). Conectamos el sensor al Explorer y arrancamos el corrimiento de la gráfica.



Ahora que tenga el modelo armado, solo haga girar la masa en torno al tubo y analice los resultados.

Repetir el mismo procedimiento 5 veces con diferentes longitudes de cuerda.

b) Cálculos Y Reporte:

El estudiante deberá registrar los valores obtenidos mediante la herramienta Xplorer, la cual proporcionará los datos característicos de la fuerza registrada; elaborar graficas representativas de las diferentes 5 longitudes.

c) Conclusiones:

En base a los resultados, elaborar el reporte correspondiente y concluir. En esta parte, el estudiante debe expresar el conocimiento adquirido y redactar acerca de su experiencia con el manejo de los instrumentos de medición y las unidades de medida.

7.- EJERCICIO PROPUESTO:

Una piedra cuya masa es 400 g está atada al extremo de un cordel de 0,8 m de longitud que da 80 rpm ¿Que fuerza centrípeta ejerce el cordel sobre la piedra?. Si el cordel se rompe cuando experimenta una tensión

superior a 500 Newton. ¿Cuál es el máximo valor posible de la velocidad angular del cordel?

REFERENCIAS

[1] G. Hewitt, Paul. (2004). Física conceptual. México; PEARSON EDUCACION.

Práctica 11. CONSERVACIÓN DEL MOMENTUM EN COLISIONES

Nombre del Alumno

Universidad Autónoma de Baja California.

correo@uabc.edu.mx

RESUMEN: En mecánica newtoniana, se denomina momento de una fuerza (respecto a un punto dado) a una magnitud (pseudo)vectorial, obtenida como producto vectorial del vector de posición del punto de aplicación de la fuerza (con respecto al punto al cual se toma el momento) por el vector fuerza, en ese orden. También se denomina momento dinámico o sencillamente momento.

PALABRAS CLAVE: *Momento, masa, fuerza, velocidad.*

1.- INTORODOCUCCION

Cuando dos partículas colisionan, las fuerzas de colisión pueden variar de una forma compleja, sin embargo, sin importar la complejidad de la dependencia de las fuerzas con el tiempo, estas fuerzas son siempre internas al sistema formado por las dos partículas, considerando un sistema aislado, y por lo tanto el momento lineal se conserva, el Momentum total $\vec{p} = m\vec{v}$ de ambos objetos, se conserva sin importar el tipo de colisión. Una colisión elástica es aquella en que dos objetos rebotan uno contra otro, sin pérdida de energía cinética, así como la cantidad de movimiento. Una colisión totalmente inelástica es aquella en la que dos objetos que colisionan, la energía cinética no se conserva, aunque el momento total del sistema se conserve.

2.- OBJETIVO:

El objetivo de este experimento es explorar cualitativamente la conservación del Momentum en colisiones elásticas e inelásticas.

3.- TEORIA:

Cuando dos objetos se impulsan uno contra otro y no existen fuerzas externas, el momento total de ambos objetos se conserva. Puesto que el sistema esta inicialmente en reposo, el momento final de los objetos debe ser igual en magnitud, pero opuesto en dirección, resulta así que el momento total del sistema es cero.

$$\vec{p} = m_1\vec{v}_1 - m_2\vec{v}_2 = 0$$

Por lo tanto, la razón de las velocidades finales de los objetos, es igual a la razón de las masas de ellos.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

Es conveniente en este experimento, que la ubicación inicial de los objetos en reposo sea tal, que ellos lleguen al final simultáneamente. La velocidad, que es la distancia dividida entre el tiempo empleado por cada uno, es el mismo.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{\Delta x_1}{\Delta t}}{\frac{\Delta x_2}{\Delta t}} = \frac{\Delta x_1}{\Delta x_2}$$

Así la razón de las distancias es igual a la razón de las masas:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

4.- DESCRIPCION:

Consiste en medir la conservación del momento en colisiones en este caso con carros, de igual masa como también de diferente masa, y así identificar el tipo de colisiones.

- En un riel posicionar un carro sobre él para ver si se mueve y hacia qué lado. Ajustar hasta que el carro este en total reposo en el riel.
- Dibuje dos diagramas (uno para el caso anterior a la colisión y otro para el caso posterior a ella), para cada uno de los siguientes casos. En cada diagrama dibuje el vector de cada carro, de una longitud que en forma aproximada represente la velocidad relativa del carro.

1.1 PARTE 1: Colisiones Elásticas

Utilizar carros con igual masa

Orientar los dos carros de modo que los imanes se enfrenten.

- Sitúe un carro en reposo en la mitad del riel. De velocidad inicial dirigida al otro hacia el carro en reposo
- Ubique un carro en cada extremo del riel. De movimiento a cada carro aproximadamente la misma velocidad.
- Ubique ambos carros en un extremo del riel. De movimiento al primer carro una pequeña velocidad y al segundo, una velocidad mayor de modo que el segundo alcance al primero (figura 1).



Figura 1. Carros colocados en extremos

Utilizar carros con masas desiguales.

Ponga dos barras en uno de los carros, así la masa de un carro es aproximadamente el triple (3M) del otro (1M).

- Ubique carro 3M en reposo en la mitad del riel. De movimiento al otro una velocidad inicial en dirección al carro en reposo.

- Sitúe el carro 1M en reposo en la mitad del riel. De movimiento al otro una velocidad inicial en dirección al carro en reposo.
- Ubique un carro en cada extremo del riel. De movimiento a cada carro aproximadamente la misma velocidad.
- Ubique ambos carros en un extremo del riel. De movimiento al primer carro una pequeña velocidad y al segundo, una velocidad mayor de modo que el segundo alcance al primero.
- Realice esto de dos formas: con 1M como primer carro, y después con 3M como primer carro.

1.2 Colisiones totalmente Inelásticas:

Orientar los carros de modo que los Velcro se enfrenten. Asegúrese que el embolo con resorte esté completamente embutido y atascado, de modo que no interfiera en la colisión.

- Repita los mismos procedimientos de la Parte 1.1 para carros de masas iguales y para carros de masas desiguales.

B. Cálculos y Reporte

Para cada uno de los casos anteriores, mida las distancias recorridas desde la posición de partida, hasta el final del riel. Anote el resultado en la tabla 1.

Calcule la razón entre las distancias recorridas y anótelas en la tabla.

Calcule la razón entre las masas y anótelas en la tabla.

C. CONCLUSIONES

D.

En base a los resultados, elaborar el reporte correspondiente y concluir. En esta parte, el estudiante debe expresar el conocimiento adquirido y redactar acerca de su experiencia con el concepto de conservación del momento en diferentes tipos de colisiones.

5.- EJERCICIOS PROPUESTOS

- I. 1) Dos carros de igual masa y velocidad, colisionan, quedan unidos y se detienen.
- II. a) ¿Qué ocurre con el Momentum de cada carro?
- III. b) ¿Se conserva el Momentum?
- IV. 2) Dos carros de igual masa y velocidad, colisionan y rebotan elásticamente. ¿Cuál es el Momentum total final de los carros?

REFERENCIAS

- [1] Serway, Raymond A. (1997) Física, tomo 1, 4ta Edición, McGraw-Hill, Mex.
- [2] Alonso, M. Finn, J.E., (1995) Física, vol 1, Addison-Wesley Iberoamericana, Mex.

ANEXOS

Masa 1	Masa 2	Posición	x_1	x_2	x_1/x_2	m_2/m_1

Practica 12. EFECTO ESTROBOSCÓPICO

Nombre del Alumno

Universidad Autónoma de Baja California.

correo@uabc.edu.mx

RESUMEN: Se llama así, al efecto visual a través del cual, nos parece ver un cuerpo que gira como detenido cuando lo iluminamos con una fuente de luz de rápida acción y que se apaga y enciende a la misma frecuencia que la velocidad de giro del cuerpo. Cuando usamos en el hogar lámparas fluorescentes, que se encienden y apagan de manera casi instantánea al mismo ritmo de la frecuencia de la corriente de la línea, en muchas ocasiones habremos observado el efecto estroboscópico en las aspas de un ventilador, o en las paletas de una mezcladora, cuando estas giran a velocidades próximas a la frecuencia de la línea, nos parece verlas como si giraran lentamente.

PALABRAS CLAVE: ondas, velocidad, frecuencia, luz.

1.- INTRODUCCIÓN

La visión consiste en la percepción de formas, colores, dimensiones, distancias y movimientos de objetos a partir de las ondas luminosas que éstos emiten o reflejan, y que nos permiten distinguirlos. En nuestros ojos, dichas ondas alcanzan unas estructuras especializados, los fotorreceptores de la retina, los cuales, mediante una serie de reacciones químicas, envían impulsos eléctricos al cerebro, el cual los interpreta como imágenes.

El efecto estroboscópico es un efecto óptico que se produce al iluminar mediante destellos, un objeto que se mueve de forma rápida y periódica. Cuando la frecuencia de los destellos se aproxima a la frecuencia de paso del objeto ante el observador, éste lo verá moverse lentamente, hacia adelante o hacia atrás según la frecuencia de los destellos sea, respectivamente, inferior o superior a la del objeto.

En el efecto existe un sincronismo perfecto entre el momento en el cual el cuerpo en rotación se ilumina por un instante, y este instante coincide con la misma posición angular de la rotación, siempre verá la misma zona del cuerpo ubicada en el mismo lugar (figura 1). El resto del movimiento angular no

se percibe porque está a oscuras. Cuando la sincronización entre el instante en que se enciende la luz y la velocidad de rotación del cuerpo no es exacta, lo que se aprecia es un lento giro del cuerpo en una u otra dirección en dependencia de si la luz se adelanta o atrasa en sincronismo.

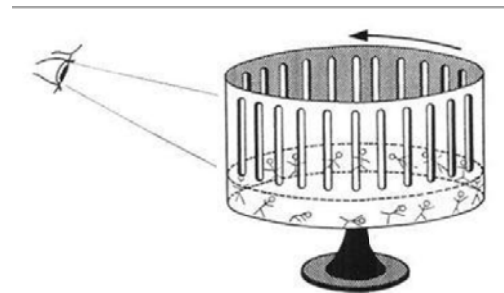


Figure 1 Efecto estroboscópico

2.-OBJETIVO

Observar el efecto estroboscópico, y analizar la relación entre frecuencia de la luz y movimiento de una cuerda ante el ojo humano.

3.- TEORIA

Los efectos estroboscópicos se deben a causas fisiológicas. En efecto, el ojo humano

es tan lento de reflejos que no puede distinguir entre sí dos impulsos luminosos que se hayan sucedido en un corto intervalo de tiempo (de menos de $1/10$ s), y por lo tanto al recibir una serie de ellos a un ritmo de sucesión que sea rápido, los percibe superpuestos como si formaran parte de un movimiento continuado.

El método estroboscópico permite ver en forma periódica un fenómeno. En particular el disco estroboscópico consiste en N ranuras equidistantes separadas por zonas opacas (Figura 2). Si éste se interpone entre el fenómeno de interés y ranuras y se lo hace girar con velocidad constante, veremos el sistema durante intervalos de tiempo Δt , que corresponden al paso de una ranura frente a nuestros ojos, separados en el tiempo por intervalos, T , correspondientes al paso de una zona opaca que obstruye la visión.

El estroboscopio puede ser movido por media de un motor eléctrico con control de velocidad, cuyo movimiento es transmitido mediante una correa, convenientemente ajustada para evitar deslizamientos. Para medir, por ejemplo, las revoluciones de un motor (W_m)³, se realiza una marca en su eje de giro y se hace girar el disco estroboscópico, modificando su velocidad angular w_0 hasta que la marca aparece siempre en el mismo lugar. Esto ocurre para una relación de igualdad o submúltiplo de la velocidad del estroboscopio respecto de la del motor.

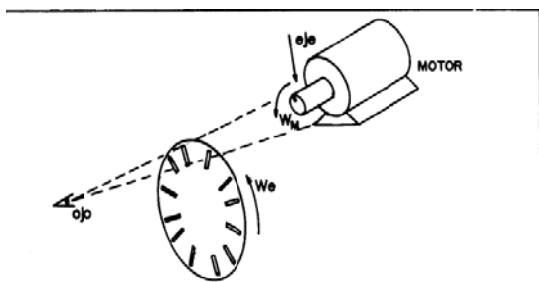


Figura 2: Efecto estroboscópico, que consiste en N ranuras

Consideremos el caso más simple, de un disco estroboscópico con una sola ranura. Sean w_m la velocidad angular de giro del eje del motor y w_e la del estroboscopio. Para poder ver una imagen estacionaria se tiene que:

$$w_n = K w_e$$

Donde el disco estroboscópico debe girar a la misma velocidad que el eje del motor ($k=1$), como tiene N ranuras [1] queda:

$$w_n = N K w_e$$

Durante el intervalo τ el eje del motor realiza un número K de giros, por lo tanto cada vez que lo vemos la marca ocupa el mismo sitio. Si $\tau < \frac{1}{2}s$, las imágenes sucesivas de las marcas se superpondrán en nuestra retina y veremos una sola detenida.

Para que veamos la imagen quieta es necesario que el tiempo Δt durante el cual la ranura pasa frente a nuestros ojos sea pequeño comparado con el tiempo en que la marca avanza una distancia igual a su propio espesor, pues de lo contrario veríamos franjas difusas.

4.- DESCRIPCION

Para el experimento se sujetó un hilo, de forma que se tensará completamente entre dos soportes (véase figura 3), después con un oscilador se generó movimiento en la cuerda. Se procedió a apagar la luz y a activar el estroboscopio para observar los distintos fenómenos ópticos; la frecuencia fue regulada para identificar en cada caso las líneas visibles.

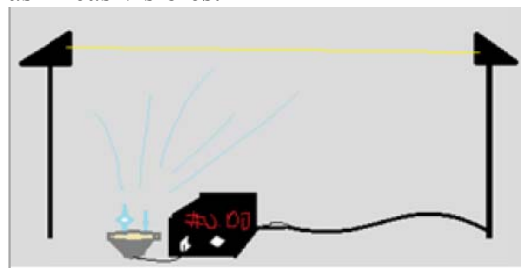


Figura 3: Montaje para el experimento

b) Cálculos Y Reporte

El estudiante deberá registrar el fenómeno óptico, registrando el número de líneas visibles en función de la frecuencia (anexo).

c) Conclusiones

En base a los resultados, elaborar el reporte correspondiente y concluir. En esta parte, el estudiante debe expresar el conocimiento

adquirido y redactar acerca de su experiencia con el concepto de efecto estroboscópico.

REFERENCIAS

[1] Ecured.cu. (2016). Efecto estroboscópico [En línea] Disponible en: https://www.ecured.cu/Efecto_estrobosc%C3%B3pico [Fecha de consulta el 5 de noviembre del 2016].

[2] Anon, (2016). [En línea] Disponible en: http://www.umce.cl/joomlatools-files/docman-files/universidad/revistas/eureka/revistaeureka_04_estroboscopia.pdf [Fecha de consulta el 5 de noviembre del 2016].

[3] Colombo, E. El estroboscopio a ranuras y su valor didáctico. Instituto de Física. Universidad Nacional de Tucuman. Argentina

ANEXOS

Frecuencia de la luz del estroboscopio (Hz)	Líneas visibles como estáticas
60	
120	
180	
240	
300	

Tabla 1

Práctica 13. Oscilaciones en un plano inclinado.

Nombre del Alumno

Universidad Autónoma de Baja California.

correo@uabc.edu.mx

RESUMEN: Se denomina oscilación a una variación, perturbación o fluctuación en el tiempo de un medio o sistema. Si el fenómeno se repite, se habla de oscilación periódica. Oscilación, en física, química e ingeniería es el movimiento repetido de un lado a otro en torno a una posición central, o posición de equilibrio.

PALABRAS CLAVE: Masa, resorte, ángulo.

1.- INTORUCCION:

La oscilación representa el movimiento de un objeto de vaivén de manera de un péndulo, donde la intensidad que se incrementa y disminuye de forma alternativa con cierta regularidad. Cuando un objeto se desplaza de la posición de equilibrio (x), actúa sobre ella una fuerza que es proporcional al desplazamiento x , y de sentido contrario a éste. Por lo que la ecuación es $ma = -kx$, donde k es la constante del resorte. El recorrido de una posición al extremo de la otra y volver, se le conoce como ciclo, el número de ciclos por segundo se conoce como frecuencia de la oscilación que se emplea en el movimiento armónico simple. El cual es un movimiento periódico y vibratorio en usencia de fricción producido por una fuerza recuperadora que es directamente proporcional a la posición, y que queda descrito en función del tiempo por una función senoidal

2.- OBJETIVO:

El objetivo es medir el periodo de oscilación de un sistema masa-resorte sobre un plano inclinado en diferentes ángulos y compararlo con el valor teórico.

3.- TEORIA:

Para una unida a un resorte, tiene un periodo de oscilación dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Donde T es el tiempo para una oscilación completa, m es la masa que está oscilando y k es la constante del resorte.

De acuerdo a la ley de Hook, la fuerza ejercida por el resorte es proporcional a la longitud en el que el resorte es comprimido o estirado

$$F = -kx,$$

donde k es la constante de proporcionalidad y x la elongación. La constante del resorte se puede determinar experimentalmente aplicando fuerzas que provoquen en el resorte diferentes estiramientos. Al graficar fuerza versus estiramiento, la pendiente de la recta que resulta es igual a k .

4.-DESCRIPCION:

(Mediciones para determinar el Periodo Teórico):

- Determine la masa del carro en una balanza. Anote este valor en la tabla 1.
- Ponga el carro en el riel y agregue un resorte usando el orificio que posee el carro en sus extremos. Una el otro extremo del resorte al tope final del riel (figura 1).

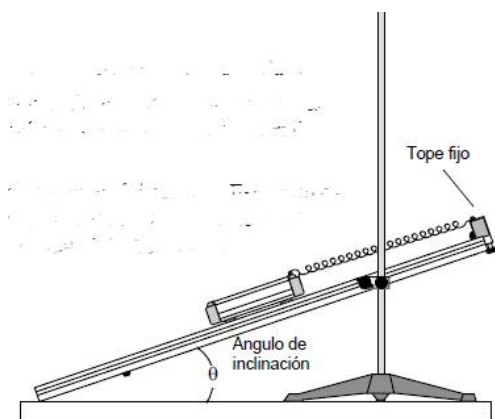


Figura 1. Esquema de experimento

- c) Incline el riel levantando la parte que tiene un extremo del resorte. Esto provocará un estiramiento del resorte. Adecúe el ángulo de inclinación de modo que el resorte no se estire más allá de la mitad del riel. Mida este ángulo u anótelos en la tabla 1.
 - d) Anote la posición de equilibrio en la tabla.
 - e) Agregue masa al carro y anote la nueva posición. Repita para un total de 5 masas diferentes, cuidando de no sobrecargar el resorte.
- 1.1.- Medición del periodo experimental.
- a) Desplace el carro desde la posición de equilibrio hasta cierta distancia y suéltelo. Temporee 3 oscilaciones anotándolas en la tabla 2.
 - b) Repita estas medidas un mínimo de 5 veces, usando siempre el mismo desplazamiento inicial (amplitud).
 - c) Cambie el ángulo de inclinación y repita los pasos anteriores.

B. Cálculos y Reporte

Periodo teórico:

Con los datos de la tabla 1, calcule la fuerza originada por la masa adicional en el carro $F = mg \cdot \sin(q)$ donde (q) es el ángulo de inclinación. Grafique la vs. Desplazamiento. Trace la mejor recta entre

los puntos y determine su pendiente. Esta pendiente es igual a la constante efectiva del resorte, k.

$$K = \underline{\hspace{2cm}}$$

Carro dinámico con pista y accesorios.

- i. Usando la masa del carro y la constante del resorte, calcule el periodo mediante la fórmula teórica.

$$T = \underline{\hspace{2cm}}$$

Periodo experimental:

- a) Con los datos de la tabla 1, calcule el tiempo promedio para 3 oscilaciones.
- b) Calcule el periodo dividiendo por 3 estos tiempos. Anote los periodos en la tabla 2.

Contestar:

1. ¿Varía el periodo al cambiar el ángulo?
2. ¿Cómo son los valores experimentales comparados con los teóricos?
3. ¿Varía la posición de equilibrio si se modifica el ángulo?
4. ¿Cuál sería el periodo si el ángulo fuese de 90° ?

C. Conclusiones

En base a los resultados, elaborar el reporte correspondiente y concluir. En esta parte, el estudiante debe expresar el conocimiento adquirido y redactar acerca de su experiencia con el concepto oscilaciones sobre un plano inclinado.

REFERENCIAS

- [1] Alonso, M. Finn, J. (1995) Física, vol 1, Addison- Wesley Iberoamericana, México.
- [2] Serway, Raymond A. (1997) FÍSICA, tomo 1, cuarta edición, McGraw-Hill, México,

ANEXOS

Posición de equilibrio = _____

Tabla 1 Masa del carro = _____
 Angulo de inclinación = _____

Masa agregada	Posición	Desplazamiento desde el equilibrio	Fuerza ($mg \sin \theta$)

Tabla 1.

Tiempo para 3 oscilaciones

Angulos	Ensayo 1	2	3	4	5	Promedio	Periodo

Tabla 2.

Práctica 14. Resortes es serie y en paralelo

Nombre del Alumno

Universidad Autónoma de Baja California.

correo@uabc.edu.mx

RESUMEN: Se conoce como resorte o muelle a un operador elástico capaz de almacenar energía y desprenderse de ella sin sufrir una deformación permanente cuando cesan las fuerzas o la tensión a las que es sometido, en la mecánica es conocido erróneamente como "la muelle" varían así de la región o cultura

PALABRAS CLAVE: Deformación, longitud, masa, serie, paralelo.

1.- INTRODUCCIÓN:

Los resortes son elementos ampliamente utilizados para la construcción de sistemas dinámicos. Dichos elementos tienen la propiedad de ejercer una fuerza restauradora de naturaleza elástica cuando sufren una deformación relativa entre sus extremos. La fuerza se representa por la ecuación:

$$F = -kx$$

El signo negativo indica que el resorte ejerce una fuerza en dirección contraria a la dirección en que es deformado. la fuerza de un resorte es elástica debido a que tiene un comportamiento lineal. (figura 1)

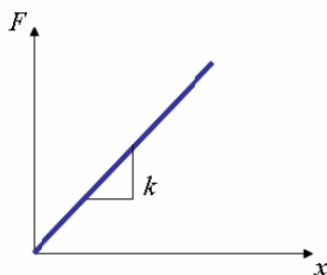


Figura 1: Grafico relación fuerza vs deformación en zona elástica

2.-OBJETIVO:

El objetivo es medir el periodo de oscilación de resortes en serie y en paralelo, y compararlo con el periodo de oscilación de un resorte.

3.-TEORIA:

Para una masa unida a un resorte, el periodo de oscilación teórico está dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Donde T es el tiempo para una oscilación completa, m es la masa que está oscilando y k es la constante del resorte. Si se mide el periodo, la constante del resorte puede determinarse por:

$$k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$$

Cuando se combinan 2 resortes en serie o en paralelo, las constantes de ellos se suman de diferente forma. Una forma posible de sumar las constantes de dos resortes es

$$k_{efectivo} = \frac{1}{k} + \frac{1}{k} = \frac{2}{k}$$

Lo que significa que

$$k_{efectivo} = \frac{1}{2}k$$

Cuando se analiza el efecto de las fuerzas ejercidas por los resortes sobre una o distintas masas en un sistema dinámico se toman en cuenta las siguientes consideraciones, la masa es despreciables, dado que no contribuye significativamente al peso del sistema, y no existe amortiguamiento interno en el resorte.

La fuerza resultante que ejercen los resortes sobre las masas en los sistemas dinámicos

depende de su configuración espacial en dicho sistema. (Figura 2)

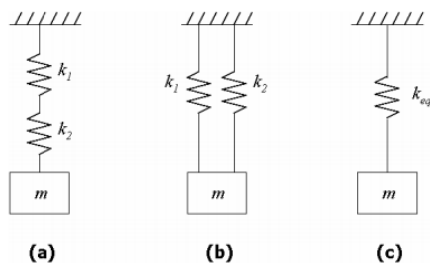


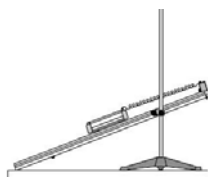
Figura 2. Resorte con una masa, a) en serie, b) paralelo, c) sistema equivalente

4.-DESCRIPCION

(Determinación de k para un resorte):

- Determine la masa del carro en una balanza. Anote este valor en la tabla 1.
- Ponga el carro en el riel y agregue un resorte usando el orificio que posee el carro en sus extremos. Una el otro extremo del resorte al tope del final del riel (figura 3).

Figura 5.1 Montaje del Equipo



Determinación del k efectivo para un par de Resortes

Figura 3. Esquema de experimento

- Incline el riel levantando la parte que tiene un extremo del resorte. Esto provocará un estiramiento del resorte. Adecúe el ángulo de inclinación de modo que el resorte no se estire más allá de la mitad del riel.
- Desplace el carro desde su posición de equilibrio, hasta una distancia dada y libérela. Temporee 2 oscilaciones y anótelas en la tabla 1. Repita esta medida como mínimo 5 veces, usando el mismo desplazamiento inicial (amplitud).
- Determinación del k efectivo para un par de resortes: agregue un segundo resorte

en serie como se muestra en la figura 4 y repita el paso 4.

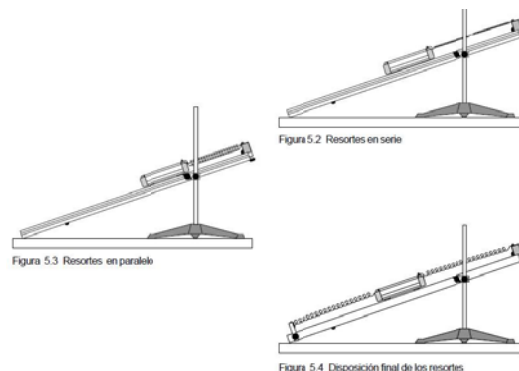


Figura 4. Esquema de unión de resortes

- Ponga los dos resortes en paralelo, según la figura 3, repita el paso 4.
- Disponga los resortes como se muestra en la figura 4, repita el paso 4.

B. Cálculos y Reporte:

- Con los datos de la tabla 1, calcule el tiempo promedio para dos oscilaciones.
- Calcule el periodo dividiendo estos tiempos por 2. Anote los periodos en la tabla 1.
- Usando los periodos y la masa del carro, calcule las constantes efectivas de los resortes.
- Contestar:
 - $k_{\text{efectivo}} = 2k$, ¿es válido para resortes en serie o en paralelo?
 - $k_{\text{efectivo}} = \frac{1}{2}k$, ¿es válido para resortes en serie o en paralelo?
 - La disposición final de los resortes, ¿corresponde a una combinación en serie o en paralelo?

C. CONCLUSIONES

En base a los resultados, elaborar el reporte correspondiente y concluir. En esta parte, el estudiante debe expresar el conocimiento adquirido y redactar acerca de su experiencia con el concepto oscilaciones, resorte en

paralelo y serie, y sobre el cálculo de la constante k de los resortes.

REFERENCIAS

[1] Serway, Raymond A. (1997) FÍSICA, tomo 1, cuarta edición, McGraw-Hill, México

[2] Rico, J. Sistema de Resortes en Serie y paralelo, Determinación de la constante del Resorte equivalente. Universidad de Guanajuato, México.

ANEXOS.

Masa de Carro= _____

Tabla 5.1

Tiempo para 2 oscilaciones

Resorte	Ensayo 1	2	3	4	5	Promedio	Período	k
Uno								
Serie								
Paralela								
Final								

Práctica 15. Segunda ley de Newton

Nombre del Alumno

Universidad Autónoma de Baja California.

correo@uabc.edu.mx

RESUMEN: Las leyes del movimiento de Newton, son tres principios a partir de los cuales se explican la mayor parte de los problemas planteados por la mecánica, en particular, aquellos relativos al movimiento de los cuerpos. Revolucionaron los conceptos básicos de la física y el movimiento de los cuerpos en el universo.

PALABRAS CLAVE: Segunda ley de newton, fuerza.

1.- INTORODUCCION:

La dinámica es la parte de la Mecánica que estudia las relaciones entre las causas que originan los movimientos y las propiedades de los movimientos originados. Las Leyes de Newton constituyen los tres principios básicos que explican el movimiento de los cuerpos, según la mecánica clásica.

2.-OBJETIVO:

El objetivo es mostrar como la aceleración de un objeto se relaciona con la masa y la fuerza.

3.- TEORIA

Cuando sobre un cuerpo actúa una fuerza, cambia su estado de movimiento y que cuanto mayor es la fuerza que se ejerce, mayor será la aceleración del cuerpo. Para un determinado valor de la fuerza, la aceleración que adquiere el cuerpo es inversamente proporcional a su masa. Por lo tanto, se relaciona la fuerza F , la masa m y aceleración a :

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

Esto establece que la aceleración que posee el objeto, es directamente proporcional a la fuerza actuante, e inversamente proporcional a su masa. Si se rescribe la ecuación, tenemos

$$F = ma$$

Esta relación se conoce como una de las formas de la segunda Ley de Newton.

Esto es válida para cuerpos cuya masa sea constante, si la masa varia, se define una magnitud física nueva, que es la cantidad de movimiento que se representa por la letra p

$$p = mv$$

La Fuerza que actúa sobre un cuerpo es igual a la variación temporal de la cantidad de movimiento de dicho cuerpo

$$F = \frac{dp}{dt}$$

De esta forma incluimos también el caso de cuerpos cuya masa no sea constante. Para el caso de que la masa sea constante, recordando la definición de cantidad de movimiento y que como se deriva un producto tenemos

$$F = \frac{d(mv)}{dt} = \frac{mdv}{dt} \rightarrow \frac{dm}{dt}v + m\frac{dv}{dt}$$

Como la masa es constante

$$\frac{dm}{dt} = 0$$

Y se recuerda la definición de aceleración, nos queda:

$$F = ma$$

Expresando la Segunda Ley de Newton usando la cantidad de movimiento es se conoce como Principio de conservación de la cantidad de movimiento. Si la fuerza total que actúa sobre un cuerpo es cero:

$$0 = \frac{dp}{dt}$$

Esto significa que la cantidad de movimiento debe ser constante en el tiempo (la derivada de una constante es cero). Si la fuerza total que actúa sobre un cuerpo es nula, la cantidad de movimiento del cuerpo permanece constante en el tiempo.

Esta ley explica qué ocurre si sobre un cuerpo en movimiento actúa una fuerza neta, la fuerza modificará el estado de movimiento, cambiando la velocidad en módulo o dirección. Consecuentemente, hay relación entre la causa y el efecto, esto es, la fuerza y la aceleración están relacionadas.

En términos matemáticos esta ley se expresa mediante la relación:

$$\overrightarrow{F_{net}} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Donde $\vec{p}$ es la cantidad de movimiento y $\vec{F}$ la fuerza total.

$$\overrightarrow{F_{net}} = \frac{d(m\vec{V})}{dt}$$

Como la masa es constante:

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{a}$$

Aplicando las modificaciones tenemos:

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

4.- DESCRIPCION:

- Nivele el riel ubicando el carro con él observando si se mueve. Ajuste el perno de nivelación ubicado en un extremo del riel; súbalo o bájelo, hasta que el carro permanezca en reposo.
- Para desarrollar cada uno de los siguientes ensayos, comprima el émbolo con resorte y ubique el carro en reposo en un extremo con el émbolo dirigido hacia el tope final. Ahora libere el émbolo golpeando con una regla el

botón del carro. Observe la aceleración resultante. Este es un experimento cualitativo.
FUERZA VARIABLE: realice el primer ensayo con el émbolo comprimido en la primera traba (la menor compresión) y luego haga dos ensayos más, incrementando la fuerza aplicada al carro por incremento de la compresión del resorte al émbolo.

MASA VARIABLE: Para estos ensayos, siempre el resorte del émbolo estará comprimido al máximo. Observe la aceleración relativa del carro vacío y del carro cargado con una barra de masa. Si dispone de masas adicionales, úselas para aumentar la masa en ensayos adicionales.

B. Cálculos y Reporte:

I. ¿Qué ocurre con la aceleración al aumentar la fuerza?

II. ¿Qué ocurre con la aceleración al aumentar la masa?

Contestar:

A partir de los resultados de este experimento, ¿puede Ud. Deducir la ecuación que relaciona la aceleración con la masa y la fuerza?

C. CONCLUSIONES:

En base a los resultados, elaborar el reporte correspondiente y concluir. En esta parte, el estudiante debe expresar el conocimiento adquirido y redactar acerca de su experiencia con la segunda ley de Newton.

REFERENCIAS

- [1] Serway, Raymond A. (1997) FÍSICA, tomo 1, cuarta edición, McGraw-Hill, México,
- [2] Wiliam F. (2005) Ingeniería mecánica: dinámica, Editorial Reverte, S.A.