



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD PEDAGOGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR
INSTITUTO PEDAGÓGICO DE BARQUISIMETO
Dr. "LUIS BELTRÁN PRIETO FIGUEROA"
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES
PROGRAMA DE FÍSICA



**DETERMINACIÓN DE LA RAPIDEZ DE UN PROYECTIL A TRAVÉS DE LA
CINEMÁTICA ROTACIONAL POR MEDIO DE LA PERFORACIÓN
REALIZADA EN DOS DISCOS PARALELOS ROTATORIOS FIJADOS A UN EJE
COMÚN**

Barquisimeto, Marzo 2012



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD PEDAGOGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR
INSTITUTO PEDAGÓGICO DE BARQUISIMETO
Dr. "LUIS BELTRÁN PRIETO FIGUEROA"
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES
PROGRAMA DE FÍSICA



**DETERMINACIÓN DE LA RAPIDEZ DE UN PROYECTIL A TRAVÉS DE LA
CINEMÁTICA ROTACIONAL POR MEDIO DE LA PERFORACIÓN
REALIZADA EN DOS DISCOS PARALELOS ROTATORIOS FIJADOS A UN EJE
COMÚN**

Autores:

Medina, Graciela. C.I: 19.828.881

Mendoza, Karla. C.I: 19.591.331

Zambrano, Wladimir. C.I: 18.526.526

Cátedra: Proyecto Avanzado de Física

Prof. Cruz Díaz

Tutores: Prof. Yomber Montilla

Prof. Lisandro Alvarado

Fecha: Marzo 2012

ÍNDICE

Contenido	Pág
Lista de cuadros.....	4
Resumen.....	5
Introducción.....	6
Fundamentos Teóricos.....	8
Procedimiento y Montaje.....	15
Resultados obtenidos.....	18
Conclusiones.....	20
Recomendaciones.....	21
Referencias.....	22
Anexos.....	23

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1: Diferencia de ángulos en las perforaciones realizadas.

$\Delta\theta_1$	$\Delta\theta_2$	$\Delta\theta_3$
$(26 \pm 0,5)^0$	$(28 \pm 0,5)^0$	$(30 \pm 0,5)^0$

Cuadro N° 2: Ángulo promedio:

$\Delta\theta$
$(28 \pm 0,5)^0$



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD PEDAGOGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR
INSTITUTO PEDAGÓGICO DE BARQUISIMETO
Dr. "LUIS BELTRÁN PRIETO FIGUEROA"
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES
PROGRAMA DE FÍSICA



**DETERMINACIÓN DE LA RAPIDEZ DE UN PROYECTIL A TRAVÉS DE LA
CINEMÁTICA ROTACIONAL POR MEDIO DE LA PERFORACIÓN
REALIZADA EN DOS DISCOS PARALELOS ROTATORIOS FIJADOS A UN EJE
COMÚN**

Autores:

Medina, Graciela. C.I: 19.828.881

Mendoza, Karla. C.I: 19.591.331

Zambrano, Wladimir. C.I: 18.526.526

Cátedra: Proyecto Avanzado de Física

Prof. Cruz Díaz

Tutores: Prof. Yomber Montilla

Prof. Lisandro Alvarado

Fecha: Marzo 2012

RESUMEN

El presente estudio tiene como propósito optimizar el valor de la experimentación como herramienta que permite fomentar la demostración de diversas teorías físicas y observar un sin fin de fenómenos que deseamos estudiar. Para lograrlo, se propone este proyecto que consiste en determinar la rapidez de un proyectil en movimiento mediante un método experimental que consta de dos discos rotatorios de material de fácil adquisición, ubicados paralelamente sobre un eje común a una distancia de separación conocida, y un motor que proporciona un movimiento giratorio al eje común con una velocidad angular conocida, todo esto con la ayuda de las ecuaciones de Cinemática Rotacional que permitirán determinar la rapidez de dicho proyectil, el cual será simulado a través de una pistola de balines y atravesará los discos dejando dos agujeros como guías que servirán para medir el desplazamiento angular ($\Delta\phi$) del proyectil sobre los discos. Este trabajo busca estimular a la comunidad estudiantil a que realicen construcciones alternativas y así trabajar con ellas en aquellos casos donde no se consigan equipos, materiales o herramientas para diversas experiencias de laboratorio donde se necesite la demostración de teorías o simplemente donde se desee experimentar con ellas.

Descriptorios Temáticos: Cinemática Rotacional, Rapidez, Proyectil, Discos, Eje.

INTRODUCCIÓN

El estudio experimental a través de los años ha cobrado un auge significativo en las diversas ramas científicas, especialmente en la Física. Es por ello, la importancia de la recreación de fenómenos a través de la innovación de montajes prácticos que permitan fomentar la investigación cuali – cuantitativa a partir de resultados obtenidos. Por consiguiente, la demostración de las diversas teorías físicas que permitan de una u otra manera apoyar la experimentación como vertiente fundamental de la especialidad.

En este orden de ideas, la cinemática que es la encargada de estudiar las características de cuerpos en movimiento sin tomar en cuenta las causas que producen el mismo, enmarcando la mecánica rotacional y la mecánica lineal es un repecho de la rama de la mecánica dentro de las diversas vertientes de la Física. El estudio experimental no escapa dentro de la realización de algunos montajes que permiten ejecutar cálculos matemáticos, tales que permitan apoyar algún estudio previo sobre temáticas pertinentes a la mecánica rotacional y lineal previamente dichas. Por lo tanto, el interés de tomar ésta vertiente para apoyar una investigación previamente realizada sobre el estudio de movimiento lineal de un proyectil y el rotacional de otros cuerpos que permitan arrojar algunos resultados posteriormente analizados.

Ante los planteamientos anteriormente realizados, es importante estudiar, así como valorar, las diversas aplicaciones de la cinemática en las diversas situaciones de la vida cotidiana. Por un lado, según Gustavo Ramón (S/A) expresa que “la cinemática lineal es la variación de posición que experimenta un cuerpo en el transcurso del tiempo con respecto a un marco de referencia considerado como fijo, siendo este relacionado solo con los tipos lineales o curvilíneos”. Por otro lado, según Chancay F (S/A) expresa que “la cinemática rotacional es el estudio sistemático de un cuerpo en movimiento a través de un eje fijo, es una rotación cuyo centro es común al origen y al destino, es decir, no existe desplazamiento del centro del objeto”.

En consecuencia, son las dos bases fundamentales para la realización de la actividad experimental en el trabajo a presentar, quedando así clara la temática a enfocar en los estudios prácticos.

Hechas las consideraciones anteriores, el presente trabajo de campo realizado enmarca la parte de la cinemática de la Física como base principal en el desarrollo de las actividades contempladas. En este sentido, trata de resolver el enigmático e interesante objetivo principal que es determinar la rapidez de un proyectil a través de la realización de un montaje experimental.

En síntesis, se busca obtener un resultado pertinente para una magnitud de la rapidez previamente investigada, así como tratar de obtener resultados dentro de los parámetros aceptables para la efectiva realización de la investigación, destacando dentro de la monografía las diversas situaciones a favor y en contra para la realización del proyecto experimental.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La rotación se da en todos los niveles, desde el movimiento de electrones en los átomos hasta los movimientos en las galaxias enteras. Los objetos reales pueden ser complicados ya que las fuerzas que actúan sobre ellos pueden deformarlos en ciertas medidas; sin embargo, al tratar con un objeto en rotación, podemos suponer que son objetos rígidos no deformables donde las ubicaciones relativas de todas las partículas de que está compuesto permanecen constantes, siendo un modelo muy útil en situaciones en que la deformación es despreciable.

Al analizar el movimiento rotacional de un cuerpo, pensemos primero en un cuerpo rígido que gira sobre un eje fijo, es decir, un eje que esta en reposo en algún marco de referencia inercial y no cambia de dirección relativa al marco, debemos tomar en cuenta la coordenada angular θ que permite definir la posición angular de un objeto rígido en su movimiento rotacional, esta coordenada puede ser tanto positiva como negativa y debe ser medida no en grados sino en radianes.

Posición angular

La posición angular de un objeto rígido es el ángulo θ entre una línea de referencia sobre el objeto y una línea de referencia fija en el espacio. Tal identificación es similar a la forma en que se define la posición de un objeto en el movimiento traslacional como la distancia x entre el objeto y la posición de referencia que es el origen $x=0$.

Velocidad angular.

Para explicar la velocidad angular tomemos en cuenta un objeto que gira y forma un ángulo θ_1 con el eje x en un instante t_1 , luego en un instante posterior t_2 el ángulo cambio a θ_2 , definimos entonces la velocidad angular promedio como la relación del desplazamiento angular de un objeto rígido al intervalo de tiempo durante el que se presenta el desplazamiento, es decir:

$$\omega = \frac{\theta_f - \theta_i}{t_f - t_i} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

En analogía con la velocidad lineal, la *velocidad angular instantánea* se define como el límite de la rapidez angular promedio conforme Δt tiende a cero. La velocidad angular tiene unidades de radianes por segundo (rad/s) y se considera positiva o negativa dependiendo la dirección en que el cuerpo rígido gire.

Diferentes puntos en un cuerpo rígido en rotación se mueven diferentes distancias en un tiempo dado, dependiendo de la distancia respecto al eje de rotación. Dado que el cuerpo es rígido, todos los puntos giran el mismo ángulo en el mismo tiempo, por lo tanto, en cualquier instante, todas las partes de un cuerpo rígido en rotación tienen la misma velocidad angular.

Aceleración angular.

Cuando una persona pedalea una bicicleta con más fuerzas para hacer que las ruedas giren más rápidamente o aplica los frenos para detener las ruedas, está impartiendo una aceleración angular, por lo que si cambia la velocidad angular de un cuerpo rígido ese cuerpo tiene una *aceleración angular*.

La aceleración angular promedio de un objeto rígido en rotación se define como la relación de cambio en la velocidad angular respecto a un intervalo de tiempo Δt durante el que se presenta el cambio en la velocidad angular, esto es:

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_i}{t_f - t_i} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

En analogía con la aceleración lineal, la *aceleración angular instantánea* se define como el límite de la aceleración angular promedio conforme Δt tiende a cero. La aceleración angular tiene unidades de radianes por segundos al cuadrado (rad/s)².

En un objeto rígido en rotación respecto a un eje fijo, cada partícula sobre el objeto da vueltas a través del mismo ángulo en un intervalo de tiempo determinado y tiene la misma velocidad angular y la misma aceleración angular.

En el movimiento rotacional, si la aceleración angular es positiva aumenta la velocidad angular y si es negativa la velocidad disminuye. Por otra parte, la rotación se está acelerando si la aceleración y la velocidad tienen el mismo signo y frenándose si tienen signos opuestos.

Cinemática rotacional.

Cuando un objeto rígido da vueltas respecto a un eje fijo, con frecuencia se somete a una aceleración angular constante. Por lo tanto, se genera un nuevo modelo de análisis para el movimiento rotacional llamado *objeto rígido bajo aceleración angular constante*. A continuación, sus ecuaciones:

1. $\omega_f = \omega_i + \alpha t$
2. $\theta_f = \theta_i + \omega_i t + \frac{1}{2} \alpha t^2$
3. $\omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\alpha \theta_f - \theta_i$
4. $\theta_f = \theta_i + \frac{1}{2} (\omega_i + \omega_f) t$

Tenga presente que estos resultados son válidos sólo si la aceleración angular es constante

Relación entre la cinemática lineal y angular.

Vale la pena deducir relaciones generales entre la velocidad y aceleración angulares de un cuerpo rígido que gira sobre un eje fijo y la velocidad y aceleración lineales de un punto o partícula específica de un cuerpo.

Cuando un cuerpo rígido gira sobre un eje fijo, todas sus partículas se mueven en trayectoria circular. El círculo yace en un plano perpendicular al eje y está centrado en el eje. La rapidez de una partícula es directamente proporcional a la velocidad angular del cuerpo; cuanto más rápidamente gira el cuerpo, mayor es la rapidez de cada partícula.

Por otro lado, la velocidad tangencial de un punto sobre un objeto rígido en rotación es igual a la distancia perpendicular de dicho punto desde el eje de rotación, multiplicada por la velocidad angular, es decir:

$$v = r\omega$$

En consecuencia, aunque cada punto sobre el objeto rígido tiene la misma velocidad angular, no todo punto tiene la misma velocidad tangencial porque r no es el mismo para todos los puntos sobre el objeto. La ecuación antes descrita nos muestra que la velocidad tangencial de un punto sobre un objeto en rotación aumenta a medida que uno se mueve, alejándose del centro de rotación.

Por otro lado, la aceleración angular de un objeto rígido en rotación se puede relacionar con la aceleración tangencial de la siguiente manera:

$$a_t = r\alpha$$

Es decir, la componente tangencial de la aceleración traslacional de un punto sobre un objeto rígido en rotación es igual a la distancia perpendicular del punto desde el eje de rotación, multiplicada por la aceleración angular.

En este orden de ideas, estudios anteriores nos muestran que aquellos puntos que se mueven en trayectorias circulares se someten a una aceleración radial dirigida hacia el centro de rotación y definida por: $a_r = \frac{v^2}{r}$. Pero, ya que la rapidez tangencial para cualquier punto en un objeto de rotación es $v = r\omega$, tendremos que la aceleración centrípeta en dicho punto se puede expresar en términos de rapidez angular como:

$$a_r = \frac{v^2}{r} = r\omega^2$$

Esto se cumple en todo instante aún si ω y α no son constantes. Es importante acotar que la componente centrípeta siempre apunta hacia el eje de rotación.

Energía en el movimiento rotacional.

Un cuerpo rígido en rotación es una masa en movimiento, así que tiene energía cinética asociada con el movimiento. Podemos expresar esta energía en términos de la velocidad angular del cuerpo y una nueva cantidad llamada momento de inercia que definiremos a continuación.

Consideremos un objeto que está formado por un gran número de partículas y suponga que da vueltas en torno a un eje fijo con una rapidez angular determinada. Estas partículas, de masas m_1, m_2, \dots , están ubicadas a distancias r_1, r_2, \dots , del eje de rotación y si la masa de la i -ésima partícula es m_i y su rapidez tangencial es v_i , su energía cinética es:

$$K_i = \frac{1}{2} m_i v_i^2$$

Pero como ya sabemos, la rapidez tangencial v_i de la i -ésima partícula está dada por la distancia r_i de dicho punto desde el eje de rotación multiplicada por la rapidez angular ω del cuerpo que es la misma para cada partícula, tenemos que:

$$K_i = \frac{1}{2} m_i r_i^2 \omega^2$$

La energía cinética total del objeto rígido en rotación es la suma de las energías cinéticas de las partículas individuales y escribe como:

$$K = \sum_i K_i = \sum_i \frac{1}{2} m_i r_i^2 \omega^2 = \frac{1}{2} \sum_i m_i r_i^2 \omega^2 = \frac{1}{2} \left(\sum_i m_i r_i^2 \right) \omega^2$$

Esta expresión se simplifica al definir la cantidad entre paréntesis como el *momento de inercia* I :

$$I = \sum_i m_i r_i^2$$

Con esta notación, la ecuación de la energía cinética total del objeto rígido en rotación se convierte en:

$$K = \frac{1}{2}I\omega^2$$

Aunque comúnmente esta expresión se refiere a *energía cinética rotacional*, no es una forma nueva de energía, es la suma de las energías cinéticas de las partículas que constituyen el cuerpo rígido escritas en una forma compacta y conveniente en términos del momento de inercia. En términos físicos, ésta ecuación expresa una medida de resistencia de un objeto a cambios en su movimiento rotacional, por lo que cuanto mayor es el momento de inercia de un cuerpo, más difícil es ponerlo a girar si está en reposo y más difícil es detener su rotación si ya está girando, además de ser mayor la energía cinética del cuerpo rígido que gira con una velocidad angular constante dada. Es por esta razón que a I también se le denomina *inercia rotacional*.

Cálculos de momentos de inercia.

Si un cuerpo rígido no puede representarse con unas cuantas masas puntuales por ser una distribución continua de masa, la sumatoria de masas y distancias que define el momento de inercia anteriormente se vuelve una integral.

Imagine que el cuerpo se divide en pequeños elementos de masa dm de modo que todos los puntos de un elemento estén prácticamente a la misma distancia perpendicular del eje de rotación, llamemos a esta distancia r como antes, el momento de inercia es entonces:

$$I = \int r^2 dm$$

Por lo general, es más fácil calcular momentos de inercia en términos del volumen de los elementos en lugar de su masa, este cambio se puede hacer utilizando $\rho = m/V$, donde ρ es la densidad del objeto y V su volumen.

De esta ecuación, la masa de un pequeño elemento es $dm = \rho dV$ y al sustituir en el momento de inercia descrito anteriormente obtenemos que:

$$I = \int r^2 \rho dV$$

Si el objeto es homogéneo, ρ es constante y la integral se puede evaluar para una geometría conocida, si por el contrario no es constante, se debe conocer su variación con la posición para completar la integración.

En conclusión, se puede decir que la *posición angular* de un objeto rígido se define como el ángulo θ entre una línea de referencia unida al objeto y una línea de referencia fija en el espacio.

El *desplazamiento angular* de una partícula en una trayectoria circular o un objeto rígido girando en torno a un eje fijo es $\Delta\theta = \theta_f - \theta_i$.

La *rapidez angular instantánea* de una partícula móvil en una trayectoria circular o de un objeto rígido girando en torno a un eje fijo es $\omega = d\theta/dt$.

La *aceleración angular instantánea* de una partícula móvil en una trayectoria circular o de un objeto rígido girando en torno a un eje fijo es $\alpha = d\omega/dt$. Es importante acotar que cuando un objeto rígido da vueltas en torno a un eje fijo, cada parte del objeto tiene la misma rapidez angular y la misma aceleración angular.

El *momento de inercia de un sistema de partículas* se define como $I = \sum_i m_i r_i^2$, donde m_i es la masa de la i -ésima partícula y r_i es su distancia desde el eje de rotación.

Si un objeto rígido da vueltas en torno a un eje fijo con rapidez angular ω , su *energía cinética rotacional* se puede escribir como $K = \frac{1}{2} I \omega^2$.

El *momento de inercia de un objeto rígido* es $I = \int r^2 dm$.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales utilizados:

- 1 motor eléctrico de 7000 rev/min.
- 1 barra metálica de centro lisa y roscada en las puntas.
- 2 discos de madera.
- 2 papel polar ampliado (tamaño del disco).
- 4 arandelas.
- 4 tuercas.
- 3 rodamientos.
- 1 polea.
- 1 correa dentada.
- 4 descansos de goma.
- 1 pistola de aire o Flower.
- Balines norica calibre 5.5 mm.
- Soporte para el dispositivo.

Método empleado:

Por medio de métodos experimentales en los cuales se realizan cálculos para determinar la rapidez de un proyectil, se procedió a fabricar el equipo que proporcionará dicha rapidez de la siguiente manera:

Sobre una base cuadrada de madera colocar con clavos dos parales del mismo material de forma rectangular, los cuales servirán de soporte al sistema de barra y rodamientos. Seguidamente, en la parte superior de los parales abrir un orificio de modo tal que se puedan colocar los rodamientos; a través de estos rodamientos hacer pasar la barra metálica de centro lisa y roscadas en los extremos, es de acotar que en la barra entre los dos parales colocar la polea.

Para la fijación de los discos de maderas en cada extremo de la barra metálica colocar una tuerca y una arandela, introducir la parte hueca central del disco en dicha barra y luego colocar una arandela y una tuerca, presionar lo suficiente para que quede fijo dicho disco sin deteriorarlo.

En cada disco colocar una copia ampliada del papel polar los cuales servirán de referencia para la medición de la variación de los ángulos. En el disco tomar un referencial desde un punto del perímetro del mismo, alinearlos de modo tal que quede en un mismo punto referencial en relación con el otro disco.

Para el montaje del motor realizar una caja de madera que servirá de apoyo al motor y colocarla sobre el cuadrado de madera base. Luego, fijar en la caja de madera el motor de 7000 rpm, seguidamente, desde un extremo del motor colocar la liga dentada que también irá sujeta a la polea colocada en la barra metálica.

Finalmente, alinear la pistola de aire o flower cargada con los balines norica de 5mm con los dos puntos referenciales previamente alineados de los discos de maderas, enchufar, prender el motor y realizar pruebas de ensayo.

Terminado el equipo que proporcionará la rapidez del proyectil, se inician los ensayos correspondientes para conocer ésta rapidez, para ello se realizaron tres (3) disparos al disco con el papel polar y se tomaron las respectivas mediciones.

Pruebas de ensayo – error:

Es importante destacar que durante la realización de la actividad experimental sucedieron una serie de eventos, tales que influían en el buen rendimiento del prototipo. Debido a esto se produjeron diversos cambios en el montaje que se realizaban con el objetivo de disminuir los errores experimentales presentados.

En tal sentido, describiremos las situaciones en las cuales se debió modificar el prototipo original. En primer lugar, se realizó el ensayo con unos discos de acetato donde se pudo observar que afectaba tanto el rendimiento del motor como la rapidez lineal del proyectil debido a que en el impacto éste pierde energía, es por esto que se decide cambiar estos discos por un disco hueco de madera. En segundo lugar, cuando se realizó el siguiente

ensayo se observó que la vibración del prototipo completo era considerable hasta el punto que se llegaba a desplazar, para ello se le cambio el eje principal que era completamente roscado y se le colocó uno liso con roscas en los extremos así como también se le colocó cuatro descansos de goma para disminuir dicha vibración.

Finalmente, con estos cambios en las pruebas de ensayo y error se llego a un punto donde se mejoró considerablemente la realización de las mediciones.

RESULTADOS OBTENIDOS

Para una distancia pequeña entre el lanza proyectil y los discos se tiene que la bala se mueve con rapidez constante, en el cual su movimiento se rige por la siguiente ecuación:

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} \quad \text{Ecuación 1}$$

Como los discos se mueven con una rapidez angular constante se tiene que:

$$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \quad \text{Ecuación 2}$$

El tiempo que tarda la bala en atravesar los dos discos que están separados a una distancia d es igual al tiempo que tarda la proyección de los puntos de perforación en recorrer una distancia angular $\Delta \theta$. Despejando a Δt de la ecuación 1 y 2 se tiene:

$$\Delta t = \frac{\Delta d}{v} \quad y \quad \Delta t = \frac{\Delta \theta}{\omega}$$

Igualando ambas expresiones tenemos:

$$\frac{\Delta d}{v} = \frac{\Delta \theta}{\omega}$$

Despejando a v se tiene que:

$$v = \frac{\omega \Delta d}{\Delta \theta}$$

Diseño experimental:

Distancia entre los discos: $\Delta d = 0,47 \pm 0,1 \text{ m}$

Velocidad angular de los discos: $\omega = 5000 \pm 1 \text{ rev/min}$

Diferencia de ángulo de las perforaciones realizadas: Se realizó tres impactos de bala sobre dos discos rotatorios el cual arrojaron los siguientes resultados experimentales:

$$\Delta\theta_1 = (26 \pm 0,5)^\circ ; \Delta\theta_2 = (28 \pm 0,5)^\circ ; \Delta\theta_3 = (30 \pm 0,5)^\circ$$

$$\Delta\theta = (28 \pm 0,5)^\circ$$

Conversión de unidades de los datos obtenidos:

$$\omega = 5000 \pm 1000 \frac{\text{rev}}{\text{min}} = \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} 5000 \pm 1000 \frac{\text{rev}}{\text{min}} = \frac{250}{3} \pm 1000 \text{ rev/seg}$$

$$\Delta\theta = (28 \pm 0,5)^\circ = \frac{1 \text{ rev}}{360^\circ} 28 \pm 0,5^\circ = \frac{7}{90} \pm 0,5 \text{ rev}$$

Calculando la rapidez del proyectil:

$$v = \frac{\omega \Delta d}{\Delta\theta} = \frac{\frac{250}{3} \text{ rev/seg} \cdot 0,47 \text{ m}}{\frac{7}{90} \text{ rev}}$$

$$v = 503,6 \text{ m/s}$$

CONCLUSIONES

A menudo, las experiencias prácticas en las ciencias, son tomadas como actividades únicamente de laboratorio, donde la realización de las mismas deben ser empleadas por los estudiantes de éstas ciencias bajo guías previamente elaboradas y con uso exclusivo de materiales que se encuentran a disposición solo en laboratorios, plenamente dotados con equipos sofisticados que permitan la realización de los montajes prácticos al pie de la letra, como se especifica en las guías. Sin embargo, cuando estos laboratorios no cuentan con los suficientes equipos, materiales o herramientas para las prácticas deben surgir ideas innovadoras por los estudiantes para elaborar proyectos que permitan la construcción de experimentos con materiales accesibles.

Es por esto que la construcción de experimentos científicos, por parte de los estudiantes de ciencias como forma de proyecto durante sus carreras, representa una herramienta que beneficia tanto la realización de actividades prácticas en laboratorios poco dotados como la capacidad de ingenio de para elaborar proyectos experimentales con materiales accesibles, pero que ilustren las teorías científicas y reflejen los fenómenos que se desean experimentar.

Por tal motivo, surge ésta propuesta que, siguiendo los lineamientos y sugerencias de los tutores, busca rescatar esta actividad. Para cumplir con el proyecto de medición se construye el dispositivo que permitirá medir la rapidez de un proyectil, utilizando ecuaciones de la mecánica rotacional, actividad que beneficiaría todo el programa de Física de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador “Instituto Luis Beltrán Prieto Figueroa”.

El valor de la experimentación como herramienta efectiva en la enseñanza de la Física es por todas conocida y de hecho existen universidades de reconocido liderazgo que han acumulado una gran experiencia en esta área, es por ello, que se desea erradicar del laboratorio todas estas excusas y presentar una herramienta que permita el desarrollo de una serie de actividades didácticas relacionadas, que redunde en establecer una relación inequívoca entre los contenidos de la mecánica y específicamente la rotacional.

RECOMENDACIONES

En cuanto al diseño experimental, para futuras mejoras del proyecto, se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones.

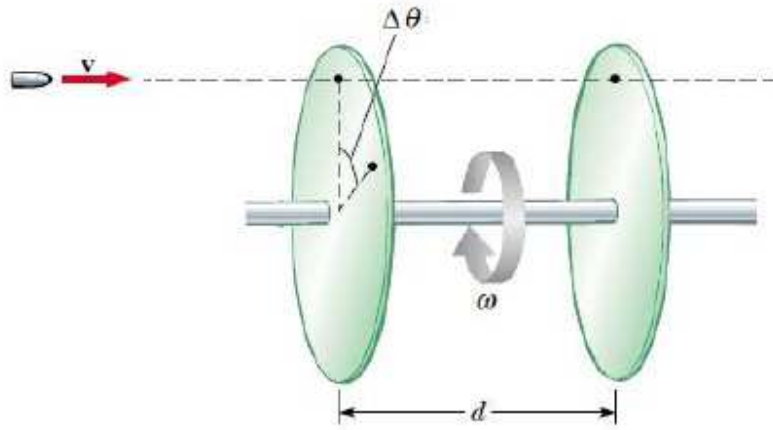
- Para evitar las vibraciones en los discos, estos deben ser balanceados mediante métodos mecánicos.
- Se debe incluir dentro del montaje el armamento que proporcione el disparo del proyectil fijado a una base.
- El armamento puede contener una luz láser indicando la dirección del proyectil que debe ser exactamente perpendicular en los dos discos.
- Utilizar un tacómetro que proporcione una apreciación lo menor posible.

REFERENCIAS

Sears, Y. y Zemansky, F. (Comp.). *Física Universitaria (11va. ed.) Volumen 1. Edit. Pearson.*

Serway, R. y Jewett, J. (Comp.). (2005). *Física para ciencias e ingenierías. (7ma. ed.) Volumen I. Edit. CENGAGE.*

ANEXOS



Prototipo del Diseño Experimental



Montaje terminado

Los integrantes del proyecto con ambas modificaciones realizadas al prototipo original





Pruebas de ensayo y error con los discos de acetato



Midiendo la distancia entre los discos

Alineación del Flower con respecto a los discos





Apreciación de la diferencia de ángulos a través de un láser en las pruebas de ensayo – error



Segundo cambio del montaje con los discos huecos de madera

Segunda prueba de ensayo y error



Revoluciones medidas con un tacómetro a la que giraba la barra

