



Pontificia Universidad Católica de Chile

Física Experimental I
FIZ0611

Guía de prácticas del laboratorio

Mecánica

Los experimentos

1. Caída libre, Análisis de errores y Viscosidad
2. Colisiones
3. Oscilaciones
4. Inercia rotacional
5. Flexión mecánica
6. Ondas de gravedad y Trayectoria parabólica
7. Tensión superficial
8. Giróscopo
9. Péndulo de torsión



Caída libre, Análisis de errores y Viscosidad

Objetivo

Estudiar la cinemática de un cuerpo rígido en caída libre y realizar la estimación de la viscosidad de dos fluidos.

Fundamento teórico

Un objeto en caída libre es aquel que se mueve únicamente bajo la influencia de la fuerza de gravedad. Las ecuaciones de posición y velocidad en un campo gravitacional homogéneo estarán descritas de la siguiente manera:

$$y(t) = y_i + v_i t + \frac{1}{2} g t^2, \quad (1)$$

$$y(t) = v_i t + g t, \quad (2)$$

donde g es la aceleración de la gravedad.

Al estudiar la caída de objetos, se percibe que el efecto del roce es significativo, en especial en objetos con mayor relación “área superficial/masa” o en medios de mayor viscosidad, y por lo tanto no siempre se puede despreciar. En los casos donde el cuerpo se desplaza en un fluido es necesario tomar en cuenta la fuerza de empuje

$$F_{Empuje} = \rho_F V_c g, \quad (3)$$

y la fuerza de roce, en el caso particular del roce producido por un fluido laminar está dada por

$$F_{Roce} = b v. \quad (4)$$

Teniendo en cuenta todas las fuerzas que actuarán sobre el cuerpo (peso, empuje y fuerza de roce), se tiene

$$m a = m g - F_{Empuje} - F_{Roce}. \quad (5)$$

Después de cierto tiempo el cuerpo alcanza una velocidad constante ($a=0$) y se puede obtener de la fórmula anterior la constante b .

En el caso particular que el cuerpo sea una esfera y el número de Reynolds correspondiente (r es el radio de la esfera y v es la velocidad de la esfera)

$$Re = \frac{\rho_f v r}{\eta}. \quad (6)$$

sea menor que 1, la fuerza de roce está dada por la ley de Stokes

$$F_{Roce} = 6\pi\eta r v. \quad (7)$$

Equipamiento

- Esfera metálica D=15 mm.
- Electro-imán.
- Fuente de poder.
- Pinza.
- Nuez.
- Cables.
- Soporte (altura de 2,5 m).
- Aceites.
- Esfera metálica D=5 mm.
- Probeta 500 ml.
- Balanza.
- Termómetro.
- Pie de metro.
- Barra con soporte para esfera.
- Huincha para medir.

Procedimiento

Experimento 1: Caída libre y análisis de errores

Utilizando un soporte de 2,5 m, un electroimán el cual debe ser alimentado con un voltaje entre 3 y 5 V, un cronómetro y una esfera metálica se quiere realizar el estudio de un cuerpo en caída libre, utilizando el siguiente montaje:

Se desea que se tomen al menos 10 mediciones y que se realice con una altura mínima de 2,1 m. Utilice el cronómetro para medir el tiempo en que el cuerpo se desplaza. Las mediciones (alturas, tiempos, etc.) deben ser tabuladas para estimar el valor de la aceleración de gravedad con análisis de errores. Utilice la barra con soporte de esfera para colocar la esfera metálica en el electroimán.

Experimento 2: Viscosidad

Utilizando el método de Stokes se quiere estimar las viscosidades de dos aceites lubricantes de motor diferentes para la temperatura que presenten los mismos. Se desea que se tomen 10 mediciones (radios de las esferas, masas de las esferas, tiempos, temperaturas, etc.). Tomando en cuenta que las esferas utilizadas en esta experiencia poseen una masa muy pequeña, para obtener este valor se tomaran al menos 10 esferas y se colocaran en las balanzas juntas, asumiendo que todas son iguales. Las esferas deben soltarse en el centro de probeta para evitar que la esfera choque con las paredes de la misma. El tiempo debe ser medido cuando la esfera se desplaza a velocidad constante,

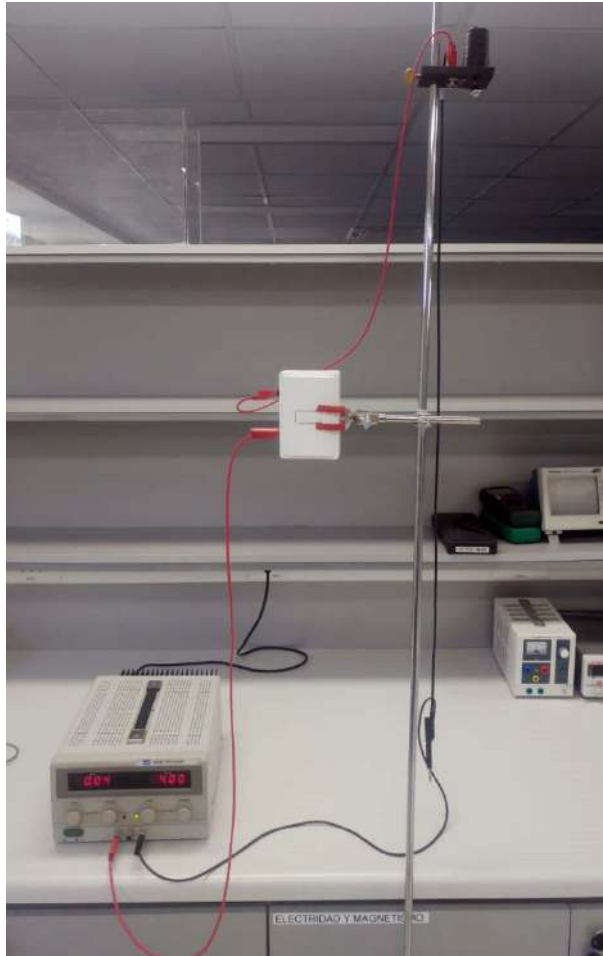


Figura 1: Montaje para estudio de caída libre

se recomienda realizar una marca en la probeta para así conocer la distancia que recorre el cuerpo con dicha velocidad. Las mediciones deben ser tabuladas para ser analizadas posteriormente, sin análisis de errores (sin valores de referencia). Las densidades de los aceites son aproximadamente 865 kg m^{-3} .

Preguntas

1. Para que el flujo en un tubo sea laminar el número de Reynolds correspondiente debe ser menor a 2000. Para que el flujo que rodea una esfera que desplaza en un fluido sea laminar el número de Reynolds correspondiente debe ser menor a 1. ¿Por qué estos dos límites de los dos números de Reynolds son tan diferentes?



Figura 2: Montaje para estudio de viscosidad

2. Está bien conocido que el método de Stokes no funciona con agua o aceites vegetales. Explique por qué.

Bibliografía

1. D.Halliday y R. Resnick, Física, Editorial Continental, México.
2. F. Sears y M. Zemansky, Física, Editorial Aguilar.
3. B. Lautrup, Physics of Continuous Matter: Exotic and Everyday Phenomena in the Macroscopic World, página 271
4. Hay manuales en la página web: <http://fisica.uc.cl/Laboratorios/manuales.html>



Colisiones

Objetivo

Estudiar la dinámica de colisiones elásticas e inelásticas en una dimensión.

Fundamento teórico

En una colisión intervienen dos o más objetos que ejercen fuerzas entre ellos. Cuando los objetos entran en contacto, interaccionan intensamente por un breve intervalo de tiempo.

Para el caso particular de la colisión en una dimensión, utilizando el eje cartesiano x como referencia, el momento lineal y la energía mecánica están dados por

$$p_x = mv_x, \quad (1)$$

$$E_{Total} = E_{Cin} + E_{Pot}, \quad (2)$$

E_{pot} incluye la energía potencial gravitatoria y la energía potencial asociada a la deformación elástica. Las colisiones se clasifican en elásticas o inelásticas, donde una colisión elástica se caracteriza por una deformación del cuerpo seguido por la restitución durante la colisión, terminando ambos cuerpos separados y sin deformaciones permanentes, para este tipo de colisión la energía cinética permanece igual antes y después de la colisión. La colisión inelástica se caracteriza por la deformación permanente de los cuerpos. En este tipo de colisión no hay conservación de energía cinética. En cualquier tipo de colisión se cumple la ley de conservación de momento. Según esta ley, en un sistema en el que no actúa ninguna fuerza externa, el momento lineal se conserva.

$$p_{1i} + p_{2i} = p_{1f} + p_{2f} = cte. \quad (3)$$

Por otra parte, para caracterizar la elasticidad de una colisión entre dos cuerpos se define un coeficiente de restitución como

$$e = \frac{v_{2f} - v_{1f}}{v_{1i} - v_{2i}} \quad (4)$$

Este coeficiente varía en 0 y 1, siendo 1 el valor para un choque perfectamente elástico y 0 para uno perfectamente inelástico.

Equipamiento

- 2 Fococeldas.
- 2 Regletas.
- 2 Carritos con resorte.
- 2 Nueces.
- 1 Riel.
- 2 Carritos con imán.
- 2 Soporte para fotocelda.
- 2 Contadores.

Procedimiento

Experimento: Colisiones elásticas e inelásticas

Para realizar el montaje coloque las fotoceldas al costado del riel, para la sujeción de las fotoceldas con sus soportes será necesario el uso de las nueces, conecte cada una de las fotoceldas a uno de los contadores, asegúrese de nivelar el riel. Coloque una regleta en cada uno de los carros y asegúrese que las fotoceldas detecten la franja más corta. Para este experimento se considerarán dos casos uno elástico (carritos con imán y/o resorte) y uno inelástico (carritos con velcro), se desea que se realicen 10 mediciones para cada uno de estos casos para estimar los coeficientes de restitución y comprobar la valides de las leyes mencionadas en el fundamento teórico. Todos los cálculos deben presentar los análisis de errores.

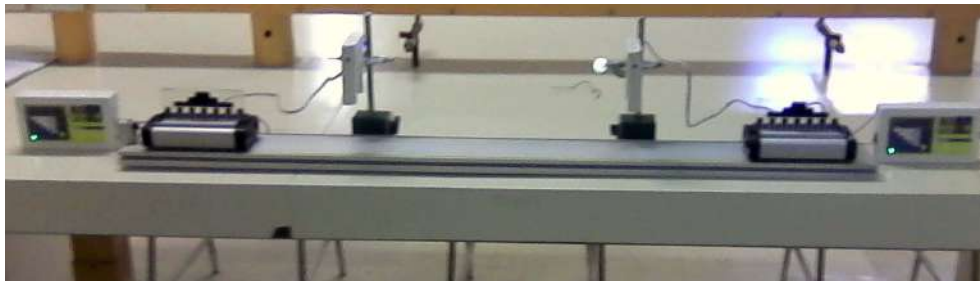


Figura 1: Montaje para estudio de colisiones

Para el uso del contador se debe estar en modo intervalo, de no estar en este modo presione el botón “Mode” hasta que el led se muestre encendido, antes de realizar la colisión se debe presionar el botón “A” en cada uno de los contadores, este equipo guardara la primera medición para poder observar el valor presione el botón “Memory”.

Preguntas

1. Investigue en la literatura (libros, papers, internet) la relación entre la parte de la energía cinética que se transforma en otra forma de energía (energía de deformación y calor) en un choque inelástico y el coeficiente de restitución.

Bibliografía

1. D.Halliday y R. Resnick, Física, Editorial Continental, México.

2. F. Sears y M. Zemansky, Física, Editorial Aguilar.
3. Hay manuales en la página web: <http://fisica.uc.cl/Laboratorios/manuales.html>



Oscilaciones

Objetivo

Estudiar el movimiento de objetos que experimentan movimiento oscilatorio armónico.

Fundamento teórico

Al hacer oscilar una masa verticalmente, esta sigue un movimiento en torno a un punto de equilibrio ($a_y=0$). En este punto se iguala la fuerza restauradora del resorte y la fuerza del peso. Esto se puede modelar como

$$ma_y = mg - ky, \quad (1)$$

siendo y la distancia medida desde el punto de equilibrio ($y=0$) hasta la posición de la masa y k la constante del resorte.

En la ecuación anterior se está utilizando la ley de Hooke, la cual relaciona el estiramiento con la fuerza de restauración que esta ejerce:

$$F_{Restauradora} = -ky, \quad (2)$$

se puede observar que la fuerza restauradora se opone a los desplazamientos del cuerpo en cuestión.

La ecuación diferencial que describe el movimiento de la masa de un oscilador libre está dada por

$$m\ddot{y} + ky = 0, \quad (3)$$

siendo la solución de la ecuación diferencial es la siguiente

$$y(t) = A \cos(\omega_o t + \varphi_{ini}), \quad (4)$$

donde A es la amplitud de la oscilación y φ_{ini} es la fase inicial. La frecuencia angular y el periodo están dados por

$$\omega_o = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad (5)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega_o}. \quad (6)$$

La ecuación diferencial que describe el movimiento de la masa de un oscilador con amortiguamiento débil ($b^2 - 4km < 0$) está dada por

$$m\ddot{y} + b\dot{y} + ky = 0, \quad (7)$$

siendo b un coeficiente que mide el amortiguamiento.

La solución de la ecuación diferencial es la siguiente

$$y(t) = Ae^{-\gamma t} \cos(\omega t + \varphi_{ini}), \quad (8)$$

donde $e^{-\gamma t}$ recibe el nombre de “decremento de la amplitud” y su logaritmo natural γt recibe el nombre de “decremento logarítmico”. La frecuencia angular se relaciona con la frecuencia angular del oscilador libre en la siguiente manera

$$\omega = \sqrt{\omega_o^2 - \gamma^2}. \quad (9)$$

Equipamiento

- 3 Resortes con constantes elásticas diferentes.
- 1 Nuez.
- 1 Acrílico cilíndrico.
- 1 Pinza.
- 1 Balanza.
- 1 Soporte.
- 1 Kit de masas.
- 1 Plumon.

Procedimiento

Experimento 1: Movimiento oscilatorio sin amortiguación (libre)

Para realizar el montaje utilizaremos el soporte, la nuez y la pinza con los cuales se armará una estructura que servirá para sostener el resorte y las masas como se muestra a continuación:

Luego de realizar este montaje, debe pesar las masas (con el gancho) que se colocaran en el resorte. Deberá medir el tiempo que dura en oscilar al menos 10 veces la masa, con el fin de obtener el periodo y poder estimar el valor de k de cada resorte. Este procedimiento se deberá repetir 10 veces para el análisis de errores.



Figura 1: Montaje para movimiento oscilatorio sin amortiguación

Experimento 2: Movimiento oscilatorio con amortiguación débil)

Para realizar el montaje utilizaremos la estructura del experimento 1, los cambios para desarrollar esta experiencia son las siguientes: en el kit de masas se debe retirar la base del gancho donde se colocan las masas, utilice scotch alrededor de la vara del gancho para producir un tope para las masas y llenar el acrílico con agua suficiente para obtener algo como lo siguiente:



Figura 2: Montaje para movimiento oscilatorio con amortiguación débil

Como se muestra en la imagen anterior las masas no deben estar en contacto con el agua en ningún momento de las oscilaciones, por lo tanto, lo único que presentará una amortiguación será la vara del gancho.

Luego de realizar este montaje, debe pesar las masas (con el gancho) que se colocaran en el resorte. Para este experimento utilice solo uno de los resortes que tiene a su disposición. Deberá medir el tiempo que dura en oscilar al menos 10 veces la masa, con el fin de obtener el periodo. Este procedimiento se deberá repetir 10 veces para el análisis de errores.

Compare la frecuencias angular del oscilador libre del primer experimento con la obtenida y estime γ .

Utilice la siguiente ecuación

$$\frac{A(t)}{A(t+nT)} = e^{\gamma nT}, \quad (10)$$

donde $A(t)$ es la amplitud instantánea y n es el número de oscilaciones. Deberá medir las amplitudes $A(t)$ y $A(t+nT)$ siendo n al menos 10, con el fin de obtener γ sin el conocimiento de ω_o . Este procedimiento se deberá repetir 10 veces para el análisis de errores.

Preguntas

1. La amplitud de un oscilador con amortiguamiento débil en el tiempo $t = 0$ está dada por $A(0) = c$. Determine la amplitud del oscilador después de 10 periodos en función de c , T , ω y ω_o .

Bibliografía

1. D.Halliday y R. Resnick, Física, Editorial Continental, México.
2. F. Sears y M. Zemansky, Física, Editorial Aguilar.
3. Hay manuales en la página web: <http://fisica.uc.cl/Laboratorios/manuales.html>



Inercia rotacional

Objetivo

Estudiar la inercia de cuerpos conocidos y demostrar el teorema de Steiner.

Fundamento teórico

La inercia es la propiedad de la materia de resistir a cualquier cambio en su movimiento, ya sea en dirección o velocidad. Esta propiedad se describe claramente en la Primera Ley del Movimiento de Newton lo cual dice: “Un objeto en reposo tiende a permanecer en reposo, y un objeto en movimiento tiende a continuar moviéndose en línea recta, a no ser que actúe sobre ellos una fuerza externa”.

Cualquier cuerpo rígido que efectúa un giro alrededor de un eje, desarrolla inercia a la rotación, es decir, una resistencia a cambiar su velocidad de rotación y la dirección de su eje de giro. La inercia de un objeto a la rotación está determinada por su momento de inercia

$$I = \int r^2 dm, \quad (1)$$

siendo ésta la resistencia que un cuerpo en rotación opone al cambio de su velocidad de giro. Siendo r el modulo del vector que inicia en el eje de giro y apunta a cada uno de los diferenciales de masa dm del cuerpo.

El teorema de Steiner establece que el momento de inercia I_{eje} de un cuerpo rígido con respecto a cualquier eje paralelo a un eje que pasa por el centro de masa, es igual al momento de inercia I_{CM} con respecto al eje que pasa por el centro de masa de un cuerpo, más el producto de la masa del cuerpo por el cuadrado de la distancia entre los dos ejes:

$$I_{eje} = I_{CM} + mr^2. \quad (2)$$

Equipamiento

- | | | |
|------------------------------|--|-----------------------|
| ▪ Equipo de torsión. | inercia (esfera, cilindro macizo, cilindro hueco y disco). | ▪ Dinamómetro de 10N. |
| ▪ Barra de sección circular. | | ▪ Soporte universal. |
| ▪ Cuerpo para estudio de | ▪ Cronómetro. | ▪ Barra plana. |

- Prensa.
- Transportador.
- Balanza.

Procedimiento

Experimento 1: Momento de inercia

Primero es necesario estimar la constante de torsión angular del fleje C para esto se debe proceder de la siguiente manera, colocamos la barra de sección circular en el equipo de eje de torsión, luego con el dinamómetro perpendicular a la barra y a una distancia r del eje de giro aplicamos una fuerza hasta que la barra gire 180° . Utilizando las siguientes ecuaciones obtendremos el torque y la constante del fleje.

$$\tau = Fr, \quad \vec{F} \perp \vec{r} \quad (3)$$

siendo F la fuerza que se obtiene de la lectura del dinamómetro y r la distancia entre el eje de giro y el punto donde se aplica la fuerza.

$$C = \frac{\tau}{\alpha}, \quad (4)$$

donde α es el ángulo de giro de la barra. Realizar este procedimiento con un valor de r de 10, 15 y 20 cm.

Ahora seleccione dos de los cuatro cuerpos (esfera, disco, cilindro macizo y cilindro hueco) a los cuales se puede realizar el estudio de inercia, para este equipo se le recomienda medir el tiempo de 10 oscilaciones para obtener el valor del periodo de la oscilación del fleje y no hacer girar más de 180° el cuerpo de estudio. Utilice la siguiente ecuación para obtener el momento de inercia de los diferentes cuerpos

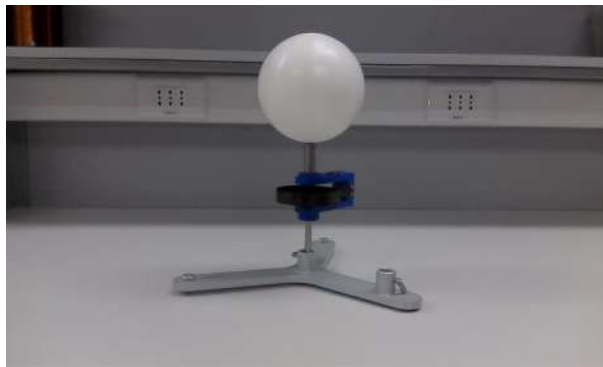


Figura 1: Equipo para determinación de inercia

$$I = C \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2. \quad (5)$$

Deberá repetir este procedimiento dos veces con cada cuerpo elegido y realizar los estudios de errores.

Experimento 2: Péndulo físico demostración del teorema de Steiner

Utilizaremos el soporte universal, la nuez y la barra plana para armar un péndulo físico. Colocaremos la barra plana en el soporte y la haremos oscilar con un ángulo no mayor de 15° , deberá medir el periodo de oscilación de la barra y mediante la siguiente ecuación calcular su momento de inercia con respecto al eje de rotación que se está utilizando

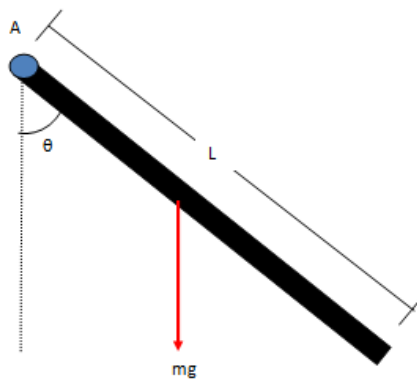


Figura 2: Diagrama de péndulo físico

$$I = mgh \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2, \quad (6)$$

siendo h la distancia entre el centro de masa de la barra y el eje de rotación.

Realice este procedimiento dos veces utilizando los dos agujeros de la barra y con los valores obtenidos compruebe si el teorema de Steiner se cumple.

Preguntas

1. ¿Cuáles son las variables que influyen en el momento de inercia de un cuerpo?
2. Una masa puntual se mueve con la velocidad $\vec{v} = (2, -1, 3) \frac{m}{s}$. El vector posición que describe la posición de la masa puntual con respecto al eje de rotación está dado por $\vec{r} = (1, 4, 2)m$. Calcule la velocidad angular de la masa puntual.

Bibliografía

1. D.Halliday y R. Resnick, Física, Editorial Continental, México.
2. F. Sears y M. Zemansky, Física, Editorial Aguilar.
3. Hay manuales en la página web: <http://fisica.uc.cl/Laboratorios/manuales.html>



Flexión mecánica

Objetivo

Estimar la constante de elasticidad de un material y comprobar que el comportamiento del material cumple con su curva elástica teórica.

Fundamento teórico

Se define el módulo de elasticidad E de un material como la relación entre la tensión longitudinal σ que se le aplica y la deformación longitudinal unitaria ϵ que experimenta.

Si una varilla elástica de longitud L se apoya en sus extremos y se le aplica en su punto medio una fuerza F , se deformará como indica la Fig. 1.

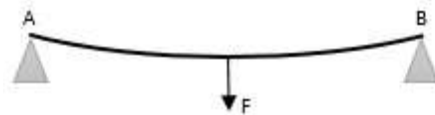


Figura 1: Deformación de una varilla elástica soportada en sus dos extremos

El mecanismo interno es el siguiente: las fibras del material que quedan más arriba se comprimen y las que quedan más abajo se estiran. Entre unas y otras hay una capa (la capa neutra) que no se deforma longitudinalmente. Si la sección de la varilla es simétrica, la capa neutra es la parte central a lo largo de la varilla.

La ecuación que modela la deformación debido a la fuerza en el punto medio de una varilla de sección circular, en valor absoluto, es

$$w_{max} = \frac{mgL^3}{48EI}, \quad (1)$$

donde L es la longitud de la barra entre los soportes, E el módulo de elasticidad y I el momento de sección transversal que está dado por

$$I = \frac{\pi d^4}{64}, \quad (2)$$

siendo d el diámetro de la varilla.

Para el caso donde la varilla solo se sujeta de un extremo, el propio peso de la varilla constituye una carga distribuida sobre ella que produce una deformación adicional en la Fig.2

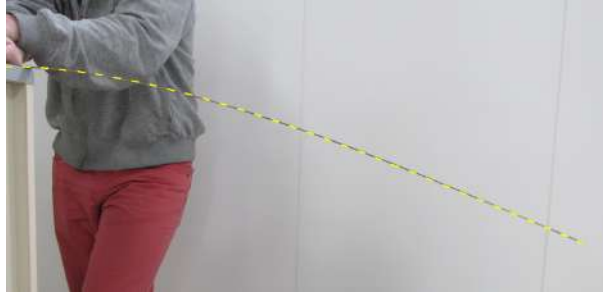


Figura 2: Deformación de varilla con un extremo fijo, comparación con curva teórica

La ecuación que modela el desplazamiento máximo en un extremo debida a esta tensión es la siguiente

$$w_{max} = \frac{mgL^3}{8EI_y} \quad (3)$$

con

$$I_y = \frac{bh^3}{12}. \quad (4)$$

Equipamiento

- 2 Varillas de sección circular.
- 4 Nueces.
- Kit de masas de 2 kg.
- Varilla plana.
- Extensómetros de aguja.
- Camara.
- 2 Soportes universales.
- Soporte para extensores de aguja.
- Computador.

Procedimiento

Experimento 1: Estimación de módulo de elasticidad

Para esta experiencia es necesario realizar el siguiente montaje:

La varilla debe estar libre para así cumplir con las condiciones para el experimento. Ahora utilizando el kit de masas realice variaciones de aproximadamente 0,5 kg y tome la lectura del extensor de aguja, con el fin de calcular el módulo de elasticidad del aluminio, también se desea que se realice un gráfico de m en función w_{max} y se realice una regresión lineal con el software Scilab.



Figura 3: Montaje para la estimación del módulo de elasticidad

Experimento 2: Comparación de deformación con curva teórica

Para este experimento observe la figura 2, coloque un extremo de la varilla plana en el mesón y sujétela, observe la deformación que se produce por su propio peso y tome fotos de la misma. Con el programa LabPlot compare la curva teórica con la deformación que se observa en las fotos antes realizadas.

$$w(x) \propto \left[\left(\frac{x}{L} \right)^4 - 4 \left(\frac{x}{L} \right)^3 + 6 \left(\frac{x}{L} \right)^2 \right]. \quad (5)$$

Preguntas

1. ¿Cómo se define el módulo de elasticidad (módulo de Young)? Y describa las variables que se encuentran involucradas en el comportamiento del mismo.
2. Escriba la ecuación diferencial de la curva elástica simplificada y describa las variables involucradas.

Bibliografía

1. R.C. Hibbeler, Mecánica de Materiales, Editorial Pearson Educación, México.
2. D.Halliday y R. Resnick, Física, Editorial Continental, México.
3. F. Sears y M. Zemansky, Física, Editorial Aguilar.
4. Hay manuales en la página web: <http://fisica.uc.cl/Laboratorios/manuales.html>



Ondas de gravedad y Trayectoria parabólica

Objetivo

Comparar el comportamiento del movimiento parabólico generado por el agua con la curva teórica y comprobar las ondas de gravedad generadas en el tanque cumplen con la curva teórica.

Fundamento teórico

La superficie libre de un líquido en equilibrio sometido a la gravedad y a la tensión superficial es plana y horizontal. Si la superficie del fluido se aparta de su posición de equilibrio en algún punto, por efecto de una perturbación cualquiera, (el viento etc), se origina un movimiento en el líquido. Este movimiento se propaga sobre toda la superficie en forma de ondas, llamadas ondas superficiales. Estas ondas afectan también el interior del fluido, pero con menos intensidad a mayores profundidades.

Los efectos de la tensión superficial son importantes sólo si la longitud de onda es muy corta. Si la longitud de onda es lo suficientemente grande (varios centímetros si el líquido es agua), la fuerza de restitución se debe sólo a la gravedad y tenemos entonces las ondas denominadas ondas de gravedad. Estas ondas se pueden expresar por las siguientes ecuaciones paramétricas

$$x(t) = r \cos(\omega t) + ct, \quad (1)$$

$$y(t) = r \sin(\omega t), \quad (2)$$

siendo r el radio de la circunferencia que se desplaza por la superficie del líquido, siendo c la velocidad de fase para las ondas de gravedad, ω la frecuencia angular y t el tiempo. La aceleración angular y velocidad de fase están dadas por

$$w = \frac{g}{c}, \quad (3)$$

$$c = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}, \quad (4)$$

siendo λ la longitud de onda.

El movimiento parabólico resulta de la composición de un movimiento rectilíneo uniforme y un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado de lanzamiento hacia arriba o hacia abajo. Las ecuaciones que describen el desplazamiento de este tipo de movimiento son las siguientes

$$x(t) = x_o + v_x t, \quad (5)$$

$$y(t) = y_o + v_y t + \frac{1}{2} a_y t^2. \quad (6)$$

Equipamiento

- Tanque de ondas de gravedad.
- Cámara.
- Soporte universal.
- Pinza.
- Cilindro de acrílico.
- 2 Soportes universales.
- 2 Nueces.
- Lamina de metal.
- Computador.

Procedimiento

Experimento 1: Ondas de gravedad

Encienda el tanque conectando ambos cargadores, luego varíe el potenciómetro para variar la frecuencia hasta obtener las ondas de gravedad deseada, deberá tomar fotos de esto para luego realizar la comparación con la curva teórica en el software Labplot. Recuerde que la cámara debe estar bien sujeta al soporte universal y se debe realizar el enfoque de la cámara para cada foto.

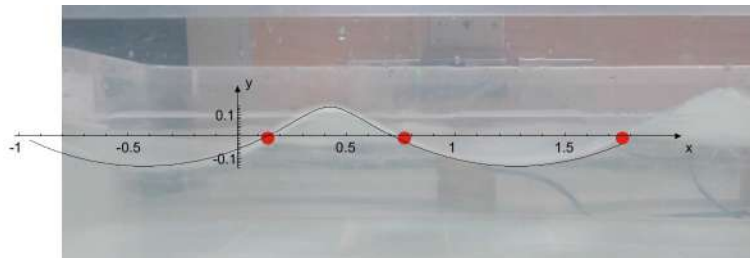


Figura 1: Onda de gravedad: Comparación con la curva teórica.

Experimento 2: Trayectoria parabólica

Utilice el papel milimetrado para marcar diferentes puntos de la curva y toma fotos de la curva que genera el agua, luego de esto deberá graficar estos puntos y realizar un ajuste cuadrático con el software Scilab obteniendo la curva teórica para comparar con las fotos antes tomadas con el software Labplot.

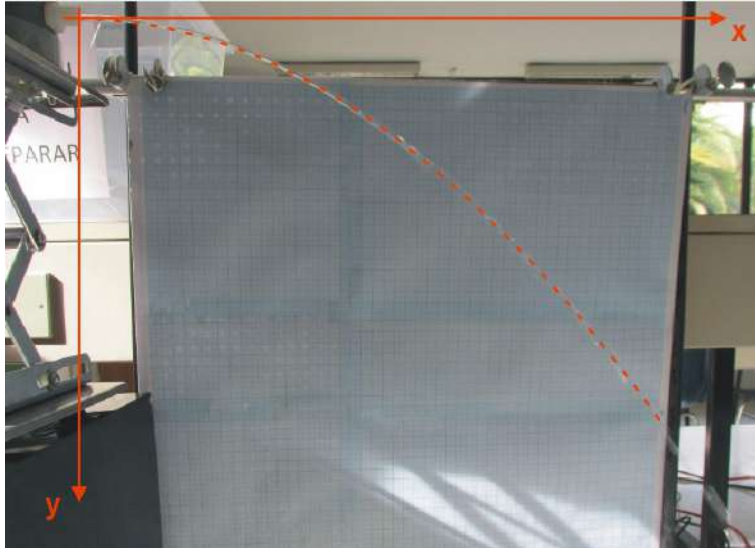


Figura 2: Trayectoria parabólica: Comparación con la curva teórica.

Preguntas

1. Ondas de gravedad: ¿Por qué aparece un término “ $+ct$ ” en la ecuación para $x(t)$ en vez de “ $-ct$ ”?

Bibliografía

1. D.Halliday y R. Resnick, Física, Editorial Continental, México.
2. F. Sears y M. Zemansky, Física, Editorial Aguilar.
3. Hay manuales en la página web: <http://fisica.uc.cl/Laboratorios/manuales.html>



Tensión superficial

Objetivo

Determinar la tensión superficial del agua y determinación del ángulo de contacto en equilibrio.

Fundamento teórico

Cuando hay una superficie, las moléculas que están justo debajo de la superficie sienten fuerzas hacia los lados, horizontalmente, y hacia abajo, pero no hacia arriba, porque no hay moléculas encima de la superficie. El resultado es que las moléculas que se encuentran en la superficie son atraídas hacia el interior de éste. Para algunos efectos, esta película de moléculas superficiales se comporta en forma similar a una membrana elástica, esto es conocido como tensión superficial, la cual se representa a través de la siguiente ecuación

$$\gamma = \frac{\Delta E}{\Delta A} = \frac{F \Delta x}{2L \Delta x} = \frac{F}{2L}, \quad (1)$$

donde F es la fuerza que hace la superficie y L la longitud del borde de la superficie.

Las fuerzas que se encuentran involucradas en la tensión superficial son: adhesión y la cohesión.

La adhesión es la propiedad de la materia por la cual se unen y plasman dos superficies de sustancias iguales o diferentes cuando entran en contacto, y se mantienen juntas por fuerzas intermoleculares.

Es la atracción entre moléculas que mantiene unidas las partículas de una sustancia. La cohesión es diferente de la adhesión; la cohesión es la fuerza de atracción entre partículas adyacentes dentro de un mismo cuerpo, mientras que la adhesión es la interacción entre las superficies de distintos cuerpos.

En el agua la fuerza de cohesión es elevada por causa de los puentes de hidrogeno que mantienen las moléculas de agua fuertemente unidas, formando una estructura compacta que la convierte en un líquido casi incompresible.

Uno de los fenómenos que se puede apreciar por el efecto de la tensión superficial es el menisco que es la curvatura de la superficie de un líquido que se produce en respuesta a la superficie de su recipiente. Esta curvatura puede ser cóncava o convexa.

Otro enfoque para la determinación de la tensión superficial, está dado por la observación del ángulo de contacto de equilibrio, al utilizar la ecuación de Young

$$\gamma_{SG} = \gamma_{SL} + \gamma_{LG} \cos(\Theta_c), \quad (2)$$

donde γ_{SV} es la tensión superficial sólido-gas, γ_{SL} es la tensión superficial sólido-líquido y Θ_c ángulo de contacto de equilibrio.

Equipamiento

- Lamina de acrílico.
- Cámara.
- Computador.
- Anillo metalico.
- Envase de vidrio.
- Soporte Universal.
- 2 Nuez para dinamómetro.
- Dinamometro de 0,1 N.
- Plataforma.
- Cera.

Procedimiento

Experimento 1: Determinación de la tensión superficial del agua a través del método del anillo de Du Noüy.

Realice el montaje que se muestra a continuación



Figura 1: Montaje experimental.

Aumente la altura del envase de vidrio utilizando la plataforma hasta que el anillo se encuentre sumergido en el agua, luego disminuya la altura hasta que una fina capa de agua mantenga el anillo en contacto con el agua. Con la lectura del dinamómetro y radio del anillo, utilice la siguiente fórmula para determinar la tensión superficial del agua

$$F_{Total} = F_{PesoAnillo} + 4\pi r \gamma_{LG} f \quad (3)$$

El factor de corrección f esta compuesto por el peso del líquido, el cambio de la superficie y el ángulo de contacto y este tiene un valor de 0,7116. Realice el mismo procedimiento con el agua a temperatura ambiente y luego a 80 °C . Realice los respectivos cálculos de errores.

Experimento 2: Determinación de la tensión superficial del agua a través de la ecuación de Young

Coloque una gota de agua sobre la lámina de acrílico y tome una foto de la misma para observar el ángulo de contacto de equilibrio, para esto deberá realizar la determinación del ángulo como muestra la figura 2.

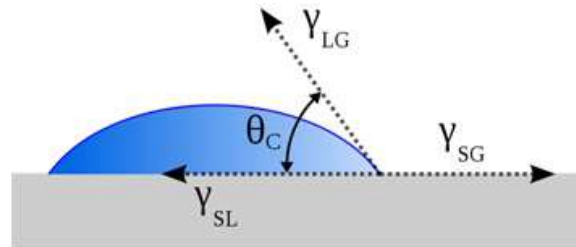


Figura 2: Gota de un líquido sobre una superficie plana

Realice el procedimiento anterior en la superficie de cera y realice el estudio cualitativo de lo observado en ambos casos.

Bibliografía

1. D.Halliday y R. Resnick, Física, Editorial Continental, México.
2. F. Sears y M. Zemansky, Física, Editorial Aguilar.
3. Hay manuales en la página web: <http://fisica.uc.cl/Laboratorios/manuales.html>



Giróscopo

Objetivo

Determinar la precesión y la nutación del giróscopo.

Fundamento teórico

Cuando la trayectoria de un objeto es una curva, en cada uno de sus puntos se define su velocidad lineal v como un vector tangente, en ese punto, a dicha trayectoria. Esta velocidad lineal v , es el cociente entre el arco recorrido (espacio) y el tiempo empleado

$$\vec{v} = \frac{d\vec{s}}{dt}. \quad (1)$$

Así mismo, la velocidad angular es una medida de la velocidad de rotación y corresponde al cociente entre el ángulo descrito y el tiempo empleado en describirlo.

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\alpha}}{dt}. \quad (2)$$

Cuando se ejerce una fuerza sobre un cuerpo rígido y se modifica su movimiento de rotación, el origen de este cambio se conoce como torque.

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}. \quad (3)$$

Ahora utilizando los conceptos antes mencionados para el estudio de un giróscopo inicialmente balanceado en posición horizontal, $\Theta = \frac{\pi}{2}$, se le aplica un torque al colgar una masa m en el extremo de su eje horizontal, a una distancia d de su eje vertical. Al girar el disco con una velocidad angular $\omega_{||}$, y debido al torque aplicado, el giróscopo se desplaza con una velocidad angular Ω_p .

El modulo del torque producido por una masa ($\Theta = \frac{\pi}{2}$) está dado por

$$\tau = dm g = \frac{dL}{dt}. \quad (4)$$

Donde L es el momento angular del disco. Los diferenciales de dL y $d\varphi$ se relacionan como:

$$\frac{dL}{dt} = L \frac{d\varphi}{dt}. \quad (5)$$

Nota: $\vec{d\alpha} \neq d\vec{\alpha}$ debido a que los angulos en un espacio tridimensional no son vectores, porque no cumplen con lo siguiente: $\vec{\alpha}_1 + \vec{\alpha}_2 = \vec{\alpha}_2 + \vec{\alpha}_1$

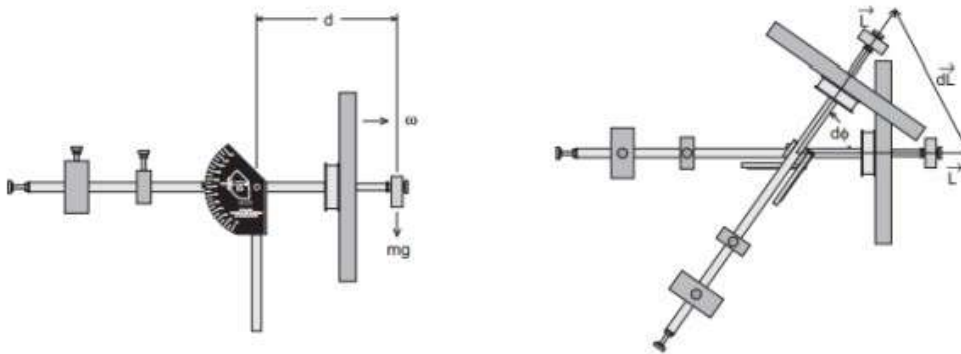


Figura 1: Esquema representativo del gir6scopo.

Se define la frecuencia angular de precesi3n como

$$\Omega_p = \frac{d\varphi}{dt}. \quad (6)$$

Aproximadamente se tiene que:

$$L = I_{||}\omega_{||}, \quad (7)$$

as3, obtenemos la siguiente ecuaci3n para la frecuencia angular de la precesi3n

$$\Omega_p = \frac{mgd}{I_{||}\omega_{||}}. \quad (8)$$

En este sistema tambi3n se puede estudiar la frecuencia angular de la nutaci3n. En este caso no hay un torque externo que act3a continuamente sobre el sistema sino un peque1o choque inicial produce una situaci3n donde el sistema gira en sus tres ejes principales.

Utilizando las ecuaciones de Euler se obtiene la siguiente ecuaci3n, solo v3lida para c3rculos de nutaci3n con radio peque1o.

$$\Omega_N \approx \frac{I_{||}}{I_{\perp}}\omega_{||}. \quad (9)$$

Equipamiento

- Giróscopo.
- Hilo.
- 2 Cronómetros.
- Polea.
- Soporte universal.
- Nuez.
- Huincha de medir.

Procedimiento

Experimento 1: Determinación de variables para calculo teórico

Equilibre el giróscopo utilizando los contrapesos hasta que este se encuentre a $\Theta = \frac{\pi}{2}$ y realice el siguiente montaje para obtener el momento de inercia del disco $I_{||}$.

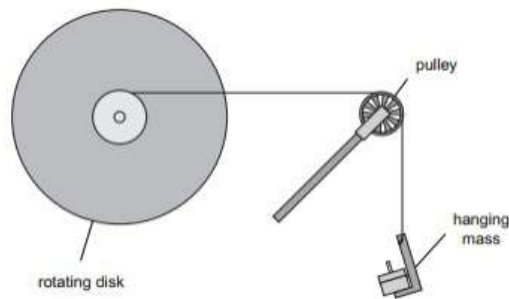


Figura 2: Giróscopo con polea y masa para determinar $I_{||}$

Coloque una masa en el gancho de masas. Tome el tiempo y la distancia que la masa se desplaza, utilice las siguientes ecuaciones para obtener la inercia del disco

$$\tau = I\alpha, \quad I = \frac{\tau}{\alpha}, \quad \alpha = \frac{a}{r}, \quad (10)$$

donde r es el radio de la polea que se encuentra sujeta al disco del giróscopo y a esta dada por la siguiente ecuación

$$a = \frac{2\Delta y}{t^2}, \quad (11)$$

donde Δy es el desplazamiento de la masa que se mueve de forma vertical y t el tiempo que tarda este desplazamiento. Conociendo que la fuerza ejercida por la cuerda es equivalente a

$$F = m(g - a). \quad (12)$$

y utilizando las ecuaciones anteriores se obtiene que el momento de inercia $I_{||}$ del disco es

$$I_{||} = \frac{m(g - a)r^2}{a}, \quad (13)$$

Ahora para el cálculo del momento de inercia I_{\perp} coloque el hilo alrededor del eje de rotación perpendicular y realizar el procedimiento antes utilizado para la inercia paralela. Calcule los errores.



Figura 3: Eje con polea (en azul) para determinar I_{\perp}

Experimento 2: Determinación de la precesión

Haga girar el disco y luego coloque el gancho más ligero el eje perpendicular al disco al extremo contrario del mismo. Mida el período del disco y tiempo que tarda el cuerpo en dar una vuelta o su periodo T_p , repita esto al menos 5 veces. Con la ecuación 8 compare los resultados obtenidos y realice los cálculos de errores.

Experimento 3: Determinación de la nutación

Sin mover los contrapesos, haga girar el disco y luego aplique una pequeña fuerza por un instante (un pequeño toque), el eje perpendicular al disco empezara a describir un movimiento circular. Mida los periodos T_{\parallel} y T_N , repita esto al menos 5 veces, con estos valores compare la relación de I_{\parallel} y I_{\perp} con la relación de los periodos (ecuación 9). Realice los cálculos de errores.

Preguntas

1. Si se aumenta al doble el valor de la masa que se cuelga al giróscopo, que pasa con el periodo del movimiento de la precesión.
2. Si se aumenta al doble el periodo con que gira el disco, que pasa con el periodo del movimiento de la precesión.

Bibliografía

1. D.Halliday y R. Resnick, Física, Editorial Continental, México.
2. F. Sears y M. Zemansky, Física, Editorial Aguilar.
3. Hay manuales en la página web: <http://fisica.uc.cl/Laboratorios/manuales.html>



Péndulo de torsión

Objetivo

Estimar los módulos de elasticidad y cizalladura de diferentes metales por medio de un péndulo de torsión.

Fundamento teórico

Se tiene un objeto suspendido por un alambre de radio r y largo L (figura 1). Al rotar el objeto en un ángulo ϕ en torno al eje del alambre, este ejerce un torque restaurador $\tau_{restaurador}$ que se opone a la torsión del alambre. Para ángulos pequeños, $\tau_{restaurador}$ está dado por:

$$\tau_{restaurador} = -D\phi, \quad (1)$$

donde D es la rigidez torsional del alambre (torsional stiffness).

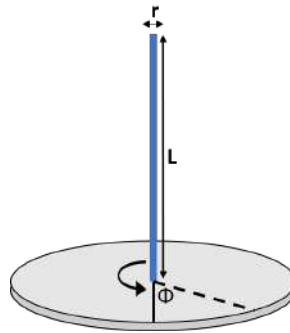


Figura 1: Objeto (en este caso disco gris) colgando de un alambre (azul) de largo L y radio r . El objeto se rota un ángulo ϕ , torciendo el alambre.

Si el objeto tiene un momento de inercia I en torno al eje del alambre, su ecuación de movimiento está dada por:

$$I\ddot{\phi} + D\phi = 0, \quad (2)$$

lo que corresponde a un oscilador armónico de frecuencia natural ω :

$$\omega = \sqrt{\frac{D}{I}}. \quad (3)$$

La rigidez torsional D representa la respuesta del alambre ante una torsión en un ángulo ϕ , y se relaciona con el módulo de cizalladura G y módulo de torsión J del alambre:

$$D = \frac{JG}{L}. \quad (4)$$

En el caso de una sección circular, J coincide con el momento de inercia polar I_p :

$$J = I_p = \frac{\pi r^4}{2}. \quad (5)$$

El módulo de cizalladura G se relaciona con el módulo de Young E del alambre, por medio de la ecuación:

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}, \quad (6)$$

donde ν es el coeficiente de Poisson del material. En general, para metales:

$$\nu \approx \frac{1}{3}. \quad (7)$$

Equipamiento

- Alambres de distintos materiales.
- 1 Soporte universal.
- 1 Balanza.
- 1 Pie de metro.
- 1 Cronómetro.
- 1 Huincha para medir.
- Nueces.
- Pinzas.
- Objeto (barras, discos, etc)

Procedimiento

Usando el soporte universal, nueces y pinzas, coloque el alambre y el objeto suspendido de él como indica el esquema (figura 1). Aplique una rotación del objeto en un ángulo suficientemente pequeño como para que el alambre se mantenga en un rango elástico. Usando el cronómetro, mida el período de oscilación rotacional del objeto. Realice varias repeticiones con el fin de hacer un análisis de errores.

Usando el periodo, calcule la frecuencia ω del oscilador. A partir de este valor y las ecuaciones 3, 4 y 6, obtenga los valores de D , G y E del alambre. Compare sus resultados de G y E con valores tabulados y haga el análisis de errores correspondiente.

Repita el procedimiento para alambres de distintos materiales.

Seleccione uno de los alambres estudiados, realice repeticiones del experimento usando distintos ángulos iniciales de torsión con este alambre. Incremente el ángulo hasta observar un cambio en el comportamiento debido a deformaciones irreversibles, registre este rango.

Preguntas

1. ¿Qué representa físicamente la rigidez torsional D del alambre? ¿Cómo se relaciona con el módulo de cizalladura G ?
2. ¿Qué representa el coeficiente de Poisson? Explique.

Bibliografía

1. G.L. Baker, J.A. Blackburn; The Pendulum, a case study in physics, Capítulo 5.
2. R. E. Hummel; Understanding Material Science, Springer.
3. Hay manuales en la página web: <http://fisica.uc.cl/Laboratorios/manuales.html>



Anexo

Errores Aleatorios

$$v_j \quad j = 1 \dots N \quad (1)$$

v_j representa el valor de la j -ésima medición de un total de N mediciones. Para calcular la media aritmética (el promedio) se usa:

$$\bar{v} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N v_j \quad (2)$$

Para calcular la desviación estándar (con corrección de Bessel) se usa la ecuación:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (v_j - \bar{v})^2} \quad (3)$$

La desviación del promedio está dada por:

$$u = \frac{1}{\sqrt{N}} s \quad (4)$$

La forma correcta de reportar el resultado final es:

$$v = \bar{v} \pm t \cdot u \quad (5)$$

donde t corresponde a la distribución t de Student. El valor t depende del nivel de confianza con el que se reportan los resultados, el cual es determinado por el experimentador.

Distribución t de Student

	50%	60%	70%	80%	90%	95%	98%	99%	99.5%	99.8%	99.9%
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	127.3	318.3	636.6
2	0.816	1.080	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.09	22.33	31.60
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.21	12.92
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073

Redondeo

Para redondear un resultado, se comienza por redondear su desviación o incertidumbre asociada. En primer lugar es necesario determinar el decimal en el que se redondeará. En el caso en que el primer decimal no nulo sea 1 o 2, el decimal redondeado será el que le sigue inmediatamente a la derecha. Por otro lado, si el primer decimal no nulo es 3 o 9, el redondeo debe hacerse en esta misma posición (primer decimal no nulo). Al ser la incertidumbre la que se redondea, siempre debe redondearse hacia arriba.

Para valores correspondientes al resultado (promedio) se siguen las siguientes reglas de redondeo una vez determinada la posición a redondear:

- Se redondea hacia abajo si el decimal a la derecha está entre 0 y 4 .
- Se redondea hacia arriba si el decimal a la derecha está entre 5 y 9.

La incertidumbre debe redondearse en la misma posición decimal que el valor que acompaña.

Ejemplos

Mediciones	Valores redondeados
$5,7550189... \pm 0,000194...$	$5,75502 \pm 0,00020$
$1,9134... \pm 0,0048...$	$1,913 \pm 0,005$
$119748,8... \pm 123,7...$	119750 ± 130
$81191,21... \pm 51,7$	81190 ± 60

Fuentes de información

- Hay manuales en la página web <http://fisica.uc.cl/Laboratorios/manuales.html>
- Otra importante fuente de información son los libros (Biblioteca UC).
- Otra importante fuente de información es internet (Google Books).
- Los papers son una buena fuente de información, es posible usar el buscador de Google Académico (o Scholar): <https://scholar.google.cl/>
- Recordar que en el caso de usar cualquiera de estas opciones, se debe explicitar como referencia o cita en el informe o documento final.