|  |  |
| --- | --- |
| **UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER****SEDE BARBOSA****FACULTAD DE CIENCIAS****ESCUELA DE FÍSICA** | **C:\Documents and Settings\Usuario\Configuración local\Archivos temporales de Internet\Content.Word\logo-main-barbosa.png** |
| ***GUÍA DE LABORATORIO******PRACTICA N° 01*** |
| 1. ***IDENTIFICACIÓN***
 |
|  **ASIGNATURA: LABORATORIO DE FÍSICA III** |
|  **TEMA: PÉNDULO SIMPLE Y PÉNDULO REVERSIBLE** |
|  **DOCENTE: CARLOS PERUCHO** |
| 1. ***INTRODUCCIÓN***
 |
| El péndulo reversible de Kater o péndulo de gravedad está diseñado para medir la aceleración de la gravedad y consiste en un cuerpo con dos soportes de afilado ángulo en lados opuestos al centro de masa. |
| 1. ***OBJETIVOS***
 |
| - Estudiar el movimiento de un péndulo simple como ejemplo del movimiento armónico simple- Determinar el valor de la aceleración de la gravedad.- Medir los períodos de oscilación *T*1 y *T*2 de un péndulo reversible para dos puntos de suspensión.- Sintonizar el péndulo reversible al mismo período de oscilación.- Determinar la aceleración de la gravedad del período de oscilación y la longitud reducida del péndulo. |
| 1. ***MARCO TEÓRICO***
 |
| **Péndulo simple:** El péndulo simple o péndulo matemático es un cuerpo ideal que está constituido por una masa puntual, suspendida de un hilo inextensible y sin masa. El péndulo que dispone en el experimento es una aproximación al péndulo simple. Está constituido por una pequeña esfera de gran densidad, suspendida de un hilo cuya masa es despreciable frente a la de la esfera y cuya longitud es mayor que el radio de la esfera.Cuando se separa el péndulo de su posición de equilibrio y se suelta, el peso de la esfera y la tensión del hilo producen una fuerza resultante que tiende a llevar al péndulo a su posición original.Si el arco descrito es pequeño, el movimiento es aproximadamente armónico simple y el período depende de la longitud *L* del péndulo y de la aceleración de la gravedad:$$T=2π\sqrt{^{L}/\_{g}}$$Esta es la ecuación fundamental del péndulo simple, válido solamente para pequeños ángulos de oscilación.Elevando al cuadrado la expresión anterior, se obtiene:$$T^{2}=\frac{4π^{2}}{g}L$$Luego si se representa en un sistema de ejes cartesianos las longitudes *L* del péndulo en las abscisas y los cuadrados de los períodos correspondientes *T*2 en las ordenadas, se obtendrá una recta cuya pendiente permite hallar el valor de *g*.**Péndulo compuesto:** Si un péndulo compuesto oscila alrededor de su posición de equilibrio con desviaciones pequeñas φ, la ecuación de movimiento es:$I\frac{d^{2}φ}{dt^{2}}+mhgφ=0$ (1)*I*: el momento de inercia alrededor del eje de oscilación, *h*: la distancia entre el eje de oscilación y el centro de masa, *g*: la aceleración gravitatoria, *m*: la masa del péndulo.La longitud reducida del péndulo compuesto está definida como la cantidad$L\_{r}=\frac{I}{mh}$ (2)Porque su período de oscilación$T=2π\sqrt{\frac{I}{mhg}}=2π\sqrt{\frac{L\_{r}}{g}}$ (3)Corresponde a un péndulo simple con longitud *Lr*.El momento de inercia *I* del péndulo compuesto es, según el teorema de ejes paralelos,$I=I\_{c}+mh^{2}=m(h^{2}+K^{2})$ (4)$I\_{c}=mK^{2}$: es el momento de inercia alrededor del centro de eje de masa y *K* es el radio de giroPor consiguiente la longitud reducida de péndulo es$L\_{r}=\frac{I}{mh}+h$ (5)Y el periodo, ecuación (3) se transforma según (4) en:$T=2π\sqrt{\frac{h^{2}+K^{2}}{hg}}=2π\sqrt{\frac{L\_{r}}{g}}$ (6)**Péndulo reversible:** El péndulo reversible de Kater es un tipo particular de péndulo compuesto. Hay dos bordes H1 y H2 que permiten escoger el punto de suspensión. Dos masas *m*1 = 1000g y *m*2 = 1400g en la línea recta H1H2 puede cambiarse para que el período de la oscilación sea sintonizable. La meta de la afinación es lograr períodos de oscilación iguales alrededor de ambos bordes. En este caso, la longitud reducida de péndulo es igual a la distancia *d* = 99.4cm entre los bordes. Esta última declaración puede entenderse de la siguiente consideración:Debido a la Ec.(2) el péndulo oscila alrededor de ambos bordes H1 y H2 al mismo período de oscilación *T*1 = *T*2 si las longitudes reducidas del péndulo *Lr* ,1 y *Lr*,2 concuerdan. En este caso se tiene$\frac{I\_{c}}{mh\_{1}}+h\_{1}=\frac{I\_{c}}{mh\_{2}}+h\_{2}$ (7)La relación entre las distancias *h*1 y *h*2 entre los dos bordes y el centro de masa está dada por$h\_{1}+h\_{2}=d$ (8)porque el centro de masa C se localiza en la línea que une H1H2 por razones de simetría.De las ecs. (7) y (8) una ecuación cuadrática se obtiene por determinar *h*1. Su solución es$h\_{1}=\frac{d}{2}\pm \sqrt{\frac{d^{2}}{4}-\frac{I\_{c}}{m}}$ (9)Si *h*1 se inserta en la Ec. (5) en lugar de *h*, se obtiene la longitud reducida del péndulo del péndulo reversible puesto a punto:$L\_{r}=d$ (10)*Fig. 1. Oscilaciones de un péndulo reversible alrededor de los puntos de suspensión H1 y H2.**Medida de g. Método de Bessel.-* Bessel demostró que, para la determinación exacta del valor de *g* no es necesario el lento proceso que llevaría a conseguir que los dos periodos de oscilación, *T*1 y *T*2*,* sean exactamente iguales. Es suficiente que sean aproximadamente iguales, *i.e.,* que la diferencia |*T*1 - *T*2| sea muy pequeña, ya que entonces de (6), se puede obtener:$$h\_{1}^{2}+K^{2}=\frac{gh\_{1}T\_{1}^{2}}{4π^{2}} h\_{2}^{2}+K^{2}=\frac{gh\_{2}T\_{2}^{2}}{4π^{2}}$$de modo que, restando miembro a miembro, se tiene:$$\frac{4π^{2}}{g}=\frac{h\_{1}T\_{1}^{2}}{h\_{1}^{2}+K^{2}}-\frac{h\_{2}T\_{2}^{2}}{h\_{2}^{2}+K^{2}}=\frac{T\_{1}^{2}+T\_{2}^{2}}{2(h\_{1}+h\_{2})}+\frac{T\_{1}^{2}-T\_{2}^{2}}{2(h\_{1}^{2}-h\_{2}^{2})}$$Entonces, si el centro de masa del péndulo se encuentra más cerca de una cuchilla que de la otra, la diferencia (*h*1 – *h*2) no es pequeña y, puesto que *T*1 es aproximadamente igual a *T*2, el segundo termino de la expresión anterior será despreciable en comparación con el primero, por lo que el valor de *g* puede obtenerse también mediante la fórmula:$g=8π^{2}\left(\frac{h\_{1}+h\_{2}}{T\_{1}^{2}+T\_{2}^{2}}\right)$ (11)**Determinación de la aceleración de la gravedad:** Para el péndulo reversible puesto a punto$T^{2}=4π^{2}\frac{d}{g}$ (12)de las Ecs. (3) y (10). La distancia *d* entre los bordes se conoce a una precisión alta. Después de sintonizar el período de oscilación *T* del péndulo, la aceleración de la gravedad *g* se obtiene de la Ec. (12). |
| 1. ***CONSULTA***
 |
| Antes de realizar este experimento usted deberá poder definir y explicar los siguientes temas:- Ecuaciones del M.A.S.- Péndulo matemático, péndulo físico.- Centros de oscilación y de gravedad. |
| 1. ***MONTAJE Y PROCEDIMIENTO***
 |
| **Péndulo reversible:** El arreglo experimental se ilustra en la Fig. 2.- Si es necesario, ensamble el péndulo reversible según la hoja de instrucción, y monte el soporte de pared en una pared estable, no vibrante.- Hacer las marcas en la varilla del péndulo a *x*1 =25cm y *x*2 = 10cm, 15cm, 20cm, etc. (empezando desde el borde H1, tenga en cuenta el radio *r* = 5cm de las masas, vea la Fig. 3)- Fije la masa *m*1 en la posición *x*1 = 25cm.  *Fig. 2. Arreglo experimental para determinar la Fig. 3. Distancia de las marca x1 y x2 en la varilla del péndulo.* *aceleración de la gravedad con un péndulo reversible.***Péndulo simple**1. Tome el extremo libre del hilo que está unido a la esferita, entre los brazos de la pinza y apretar ésta de forma que la distancia *L* entre el extremo de suspensión del hilo y el centro de la esfera sea de 100 cm.2. Separar el péndulo de su posición de equilibrio y dejarlo oscilar libremente con una amplitud suficientemente pequeña. Medir la duración *t* de 20 oscilaciones completas.3. Calcular el período *T* de las oscilaciones, que resultará de dividir el tiempo medido anteriormente entre el número de oscilaciones consideradas.4. Repetir al menos 5 veces más los apartados anteriores, pero acortando en cada medida 10 cm la longitud del péndulo.**Péndulo reversible**1. Cuidadosamente cuelgue el péndulo reversible en el borde que lleva el soporte de la pared con el borde H1 y fije la masa *m*2 a la distancia *x*2 = 50 cm.2. Cautamente desvíe el extremo más bajo del péndulo reversible paralelo a la pared, y hágalo oscilar, si es posible, sin cualquier vibración.3. Mida la duración de *n* oscilaciones (# indicado por el profesor) y tómelo como el valor *nT*1 medido.4. Cuelgue el péndulo reversible en el borde que lleva con el borde H2, y mida el período *nT*2.5. Deslice la masa *m*2 a la posición *x*2 = 55cm, y mida *nT*2 al principio y luego *nT*1.6. Deslice la masa *m*2 hacia el borde H2 en pasos de 5cm; cada vez mida los dos períodos de oscilación., repita la medida de los períodos de oscilación por lo menos otra vez (o las veces que indique el profesor). Halle los periodos promedio.7. Luego deslice la masa *m*2 hacia el borde H1 en pasos de 5cm iniciando en *x*2 = 45cm, y mida los dos períodos de oscilación cada vez. |
| 1. ***EQUIPO***
 |
| Varilla de 1 m con su base soporte, Pinza, Hilo inextensible, Regla graduada, Esferita de acero y Cronómetro, 1 péndulo reversible, 1 cinta métrica, 1 cronómetro |
| 1. ***ANÁLISIS DE RESULTADOS***
 |
| **Péndulo simple:**1. Complete la tabla 12. Represente gráficamente *T2* (ordenada) frente a *L* (abscisa).3. Obtenga por el método de los mínimos cuadrados el valor de la pendiente y de la ordenada en el origen de la recta que mejor se ajusta a los puntos representados en la gráfica anterior.4. Trace sobre el gráfico la recta de regresión obtenida.5. Determine el valor de *g* a partir del valor de la pendiente obtenida. Compare con el valor aceptado *g* = 9,8m/s2. Justifique las diferencias.**Péndulo reversible**1. Llene la tabla 2 con los datos y cálculos indicados.2. Trace en una misma gráfica $T\_{1}^{2}$ y $T\_{2}^{2}$ como funciones de *x*2. Utilice papel milimetrado y escalas apropiadas.3. Analice las dos curvas obtenidas. En qué punto o puntos se interceptan?4. Con el valor promedio T2 obtenido de las curvas y la Ec. (12) halle:$$g=\frac{4π^{2}}{T\_{prom}^{2}}d$$5. Calcule la aceleración de la gravedad en el lugar de la experiencia a partir de la expresión de la fórmula de Bessel (11) y los valores de $T\_{1}^{2}$ y $T\_{2}^{2}$ obtenidos de los puntos de intersección de las curvas.$$g=8π^{2}\left(\frac{h\_{1}+h\_{2}}{T\_{1}^{2}+T\_{2}^{2}}\right)$$6. Compare el valor de *g* obtenido por los dos métodos con el valor generalmente aceptado (*g* = 9,81m/s2).7. Indique las posibles fuentes de error.8. Defina el concepto de radio de giro.9. Demuestre que el valor mínimo de la función *T*=*f*(*h*) se presenta cuando *h* = *K*.10. ¿Qué se entiende por longitud reducida del péndulo compuesto?11. ¿Qué interés practico presenta el péndulo de Kater?12. ¿Por qué una de las masas del péndulo de Kater debe ser considerablemente mayor que la otra?**Observaciones y Conclusiones** |
| 1. ***BIBLIOGRAFÍA***
 |
| - ALONSO M., FINN E. Física. Volumen I. Ed. Fondo Educativo Interamericano.- RESNICK R., HALLIDAY D., Física, Parte I Compañía Editorial Continental S.A.- TIPLER P. Física, editorial Reverté S.A.- SEARS, ZEMANSKY. Física. Ed Aguilar.- TIPPENS, PAUL E. Física conceptos y aplicaciones, editorial McGraw-Hill- SERWAY, RAYMOND A. Física. Editorial McGraw-Hill- FRANCO GARCÍA A., Física con ordenador Curso Interactivo de Física en Internet: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/oscilaciones/mas/mas.htm>  http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/pendulo/pendulo.htm |
| **HOJA DE DATOS (sugerida, llenar con lapicero de tinta durante la práctica)** **PÉNDULO SIMPLE Y PÉNDULO REVERSIBLE**Fecha:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Grupo\_\_\_\_\_\_\_ Subgrupo \_\_\_\_\_\_\_ Estudiantes \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Instrumento de medición 1 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ sensibilidad \_\_\_\_\_\_\_\_\_Instrumento de medición 2 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ sensibilidad \_\_\_\_\_\_\_\_\_**Tabla 1:** Longitud del péndulo simple en función del tiempo para *n* = \_\_\_ oscilaciones

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***L*[cm]** | ***t* [s]** | ***T*[s]** | ***T*2[s]** |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| ***.******.******.*** | ***.******.******.*** | ***.******.******.*** | ***.******.******.*** |
|  |  |  |  |

**Tabla 2:** Péndulo reversible. Períodos de oscilación *T*1 y *T*2 alrededor de los bordes H1 y H2,respectivamente, como función de la distancia *x*2 entre la masa *m*2 y el borde H1. *n* = \_\_\_\_\_\_

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **x2[cm]** | ***nT*1[*s*]** | ***T*1** | $T\_{1}^{2} $**[s2]** | ***nT*2[*s*]** | ***T*2** | $T\_{2}^{2} $**[s2]** |
| 20 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 25 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ***.******.******.*** |  |  |  | ***.******.******.*** | ***.******.******.*** |  |  |  | ***.******.******.*** | ***.******.******.*** |
| 85 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Nota:** El profesor puede cambiar los parámetros de medición.**Observaciones**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ VoBo. Profesor (firma) |