

Olimpiada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias Primera Prueba: Mecánica Parte Teórica

Nombre:

DNI:

Escuela:

- Antes de comenzar a resolver la prueba lea cuidadosamente TODO el enunciado de la misma.
- Escriba su nombre y su número de DNI en el sitio indicado. No escriba su nombre en ningún otro sitio de la prueba.
- No escriba respuestas en las hojas del enunciado pues no serán consideradas.
- Escriba en un solo lado de las hojas.

Problema 1

Se lanza una pelota verticalmente hacia arriba con una velocidad de 20 m/s desde el borde de la terraza de un edificio de 50 m de altura. La pelota, además de la aceleración gravitatoria, es empujada por el viento que le genera una aceleración horizontal de 2 m/s².

- a) Escriba las componentes horizontal y vertical de la aceleración, velocidad y posición de la pelota para todo tiempo (desde que parte de la terraza hasta que llega al piso).
- b) Calcule la máxima altura que alcanza la pelota y la velocidad que tiene en ese instante
- c) Determine la distancia horizontal entre el punto de lanzamiento y de impacto.
- d) Calcule el módulo del vector velocidad de la pelota en el instante que impacta con el piso.

Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$

Problema 2

Un pequeño montacargas de masa $M = 100 \text{ kg}$ sube con aceleración constante $a = g/4$. Sobre su piso un autito de juguete, de 100 g de masa, realiza un movimiento circular uniforme girando con velocidad $\omega = 2 \text{ s}^{-1}$ en una circunferencia de radio $R = 50 \text{ cm}$.

- a) Haga un diagrama de cuerpo aislado indicando todas las fuerzas que actúan sobre el autito.

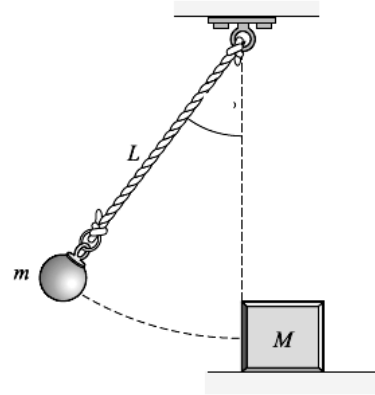
Calcule:

- b) El módulo de la fuerza de que el piso del montacargas ejerce sobre el autito.
c) La tensión del cable del que cuelga el montacargas.
d) El mínimo valor que debe tener el coeficiente de rozamiento estático, entre el autito y el piso del montacargas, para que el autito describa el movimiento circular indicado.
e) En un momento determinado del ascenso, se corta la cuerda que sube al montacargas. Explique cualitativamente el tipo de movimiento que tendrá ahora el autito.

Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$

Problema 3

Un péndulo de masa m , es liberado a partir del reposo desde una posición que forma un ángulo de 60° y en el punto más bajo de su trayectoria impacta contra un bloque de masa $M = 3m$. Luego del choque el péndulo rebota y alcanza un ángulo máximo de 20° . El bloque M , después del choque, se desplaza una distancia horizontal D hasta que es frenado debido al rozamiento con la superficie horizontal ($\mu_d = 0,2$).



Datos:

$$\begin{aligned}m &= 0,1 \text{ g} \\L &= 1 \text{ m} \\g &= 10 \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

- Calcule la velocidad del péndulo en el punto más bajo de la trayectoria
- Calcule las velocidades del péndulo y del bloque inmediatamente después del choque.
- Determine la distancia D que recorre la masa M hasta detenerse.
- Determine si el choque entre m y M fue plástico, elástico o explosivo.

Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$

Problema Teórico 1

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		
d)		

Problema Teórico 2

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		
d)		
e)		

Problema Teórico 3

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		
d)		

Olimpíada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias Primera Prueba: Mecánica Parte Experimental

Nombre:

DNI:

Escuela:

- Antes de comenzar a resolver la prueba lea cuidadosamente TODO el enunciado de la misma.
- Escriba su nombre y su número de DNI en el sitio indicado. No escriba su nombre en ningún otro sitio de la prueba.
- No escriba respuestas en las hojas del enunciado pues no serán consideradas.
- Escriba en un solo lado de las hojas.

Estudio de rotaciones y pequeñas oscilaciones de un rígido... casi un trompo!!!

Se propone estudiar experimentalmente la rotación de un cuerpo que está apoyado sobre una superficie plana, como se indica en la Figura 1.

El cuerpo (de ahora en más: *trompo*) consiste de un disco muy fino de radio a con un eje de largo L ortogonal al mismo y que pasa por el centro del disco. Considere que la masa del eje es despreciable frente a la del disco.

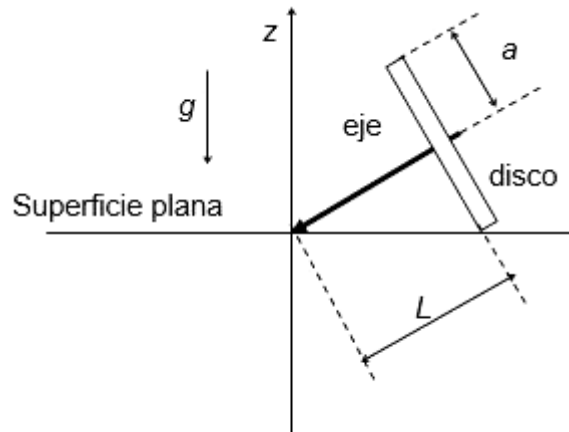


Figura 1

Si al *trompo* se le entrega un impulso suficientemente grande, paralelo al plano horizontal, ortogonal a su eje y aplicado sobre el disco, el trompo comenzará a rotar en torno a su eje con velocidad angular ω_1 y al eje z con ω_2 (manteniendo aproximadamente la punta del eje sobre un mismo punto de la superficie horizontal).

Parte A

Construya un trompo similar al descripto. Para esto puede utilizar como disco un CD, una tapa de frasco de café, etc. Como eje puede usar un lápiz, una lapicera, un palito de “brochet”, una aguja de tejer, etc. ¡¡¡Vele por obtener un *trompo* con simetría acimutal!!!

- Implemente un método para determinar las velocidades ω_1 y ω_2 que adquiere el *trompo* cuando se le entrega un determinado impulso. Considere la situación en la que las fuerzas de roce no realizan trabajo (rueda sin deslizar).
- Realice mediciones de ω_1 y ω_2 cuando se entrega al *trompo* diferentes impulsos (al menos realice 10 determinaciones de ω_1 y ω_2).
- Grafique ω_1 versus ω_2 y ajuste los valores mediante una recta. Determine la pendiente de la recta.
- Compare el valor hallado con el obtenido mediante un análisis cinemático.

Parte B

Si al *trompo* se le adhiere una masa puntual m (masa concentrada, de dimensiones mucho menores que las del disco), de forma tal que se “rompe” la simetría acimutal, por la que Usted “veló” tanto... el *trompo*, apoyado, adquirirá una posición de equilibrio en la que la masa extra estará más próxima a la superficie horizontal (Figura 2). Si en esta situación se le entrega al *trompo* un impulso de características similares al que se usó en el estudio de rotaciones, pero esta vez de menor magnitud (un impulso pequeño), el *trompo* comenzará a oscilar... y la amplitud de las oscilaciones será “pequeña”.

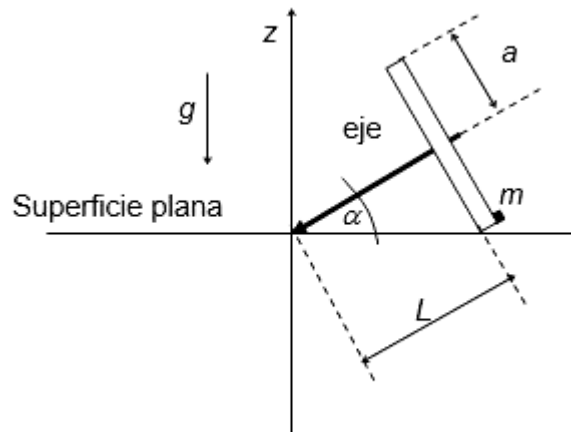


Figura 2

Utilice una tuerca, un “plomito”, un poco de plastilina, etc., como masa concentrada y adhiérala a la cara del disco, tan próxima al borde del mismo como sea posible, sin que interfiera en el contacto con la superficie horizontal.

- e) Determine el período de oscilación T del *trompo* para diferentes longitudes L del eje del mismo. Para esto bastará con desplazar el disco sobre el eje de masa despreciable. Realice esto al menos para cuatro longitudes.
- f) Determine el coseno del ángulo α para cada una de las condiciones en las que determinó el período.
- g) Confeccione un gráfico T^2 vs $\cos(\alpha)$. Ajuste una recta y determine la pendiente de la misma.
- h) A partir de la pendiente determine la relación entre la masa M del *trompo* y la masa m que le adhirió.

Problema Experimental
Hoja de respuestas.

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		
d)		
e)		
f)		
g)		
h)		

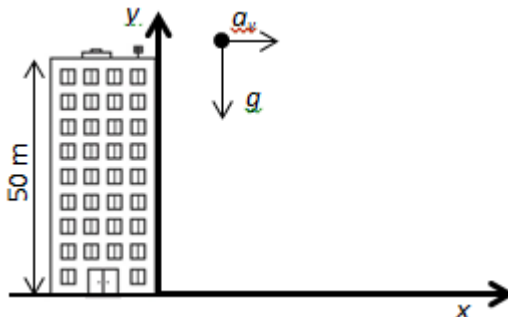
Problema Teórico 1

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)		4 ptos.
b)		2 ptos.
c)		2 ptos.
d)		2 ptos.

Primer Prueba Preparatoria: Mecánica

Resolución Problema teórico 1.



a)

La aceleración tiene una componente horizontal igual a la que produce el viento y la componente horizontal es la de la gravedad. Respecto al sistema de coordenadas mostrado la podemos escribir:

$$a_x = 2 \frac{m}{s^2}$$

$$a_y = -10 \frac{m}{s^2}$$

Entonces vemos que el movimiento, en cada una de las componentes, se corresponde al de un movimiento con aceleración constante (MRUV).

Las componentes de la velocidad inicial ($t = 0$ s) son:

$$v_x(0s) = 0 \frac{m}{s}$$

$$v_y(0s) = 20 \frac{m}{s}$$

Por lo tanto las componentes de la velocidad de la pelota en función del tiempo serán:

$$v_x(t) = 2 \frac{m}{s^2} t$$

$$v_y(t) = -10 \frac{m}{s^2} t + 20 \frac{m}{s}$$

La posición de la pelota para $t = 0$ s es:

$$x(0s) = 0 \text{ m}$$

$$y(0s) = 50 \text{ m}$$

Entonces la posición de la pelota, en función del tiempo, es:

$$x(t) = 1 \frac{m}{s^2} t^2$$

$$y(t) = -5 \frac{m}{s^2} t^2 + 20 \frac{m}{s} t + 50 \text{ m}$$

b)

En el instante que la pelota alcanza su máxima altura (t_m) la componente vertical de la velocidad se anula.

$$v_y(t_m) = -10 \frac{m}{s^2} t_m + 20 \frac{m}{s} = 0 \frac{m}{s}$$

Despejando obtenemos

$$t_m = 2 \text{ s}$$

Por lo tanto la altura máxima que alcanza la pelota es

$$y(t_m) = -5 \frac{m}{s^2} t_m^2 + 20 \frac{m}{s} t_m + 50 \text{ m} = 70 \text{ m}$$

La velocidad de la pelota cuando alcanza la máxima altura sólo tiene componente horizontal

$$v_x(t_m) = 2 \frac{m}{s^2} t_m = 4 \frac{m}{s}$$

c)

En el instante en que la pelota llega al piso (t_f), para nuestro sistema de coordenadas, la coordenada vertical se anula.

$$y(t_f) = -5 \frac{m}{s^2} t_f^2 + 20 \frac{m}{s} t_f + 50 \text{ m} = 0 \text{ m}$$

Las soluciones de esta ecuación son:

$$t_{f1} = -1,742 \text{ m}$$

$$t_{f2} = 5,742 \text{ m}$$

La solución positiva es la que tiene sentido físico; entonces la distancia horizontal desde el punto de lanzamiento hasta que toca el piso es:

$$d = x(t_{f2}) = 1 \frac{m}{s^2} t_{f2}^2 = 32,967 \text{ m}$$

d)

Las componentes de la velocidad de la pelota en el instante del impacto son:

$$v_x(t_{f2}) = 2 \frac{m}{s^2} t_{f2} = 11,483 \text{ m}$$

$$v_y(t_{f2}) = -10 \frac{m}{s^2} t_{f2} + 20 \frac{m}{s} = -37,417 \text{ m}$$

Por lo tanto el módulo de la velocidad en el instante del impacto es

$$|v(t_{f2})| = \sqrt{[v_x(t_{f2})]^2 + [v_y(t_{f2})]^2} = 39,139 \text{ m}$$

Problema Teórico 2

Hoja de Respuesta

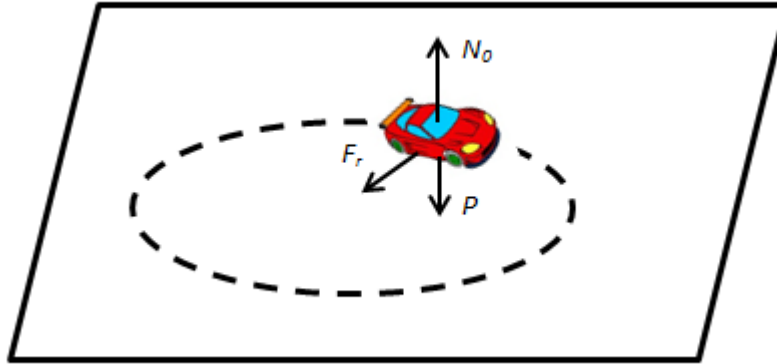
Inciso		Puntaje
a)		1 pto.
b)		3 ptos. (1 pto. si solo ponen la normal)
c)		2 ptos.
d)		2 ptos.
e)		2 ptos.

Pruebas Preparatorias - Solución Correcta del Problema Teórico 2

Primer Prueba Preparatoria: Mecánica

Resolución Problema teórico 2.

a)



N_0 : Fuerza normal.

P : Fuerza peso.

F_r : Fuerza de rozamiento.

b)

El piso del montacargas le ejerce, de las fuerzas graficadas arriba, la fuerza normal (en la dirección vertical) y la fuerza de rozamiento (en la dirección horizontal).

Calculemos la fuerza normal que ejerce el piso. Sabemos que en la dirección vertical

$$N_0 - P = m a$$

$$N_0 - mg = m \frac{g}{4}$$

$$N_0 = mg + m \frac{g}{4}$$

$$N_0 = \frac{5}{4} m g = \frac{5}{4} N$$

La fuerza horizontal es la que genera la aceleración centrípeta del movimiento circular que realiza el autito.

$$F_r = m \omega^2 R$$

$$F_r = 0,1 kg (2 s^{-1})^2 0,5 m$$

$$F_r = 0,2 N$$

Entonces el módulo de la fuerza que ejerce el piso del montacargas es:

$$F_p = \sqrt{N_0^2 + F_r^2}$$

$$F_p = 1,266 \text{ N}$$

c)

La tensión que ejerce el cable del ascensor es igual a la masa total multiplicado por la aceleración del sistema.

$$T - P = (M + m) a$$

$$T = (100 \text{ kg} + 0,1 \text{ kg}) \frac{g}{4} + (100 \text{ kg} + 0,1 \text{ kg}) g = 1251,25 \text{ N}$$

d)

Sabemos que la fuerza de rozamiento estático debe cumplir:

$$F_r \leq \mu_e N_0$$

Por lo tanto:

$$\mu_e \geq \frac{F_r}{N_0}$$

$$\mu_e \geq \frac{0,2 \text{ N}}{1,25 \text{ N}}$$

$$\mu_e \geq 0,16$$

e)

Si se corta el cable del montacargas la única fuerza que se ejerce sobre el autito es el peso. Cómo en el instante en que se corta el cable el autito tiene una velocidad con componentes horizontal y vertical, este seguirá una trayectoria parabólica.

Problema Teórico 3

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)		2 ptos.
b)		3 ptos.
c)		3 ptos.
d)		2 ptos.

Resolución Problema teórico 3.

a)

Las fuerzas que actúan sobre la masa del péndulo son el peso y la tensión de la cuerda. Como la tensión de la cuerda no realiza trabajo y el peso es una fuerza conservativa, la energía mecánica del péndulo se conserva. En el punto más alto de la trayectoria, como el péndulo está en reposo, toda la energía es potencial y en el punto más bajo de la trayectoria toda la energía será cinética. Midiendo las alturas desde el punto más bajo de la trayectoria.

$$E = \frac{1}{2} m v^2 + m g h$$

En el punto más alto

$$E = m g h_1$$

y en el punto más bajo

$$E = \frac{1}{2} m v_1^2$$

Entonces

$$\frac{1}{2} m v_1^2 = m g h_1$$

$$v_f = \sqrt{2 g h_1}$$

Donde

$$h_1 = L[1 - \cos(60^\circ)]$$

Reemplazando los valores obtenemos que la velocidad en el punto más bajo de la trayectoria es:

$$v_1 = 3,162 \frac{m}{s}$$

b)

Cómo después del choque la masa alcanza un ángulo de 20° y haciendo uso de la conservación de la energía podemos calcular la velocidad de la masa m inmediatamente después del choque:

$$v_2 = -\sqrt{2 g L[1 - \cos(20^\circ)]}$$

$$v_2 = -1,206 \frac{m}{s}$$

El signo menos (-) es porque el sentido de la velocidad de la masa m después del choque es opuesta a la que tenía antes del choque.

Como en el choque se conserva la cantidad de movimiento del sistema formado por la masa m y M . Entonces escribimos:

$$m v_1 + M V_1 = m v_2 + M V_2$$

Sabiendo que la masa M estaba en reposo antes del choque y conociendo las velocidades de la masa m antes y después del choque:

$$V_2 = \frac{m(v_1 - v_2)}{M}$$

$$V_2 = 1,456 \frac{m}{s}$$

c)

Sabemos que la variación de la energía cinética es igual al trabajo de las fuerzas externas.

$$W = E_f - E_0$$

La energía inicial de la masa M es:

$$E_0 = \frac{1}{2} M V_2^2$$

Cuando la masa M se detiene su energía cinética será $E_f = 0 \text{ J}$. El trabajo que realiza la fuerza de rozamiento dinámico será:

$$W = -\mu_d N_0 d$$

donde d es la distancia que recorre la masa M hasta detenerse y N_0 es la fuerza normal que ejerce la superficie, y en este caso es igual al peso del cuerpo.

Entonces:

$$d = \frac{V_2^2}{2 \mu_d g}$$

$$d = 0,53 \text{ m}$$

También podemos calcular esta distancia utilizando cinemática. Como la fuerza de rozamiento es constante generará una aceleración constante.

$$M a = -\mu_d N_0$$

$$a = -\mu_d g$$

Entonces la velocidad de la masa M en función del tiempo es:

$$V(t) = -\mu_d g t + V_2$$

El tiempo que demora la masa M en detenerse es:

$$t_f = \frac{V_2}{\mu_d g}$$

La posición de la masa M , en función del tiempo respecto al borde de la mesa, está dada por la expresión

$$x(t) = \frac{1}{2} a t^2 + V_2 t$$

Entonces la distancia que recorre la masa M hasta de detenerse es:

$$d = x(t_f) = -\frac{1}{2} \mu_d g \left(\frac{V_2}{\mu_d g} \right)^2 + V_2 \frac{V_2}{\mu_d g}$$

$$d = -\frac{1}{2} \frac{V_2^2}{\mu_d g} + \frac{V_2^2}{\mu_d g}$$

$$d = \frac{V_2^2}{2 \mu_d g}$$

La cual es la misma expresión que obtuvimos antes.

d)

Para definir qué tipo de choque es debemos analizar qué ocurre con la energía del sistema formado por las masas m y M en el choque.

Antes del choque la energía del sistema es

$$E_1 = \frac{1}{2} m v_1^2$$

$$E_1 = 0,5 J$$

La energía del sistema después del choque es:

$$E_2 = \frac{1}{2} m v_2^2 + \frac{1}{2} M V_2^2$$

$$E_2 = 0,391 J$$

La variación de la energía del sistema es:

$$E_2 - E_1 = -0,109 J$$

Como hubo una pérdida de energía el choque es plástico.

Problema Experimental

Hoja de respuestas.

Inciso		Puntaje
a)		2 ptos.
b)		4 ptos.
c)		3 ptos.
d)		1 pto.
e)		5 ptos.
f)		3 ptos.
g)		2 ptos.
h)		(no considerar)

Prueba Experimental

Estudio de rotaciones y pequeñas oscilaciones de un rígido, casi un trompo!!!

Se propone estudiar experimentalmente la rotación de un cuerpo que está apoyado sobre una superficie plana como se indica en la Figura 1. El cuerpo consiste de un disco muy fino de radio a con un eje de largo L ortogonal al mismo y que pasa por el centro del disco, de ahora en mas “trompo”. Considere que la masa del eje es despreciable frente a la del disco.

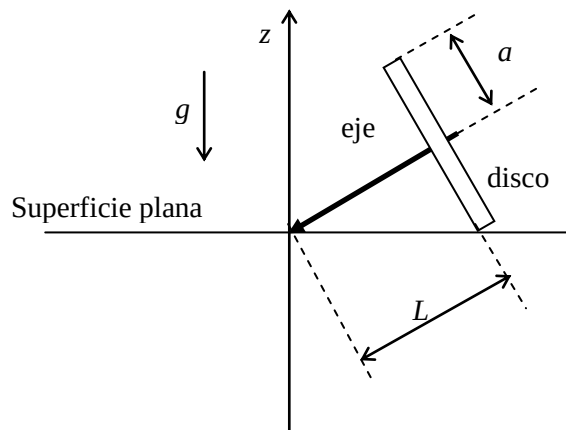


Figura 1

Si al trompo se le entrega un impulso suficientemente grande, paralelo al plano horizontal, ortogonal a su eje y aplicado sobre el disco, el trompo comenzará a rotar en torno a su eje con velocidad angular ω_1 y al eje z con ω_2 (manteniendo aproximadamente la punta del eje sobre un mismo punto de la superficie horizontal).

Solución

Parte A:

Se armó un trompo utilizando un palito de brochet, cartón y un CD (ver Figura1).

La masa M del CD con el cartón es de (18 ± 1) g, la del brochet es de (2 ± 1) g. La longitud del brochet es $l = (25.0 \pm 0.2)$ g y el radio del CD es $r = (6.0 \pm 0.1)$ cm.

- a) El método para determinar las velocidades ω_1 y ω_2 que se propuso consistió en:
- contar las vueltas que da el trompo en torno al eje z (N_T) y las que da en torno a su eje (N_E), en un determinado tiempo (t).
 - obtener las velocidades angulares a partir de los cocientes entre el numero de vueltas (teniendo en cuenta el ángulo correspondiente a cada vuelta) y el tiempo.

$$\omega_1 = (2 \pi N_E)/t$$

$$\omega_2 = (2 \pi N_T)/t$$

- b) Las mediciones para determinar ω_1 y ω_2 se presentan en la TABLA 1

La incerteza relativa de cada una de estas cantidades viene dada por:

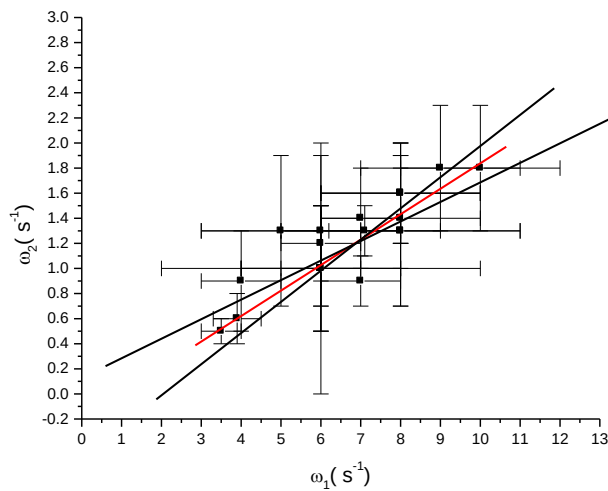
$$\Delta\omega_i/\omega_i = \Delta\pi/\pi + \Delta N_i/N_i + \Delta t/t$$

Como se uso a π con todos los dígitos que da la calculadora, su aporte al error relativo fue despreciable. Se consideró $\Delta N_E = 1$, $\Delta N_T = 0.3$ y $\Delta t = 1s$.

TABLA 1

$N_E \pm 1$	$N_T \pm 0.3$	$t \text{ (s)} \pm 1s$	$\omega_1 \text{ (s}^{-1}\text{)}$	$\Delta\omega_1 \text{ (s}^{-1}\text{)}$	$\omega_2 \text{ (s}^{-1}\text{)}$	$\Delta\omega_2 \text{ (s}^{-1}\text{)}$
4	1.0	5	5	2	1.3	0.6
10	2.0	8	8	2	1.6	0.4
17	3.0	15	7.1	0.9	1.3	0.2
6	1.0	6	6	2	1.0	0.5
5	1.0	5	6	3	1.3	0.6
6	1.0	5	8	3	1.3	0.6
8	1.5	9	6	1	1.0	0.3
8	1.7	9	6	1	1.2	0.3
11	2.0	9	8	2	1.4	0.4
6	1.0	5	8	3	1.3	0.6
10	2.0	7	9	2	1.8	0.5
10	2.0	8	8	2	1.6	0.4
14	1.7	12	7	1	0.9	0.2
10	2.0	8	8	2	1.6	0.4
3	0.5	3	6	4	1	1
11	2.0	7	10	2	1.8	0.5
11	1.5	20	3.5	0.5	0.5	0.1
10	1.5	16	3.9	0.6	0.6	0.2
6	1.0	6	6	2	1.0	0.5
4	1.0	7	4	1	0.9	0.4
6	1.0	6	6	2	1.0	0.5
10	2.0	9	7	1	1.4	0.4

c) Se graficó ω_1 versus ω_2 y ajuste los valores mediante una recta. Se determinó la pendiente de la recta.



La recta de ajuste está en rojo, en negro las consideradas para estimar las incertezas.

$$\omega_2 = a \omega_1 + b$$

$$a = (0.20 \pm 0.05)$$

$$b = (0.2 \pm 0.3) (s^{-1})$$

- d) El valor de la pendiente debe corresponderse con el cociente entre el radio del disco y la distancia entre el punto en donde apoya el disco y el eje z (D).

$$D = l / \cos(\alpha) = l (1 + \tan^2(\alpha))^{0.5} = l (1 + (r/l)^2)^{0.5} = (l^2 + r^2)^{0.5}$$

$$D = (25.7 \pm 0.2) \text{ cm}$$

α = ángulo de inclinación del eje del trompo

$$r / D = (6.0/25.7) \pm (6.0/25.7) * (0.2/25.7 + 0.1/6) = (0.233 \pm 0.006)$$

Este valor es indistinguible con el valor encontrado para la pendiente de la recta del ítem anterior.

Parte B:

Al trompo se le adhirió una masa puntual m (una tuerca y dos arandelas, 7g) .

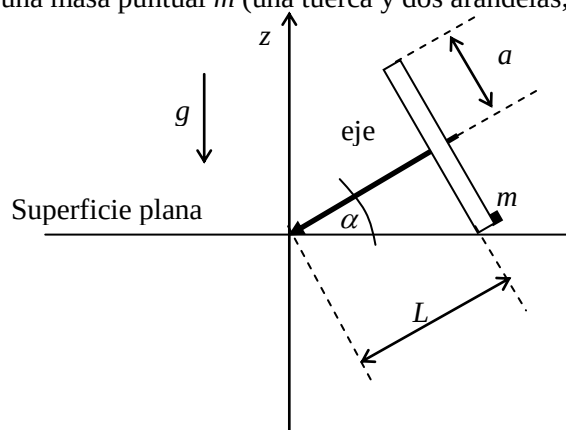


Figura 2

- e) Se determinó el período de oscilación T del trompo para diferentes longitudes L del eje del mismo y la frecuencia (f) correspondiente.
- f) Se determinó el coseno del ángulo de inclinación α para cada una de las condiciones en las que se midió el período.

En la TABLA 2 se presentan las mediciones de tiempo para un determinado número de períodos, y la longitud del “eje” del trompo.

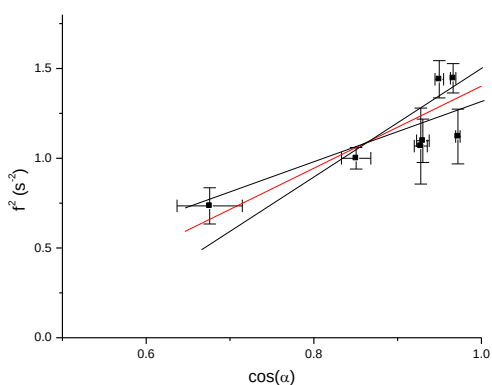
TABLA 2

L $\pm 0.2 \text{ cm}$	N (número de oscilaciones) ± 1	t (tiempo correspondiente a N) $\pm 1 \text{ s}$	T (períodos medidos) (s)	T_p (período promedio) (s)	$\tan(\alpha)$ (tangente de α)	$\cos(\alpha)$ (coseno de α)	f^2 (frecuencia) (s^{-2})
24.8	8	9	0.89	0.94 ± 0.06	0.242 ± 0.006	0.971 ± 0.003	1.1 ± 0.2
	5	5	1				
	5	5	1				
	8	9	0.89				
22.5	8	10	0.8	0.83 ± 0.03	0.267 ± 0.007	0.966 ± 0.003	1.45 ± 0.08
	5	6	0.83				

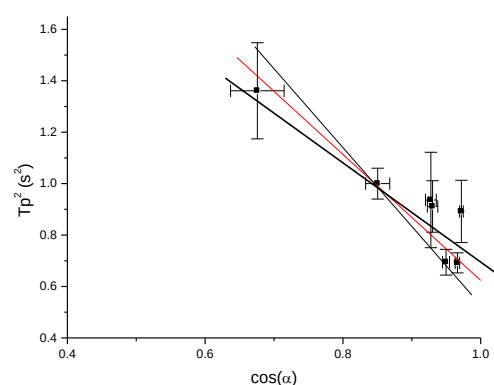
	6	7	0.86				
	5	6	0.83				
	10	12	0.83				
	10	12	0.83				
18.2	10	12	0.83	0.83 ± 0.03	0.330 ± 0.009	0.950 ± 0.005	1.4 ± 0.1
	10	12	0.83				
	5	6	0.8				
15.2	10	11	0.91	0.95 ± 0.05	0.39 ± 0.01	0.930 ± 0.007	1.1 ± 0.1
	10	10	1				
	10	10	1				
	10	11	0.91				
14.9	10	9	1.1	0.97 ± 0.06	0.40 ± 0.01	0.928 ± 0.008	1.1 ± 0.2
	10	11	0.91				
	10	11	0.91				
	5	5	1				
	10	11	0.91				
9.7	10	10	1.00	1.00 ± 0.03	0.62 ± 0.02	0.85 ± 0.02	1.00 ± 0.06
	10	10	1.00				
	10	10	1.00				
5.5	10	8	1.25	1.17 ± 0.08	1.09 ± 0.06	0.68 ± 0.04	0.7 ± 0.1
	10	8	1.25				
	10	9	1.11				
	10	9	1.11				
	10	9	1.11				

- g) Se confeccionó un gráfico T^2 vs $\cos(\alpha)$ y un gráfico f^2 vs $\cos(\alpha)$. Para cada uno se realizó un ajuste mediante una recta y se determinó la pendiente de la misma.

Nota: en el ítem g) se pidió un gráfico T^2 vs $\cos(\alpha)$ y se sugirió que se hiciera un ajuste lineal. Esto no es lo que corresponde, debido a que al resolver el problema se obtiene una relación del tipo f^2 vs $\cos(\alpha)$... hubo un error de tipeo.



La recta de ajuste está en rojo, en negro las consideradas para estimar las incertezas.



$$f^2 = a \cos(\alpha) + b$$

$$a = (2.3 \pm 0.6) (\text{s}^{-2})$$

$$b = (-0.9 \pm 0.5) (\text{s}^{-2})$$

$$T_p^2 = c \cos(\alpha) + d$$

$$c = (-2.5 \pm 0.6) (\text{s})$$

$$d = (3.1 \pm 0.5) (\text{s})$$

- h) A partir de la pendiente determinada, se calcula la relación entre la masa M del trompo (prácticamente la del CD) y la masa m que se le adhirió.
Planteando la segunda ley de Newton se obtiene la relación siguiente:

$$4 \pi^2 f^2 = \frac{m g \cos(\alpha)}{R^2 \left[\frac{M}{2} + m \right]}$$

Con esta ecuación y la pendiente $a = (2.3 \pm 0.6) (\text{s}^{-2})$ se puede determinar el cociente m/M o M/m .