Olimpíada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias
Primera Prueba
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.

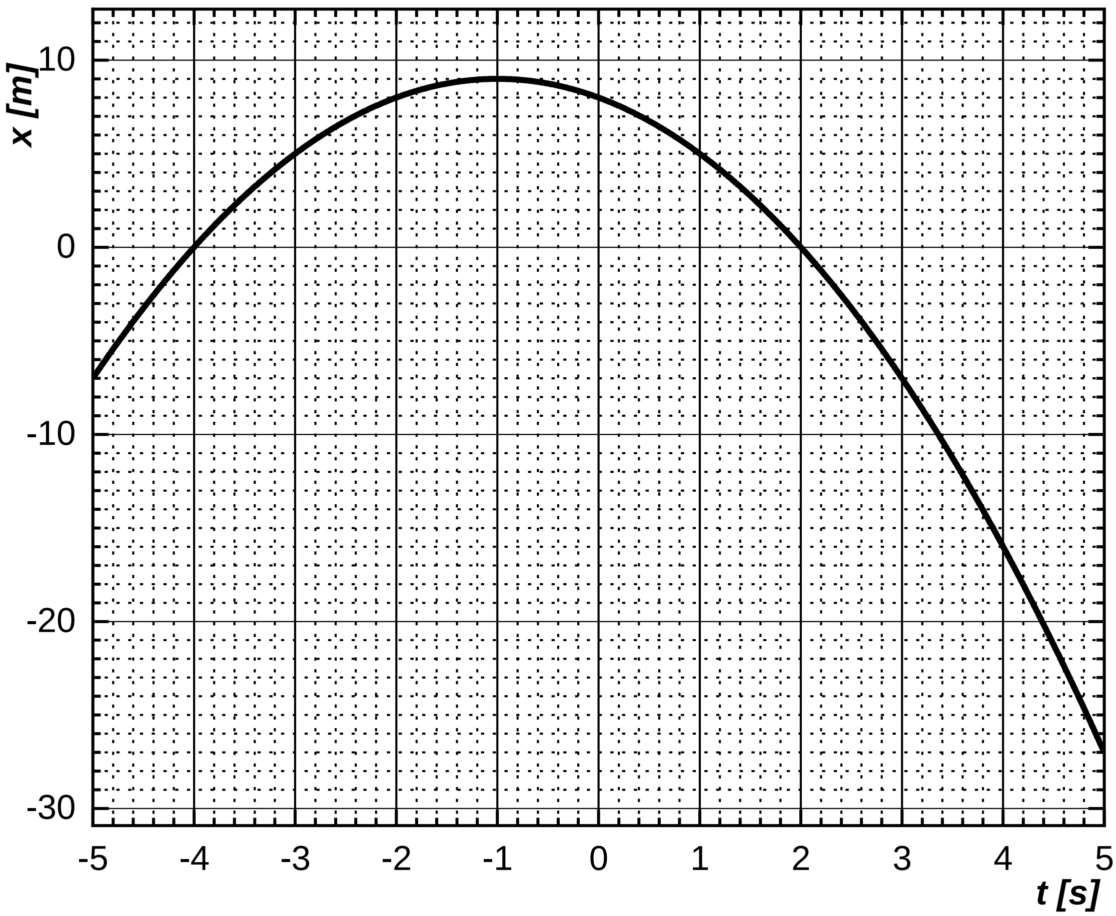
- Escriba en un solo lado de las hojas.

Problema 1

Dentro del intervalo de tiempo *[-5 s, 5 s]* se conoce la siguiente información del movimiento de dos cuerpos que se desplazan sobre una ruta rectilínea:

Cuerpo A: Se mueve con movimiento rectilíneo uniforme (MRU) y en $t = -3\ s$ se encuentra en la posición $x = -13\ m$ y en $t = 2\ s$ en la posición $x = -8\ m$.

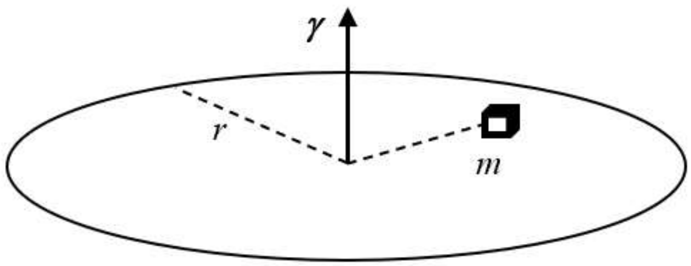
Cuerpo B: Su función de movimiento es un polinomio de segundo grado cuya gráfica es la que se muestra en la figura.



a) Determine las expresiones analíticas de las funciones de movimiento de ambos cuerpos.
b) Para ambos cuerpos determine en qué intervalos de tiempo la velocidad es positiva y en qué intervalos es negativa.
c) Calcule la distancia recorrida en el intervalo *[-4 s, 4 s]* por cada uno de los cuerpos.
d) Determine si ambos cuerpos se encuentran. En caso afirmativo calcule el/los tiempo/s y la/las posición/es de encuentro.

Problema 2

Un disco de radio *r* está apoyado sobre una superficie horizontal y puede rotar alrededor de un eje que pasa por su centro. El disco inicialmente se encuentra en reposo y gracias a la acción de un motor, que le imprime una aceleración angular constante, comienza a girar en sentido antihorario. Sobre el disco se coloca una masa puntual *m* ubicada a una distancia *R* del eje del disco. El coeficiente de rozamiento estático entre la masa y el disco es μ_e.



Considerando $t = 0$ el instante en que comienza a moverse el disco:

a) Realice un diagrama de cuerpo aislado de la masa *m* graficando todas las fuerzas aplicadas sobre ella cuando:
   i) el disco está en reposo.
   ii) el disco tiene una velocidad angular distinta de cero.

b) Analizando lo que ocurre en el instante inicial ($t = 0\ s$), determine el máximo valor posible para la aceleración angular, de manera tal que el cuerpo no deslice sobre el disco.

Suponiendo que la aceleración angular que imprime el motor es menor a la aceleración angular máxima calculada en el punto anterior:

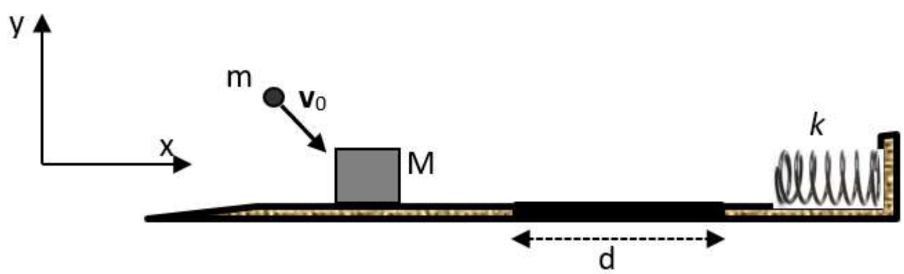
c) calcule en qué instante la masa dejará de moverse solidariamente con el disco y comenzará a deslizar sobre su superficie.

Datos

$\mu_e = 0,4$
$m = 100\ g$
$R = 10\ cm$
$\gamma = 0,4\ rad/s^2$
$g = 10\ m/s^2$

Problema 3

Como se observa en la figura un proyectil de masa *m* choca con un cuerpo puntual de masa $M = 5\ m$ que se encuentra sobre una superficie horizontal sin rozamiento. En el momento del impacto el proyectil se desplazaba con una velocidad de módulo v_0 formando un ángulo de *60º* con la horizontal. Luego del impacto, el proyectil queda incrustado en el bloque.



a) Calcule la velocidad del sistema bloque+proyectil después del choque.
b) Calcule cual ha sido la variación de la energía cinética y del momento lineal del sistema debido al choque.
c) El bloque, luego de pasar sobre una superficie con rozamiento de longitud *d*, choca contra un resorte de constante elástica *k*. Calcule cuanto se comprimirá el resorte cuando los cuerpos se detengan contra él.

Datos

$m = 100\ g$
$v_0 = 100\ m/s$
$g = 10\ m/s^2$
$k = 5000\ N/m$
$d = 2\ m$
$\mu_d = 0{,}4$

Problema Teórico 1

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		
d)		

<u>Problema Teórico 2</u>

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		

Problema Teórico 3

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		

Olimpíada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias
Primera Prueba
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.

Determinación del coeficiente de rozamiento estático

Introducción

La fuerza de rozamiento es la fuerza que existe entre dos superficies en contacto, la cual se opone al movimiento relativo entre ellas. Existen dos tipos de fuerzas de rozamiento: la fuerza de rozamiento estático y la fuerza de rozamiento dinámico. En particular, la fuerza de rozamiento estática es la fuerza que se debe superar para poner en movimiento un cuerpo, que se encuentra en contacto con otro.

El coeficiente de rozamiento vincula la oposición al deslizamiento que ofrecen las superficies de estos cuerpos en contacto según la intensidad del apoyo mutuo que experimentan. El valor de este coeficiente es característico de cada par de materiales en contacto, y no es una propiedad intrínseca de un material.

Entonces, el módulo de la fuerza de rozamiento es proporcional al módulo de la fuerza normal, donde la constante de proporcionalidad entre ambas fuerzas es el coeficiente de rozamiento μ. En el caso del rozamiento estático, el coeficiente de rozamiento estático μ_e corresponde a la mayor fuerza que el cuerpo es capaz de soportar antes de iniciar el movimiento.

Objetivo

Determinar el coeficiente de rozamiento estático $\mu_e$entre dos cuerpos.

Materiales

- Regla rígida
- Cuerpos: moneda de $1 y goma de borrar
- Cinta adhesiva o de papel.
- Transportador, regla, escuadra.

Procedimiento

Para la determinación de μ_e se utilizará un plano inclinado construido con la regla rígida. Para ello, se pegará un extremo de la regla a la superficie de trabajo, mediante la cinta adhesiva, y se colocará el cuerpo (moneda o goma de borrar) en el otro extremo. Luego se elevará el extremo libre de la regla hasta observar que el cuerpo comienza a moverse.

Tareas

a) Haga un esquema de la situación planteada en el procedimiento justo antes que el cuerpo comience a moverse, indicando las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.
b) Escriba una expresión para μ_e en función de las variables que se pueden medir.
c) Para cada cuerpo, realice al menos 20 mediciones y repórtelas en una tabla.
d) Reporte el valor de μ_e para cada cuerpo.

Problema Experimental
Hoja de respuestas.

Primera Parte

Inciso		Puntaje
a)		
b)		
c)		
d)		

Olimpíada Argentina de Física

Pruebas Preparatorias
Primera Prueba
Soluciones y Puntajes

Problema Teórico 1

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)	Cuerpo ***A***: $$x_A(t) = a_1\, t + a_0$$ $$a_0 = -10\, m \quad y \quad a_1 = 1\, \frac{m}{s}$$ Cuerpo ***B***: $$x_B(t) = b_2\, t^2 + b_1\, t + b_0$$ $$b_0 = 8\, m \quad , \quad b_1 = -2\, \frac{m}{s} \quad y \quad b_2 = -1\, \frac{m}{s^2}$$	3 ptos.
b)	Ver desarrollo de la solución.	2 ptos.
c)	Cuerpo ***A***: $$d_A = \lvert x_A(4\, s) - x_A(-4\, s)\rvert = 8\, m$$ Cuerpo ***B***: $$d_B = \lvert x_B(-1\, s) - x_B(-4\, s)\rvert + \lvert x_B(4\, s) - x_B(-1\, s)\rvert = 34m$$	2 ptos.
d)	Ver desarrollo de la solución.	3 ptos.

Solución Problema Teórico 1

a)
Como el cuerpo ***A*** de mueve con movimiento rectilíneo uniforme su función de movimiento será una función lineal.

$$x_A(t) = a_1\, t + a_0$$

Sabiendo que *x(-3 s) = -13 m* y que *x(2 s) = -8 m* podemos determinar los valores de a_0 y a_1

$$a_0 = -10\, m \qquad y \qquad a_1 = 1\, \frac{m}{s}$$

La función de movimiento del cuerpo ***B*** es de la forma:

$$x_B(t) = b_2\, t^2 + b_1\, t + b_0$$

A partir del gráfico vemos que *x(-4 s) = 0 m, x(2 s) = 0 m* y que *x(0 s) = 8 m*. Determinamos que

$$b_0 = 8\, m \quad , \quad b_1 = -2\, \frac{m}{s} \quad y \quad b_2 = -1\, \frac{m}{s^2}$$

b)
En la función de movimiento del cuerpo ***A*** el coeficiente a_1 es la velocidad del cuerpo; por lo tanto, la velocidad es siempre positiva.
A partir del gráfico de la función de movimiento del cuerpo ***B*** se puede observar que en el intervalo [-5 s, -1 s) el cuerpo se mueve en sentido creciente de las coordenadas y por lo tanto su velocidad será positiva, mientras que en el intervalo (-1 s, 5 s] se mueve en el sentido opuesto al crecimiento de las coordenadas y por lo tanto su velocidad será negativa.

c)
Distancia recorrida por el cuerpo ***A***: Como su función de movimiento es lineal la distancia recorrida en el intervalo [-4 s, 4 s] será:

$$d_A = |x_A(4\, s) - x_A(-4\, s)| = 8\, m$$

Analizando, a partir de gráfico, el comportamiento de la función de movimiento del cuerpo ***B*** podemos observar que en el intervalo [-4 s, -1 s) el cuerpo se mueve alejándose del origen, y en el intervalo (-1 s, 4 s] se mueve en sentido contrario. La distancia recorrida será:

$$d_B = |x_B(-1\, s) - x_B(-4\, s)| + |x_B(4\, s) - x_B(-1\, s)| = 34 m$$

d)
Para determinar si los móviles ***A*** y ***B*** se encuentran debemos resolver la ecuación:

$$x_A(t_e) = x_B(t_e)$$

Las soluciones a esta ecuación son:

$$t_{e1} = -6\, s \qquad y \qquad t_{e2} = 3\, s$$

Como t_{e1} está fuera del intervalo considerado, sólo tendremos en cuenta la otra solución. La posición del encuentro será $x_A(3\ s) = -7\ m$. Por lo tanto, los móviles sólo se encuentran 1 vez en el intervalo considerado.

Problema Teórico 2

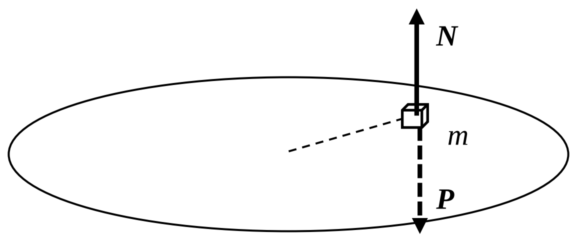
Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)	Ver desarrollo de la solución.	4 ptos. (2 ptos. cada item)
b)	$\gamma \leq \frac{\mu_e g}{R} = 40\ \frac{1}{s^2}$	3 ptos.
c)	En $t = 15{,}811\ s$ el cuerpo comenzará a deslizar sobre la superficie del disco.	3 ptos.

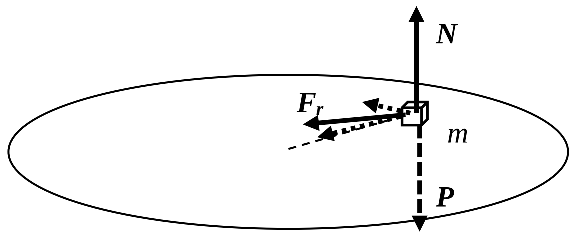
Solución Problema Teórico 2

a)

a.i)



a.ii)



La fuerza de rozamiento (***F**$_r$*) tiene una componente en la dirección radial y otra en la dirección tangencial (perpendicular al radio).

b)

En *t = 0 s* la velocidad angular es cero ($\omega = 0$), por lo tanto, sólo habrá una fuerza de rozamiento en la dirección tangencial (que originará una aceleración tangencial en el cuerpo). Para que el cuerpo no deslice se debe verificar:

$$m\,\gamma\,R \;\leq\; \mu_e N$$

Entonces

$$\gamma \;\leq\; \frac{\mu_e g}{R} = 40\;\frac{1}{s^2}$$

c)

La masa puntual se mueve debido a la acción de la fuerza de rozamiento. Para que no deslice respecto al disco se debe cumplir que:

$$m\,a \;\leq\; \mu_e N \quad\rightarrow\quad a \;\leq\; \mu_e\, g$$

El módulo de la aceleración será

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$$

Donde

$$a_t = \gamma\,R, \quad a_n = \omega^2\,R \;\text{ y }\; \omega = \gamma\,t$$

Reemplazando estas expresiones obtenemos

$$\sqrt{(\gamma\ R)^2 + \ (\gamma^2\ t^2\ R)^2} \ \leq \ \mu_e\ g$$

Despejando el tiempo obtenemos

$$t \ \leq \ \sqrt[4]{\frac{1}{\gamma^2}\left[\left(\frac{\mu_e\ g}{\gamma\ R}\right)^2 - 1\right]} \ = 15{,}811\ s$$

Por lo tanto, en $t \ = 15{,}811\ s$ el cuerpo comenzará a deslizar sobre la superficie del disco.

Problema Teórico 3

Hoja de Respuesta

Inciso		Puntaje
a)	$v_f = 8{,}33\ \frac{m}{s}$	4 ptos.
b)	La variación de cada una de las componentes del momento lineal es: $$\Delta p_x = p'_x - p_x = 0\ N\ s$$ $$\Delta p_y = p'_y - p_y = 8{,}66\ N\ s$$ La variación de energía en el choque será: $$\Delta E = E_f - E_i = -479{,}17\ J$$	3 ptos.
c)	$\Delta x = \sqrt{\frac{2\ E'_f}{k}} = 8{,}01\ cm$	3 ptos.

Solución Problema Teórico 3

a)
Si analizamos el sistema proyectil + bloque vemos que las fuerzas externas que actúan son el peso y la normal de la superficie. Como estas dos fuerzas están en la dirección vertical y no hay fuerzas en la dirección horizontal podemos asegurar que se conservará la componente *x* del momento lineal.
Las componentes del momento lineal un instante antes del choque son:

$$p_x = m\, v_0 \cos(\alpha) = 5{,}00\ N\, s$$

$$p_y = -m\, v_0\, \mathrm{sen}(\alpha) = -8{,}66\ N\, s$$

Después del choque, cuando quedan unidos el proyectil y el bloque, las componentes del momento lineal serán

$$p'_x = 6\, m\, v_f = 5{,}00\ N\, s$$

$$p'_y = 0\ N\, s$$

Por lo tanto, la velocidad del bloque (entendemos que tiene el proyectil incrustado) es:

$$v_f = 8{,}33\ \frac{m}{s}$$

b)
La variación de cada una de las componentes del momento lineal es:

$$\Delta p_x = p'_x - p_x = 0\ N\, s$$

$$\Delta p_y = p'_y - p_y = 8{,}66\ N\, s$$

La energía cinética inicial del sistema es:

$$E_i = \frac{1}{2}\, m\, v_0^2 = 500\ J$$

La energía final, después del choque es:

$$E_f = \frac{1}{2}\, 6m\, v_f^2 = 20{,}83\ J$$

Por lo tanto, la variación de energía en el choque será:

$$\Delta E = E_f - E_i = -479{,}17\ J$$

c)
La energía E'_f, con la que el bloque impactará contra el resorte, será la que tenía después del choque menos la que pierda en la superficie con rozamiento:

$$E'_f = E_f - \mu_d \, 6m \, g \, d = 16{,}03 \, J$$

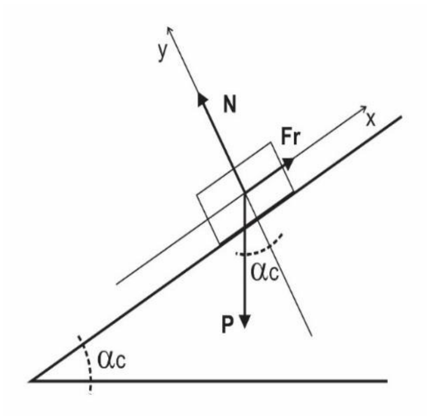
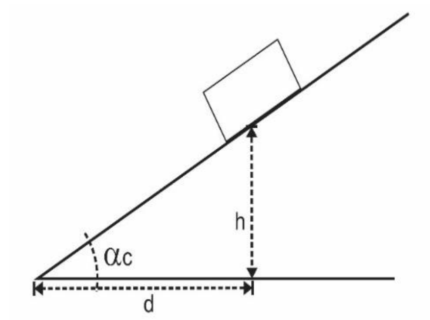
Esta será la energía potencial del resorte cuando se logre la máxima compresión.

$$E'_f = \frac{1}{2} k \, \Delta x^2 = 16{,}03 \, J$$

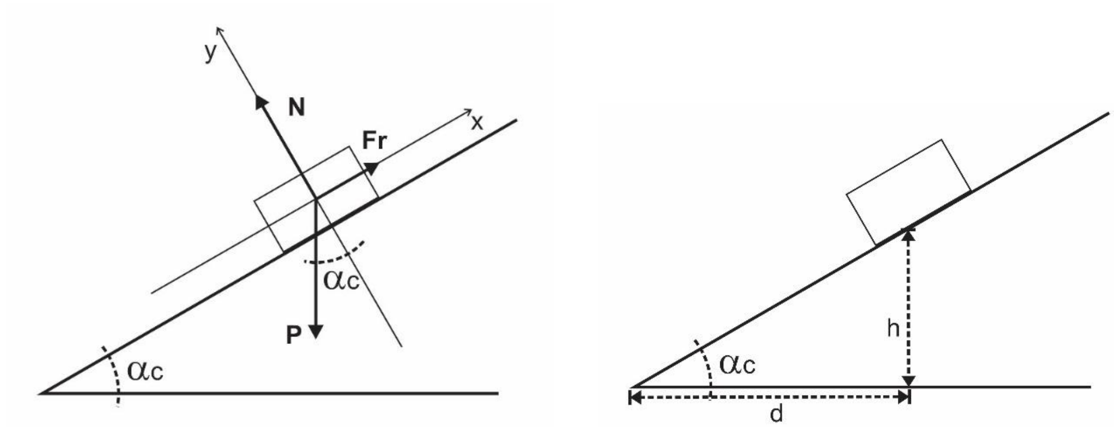
Por lo tanto, la máxima compresión del resorte será:

$$\Delta x = \sqrt{\frac{2 \, E'_f}{k}} = 8{,}01 \, cm$$

Problema Experimental
Hoja de respuestas.

Inciso		Puntaje
a)	 	2 ptos.
b)	$\mu_e = \tan \propto_c = \frac{h}{d}$	2 ptos.
c)	Ver Tabla I	12 ptos
d)	Moneda: $\mu_{em} = (0{,}39 \pm 0{,}04)$ Goma de Borrar: $\mu_{eg} = (0{,}43 \pm 0{,}05)$	4 ptos.

Solución Problema Experimental



Esquema de la situación planteada justo antes de que el cuerpo comience a moverse. *Izquierda*: Diagrama del cuerpo aislado donde se han indicado las fuerzas que actúan sobre el cuerpo: **N**, **P** y **Fr** corresponden a la fuerza normal, al peso del cuerpo y a la fuerza de fricción, respectivamente. *Derecha*: Esquema de la situación planteada indicando las cantidades a medir.

Dado el esquema de la situación mostrado en la figura, $\propto_c$ hace referencia al ángulo crítico justo antes que el cuerpo comience a moverse. Luego, la fuerza de roce estática es la máxima fuerza de roce estático posible y se puede escribir como:

$$F_r = \mu_e N \quad (1)$$

El cuerpo está en equilibrio y se puede escribir que

$$\vec{N} + \vec{P} + \vec{F_r} = 0 \qquad (2)$$

Dado el sistema de coordenada propuesto en el esquema

x) $F_r - mg\sin(\propto_c) = \mu_e N - mg\sin(\propto_c) = 0$ (3)

y) $N - mg\cos(\propto_c) = 0$ (4)

Luego,

$$\mu_e = \tan\propto_c = \frac{h}{d} \quad (5)$$

Si $h = (\bar{h} \pm \Delta h)$ y $d = (\bar{d} \pm \Delta d)$, donde Δh y Δd son las incertidumbres de h y d, respectivamente. La incertidumbre de μ_e se puede determinar como

$$\frac{\Delta\mu_e}{\mu_e} = \frac{\Delta \mathrm{d}}{\bar{d}} + \frac{\Delta h}{\bar{h}} \quad (6)$$

Tabla I: Mediciones

	Moneda		Goma de Borrar	
N	d[mm] $\pm\ 5mm$	h[mm] $\pm\ 2mm$	d[mm] $\pm\ 5mm$	h[mm] $\pm\ 2mm$
1	155	58	111	57
2	134	58	130	57
3	135	58	139	58
4	155	58	133	57
5	145	58	122	57
6	160	58	144	58
7	163	58	139	58
8	165	58	132	57
9	148	58	122	57
10	155	58	145	58
11	153	58	147	57
12	140	58	152	57
13	147	58	127	57
14	145	58	135	58
15	157	58	141	57
16	162	58	129	57
17	140	58	115	57
18	144	58	130	57
19	151	58	133	57
20	157	58	138	58

Dado que las mediciones son independientes, se toma como valor de $\bar{h}$ y $\bar{d}$ al promedio de los valores medidos.

Moneda:

$$d_m = (150 \pm 9)mm$$
$$h_m = (58 \pm 2)mm$$

Goma de borrar:

$$d_g = (133 \pm 10)mm$$
$$h_g = (57 \pm 2)mm$$

La incertidumbre para $\bar{d}$, en ambos casos, se tomó como la desviación estándar de los valores medidos ya que esta incertidumbre es mayor que la incertidumbre asociada a las mediciones de d ($\Delta d = 5mm$). En el caso de $\bar{h}$, se tomó como $\Delta h = 2mm$ ya que la desviación estándar de los valores medidos es básicamente cero.

De la ecuación (5) se determinó que

Moneda: $\mu_{em} = (0{,}39 \pm 0{,}04)$

Goma de borrar: $\mu_{eg} = (0{,}43 \pm 0{,}05)$