Sistemas Newtonianos: Métodos Experimentales

Profesor: Roberto Rondanelli
Auxiliares: Álvaro Aravena, Francisca Concha, Nicolás Cofré

October 24, 2011

1 Formulario del Capítulo

1.1 Sobre el Sensor de Fuerzas

El sensor de fuerzas a utilizar tiene dos rangos de medición: $\pm 10\ N$ y $\pm 50\ N$, a elegir dependiendo de la aplicación. La relación entre fuerza (F) y el voltaje (U) es:

$$F = AU + B$$

Donde A y B son los parámetros de calibración.

Rango de Medición	**A**	**B**	**Sensibilidad**
$\pm 10\ N$	$-4,9\ N/V$	$12,25\ N$	$0,01\ N$
$\pm 50\ N$	$-24,5\ N/V$	$61,25\ N$	$0,05\ N$

1.2 Tratamiento Estadístico de Datos

Dadas N mediciones de una determinada cantidad física C, cuyos valores medidos son C_i con $i = 1, 2, ..., N$:

$$\text{Promedio: } \langle C \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} C_i$$

$$\text{Desviación Estándar: } \sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} (C_i - \langle C \rangle)^2}$$

Una medida queda entonces representada como:

$$C = \langle C \rangle \pm \triangle C = \langle C \rangle \pm \sigma$$

Se define:
Error absoluto: valor de la desviación estándar σ.
Error relativo: cociente entre el error absoluto y el valor medio:

$$\epsilon_c = \frac{\sigma}{\langle C \rangle}$$

1.3 Propagación de Errores

Dados $a = \langle a \rangle \pm \triangle a$ y $b = \langle b \rangle \pm \triangle b$, se tiene:

Suma: $c = a + b$

$$c = \langle c \rangle \pm \triangle c = (\langle a \rangle + \langle b \rangle) \pm \sqrt{(\triangle a)^2 + (\triangle b)^2}$$

Resta: $c = a - b$

$$c = \langle c \rangle \pm \triangle c = (\langle a \rangle - \langle b \rangle) \pm \sqrt{(\triangle a)^2 + (\triangle b)^2}$$

Multiplicación: $c = a \cdot b$

$$c = \langle c \rangle \pm \triangle c = (\langle a \rangle \cdot \langle b \rangle) \pm (\langle a \rangle \cdot \langle b \rangle) \cdot \sqrt{\left(\frac{\triangle a}{\langle a \rangle}\right)^2 + \left(\frac{\triangle b}{\langle b \rangle}\right)^2}$$

División: $c = \dfrac{a}{b}$

$$c = \langle c \rangle \pm \triangle c = \frac{\langle a \rangle}{\langle b \rangle} \pm \frac{\langle a \rangle}{\langle b \rangle} \sqrt{\left(\frac{\triangle a}{\langle a \rangle}\right)^2 + \left(\frac{\triangle b}{\langle b \rangle}\right)^2}$$

Función: $f(x)$

$$f(a) = f(\langle a \rangle \pm \triangle a) = f(\langle a \rangle) \pm \left(\frac{df}{dx}\right)_{x=\langle a \rangle} \cdot \triangle a$$

1.4 Errores experimentales

Errores sistemáticos: asociados a imperfecciones en el proceso de medición. Van en una dirección.
Errores aleatorios: fortuitos, van en ambas direcciones. Para minimizarlos, conviene realizar un número considerable de mediciones.

2 Problemas

P1. Un estudiante decide hacer una medida de la velocidad media con la cual camina desde la estación de metro a su Universidad. Para ello, decide recorrer el mismo camino durante cinco días y utiliza un cronómetro, con precisión de 0,1 [s], para registrar el tiempo recorrido T_r. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla.

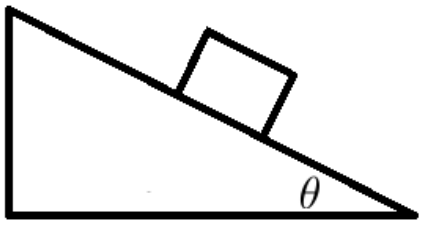
Medida	T_r $[s]$
1	605.5
2	623.3
3	598.6
4	655.3
5	640.9

(a) Obtenga el promedio del tiempo recorrido con su error asociado.

(b) Determine la velocidad media con su error asociado. Se sabe que la distancia estudiada corresponde a $L = 800 \pm 5$ $[m]$.

(c) ¿Qué errores aleatorios o sistemáticos pueden ser importantes en este proceso de medida?

P2. Para calcular el coeficiente de fricción de una superficie sobre un cuerpo dado, se ha diseñado el experimento de la figura, en el que se eleva continuamente el plano inclinado hasta que la masa comienza a deslizar.



Si se realizan cinco experimentos, en los que se obtienen los ángulos de comienzo de deslizamiento de la tabla adjunta. Encuentre el coeficiente de roce estático con su error asociado.

Medida	**Ángulo**
1	32.3º
2	32.8º
3	31.7º
4	32.0º
5	31.6º

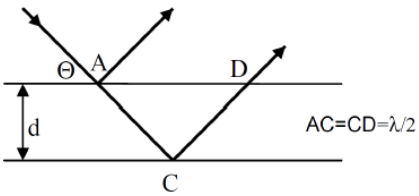
P3. Determine si falta alguna información relevante o si hay algún error evidente para todas las siguientes expresiones que involucran alguna cantidad física.

(i) La tensión de corte medida es $T = 32.131 \pm 2.2$

(ii) La velocidad medida es $v = 23.123212 \pm 0.210234$

(iii) Se determinó un peso igual a $0.3212 \pm 0.031\ Kg$

P4. Es posible medir el espesor de una película delgada usando un haz de luz que se refleja parcialmente por la cara superior externa (haz A) y parcialmente por la cara inferior (haz ACD), como se indica en la figura. Dado un espesor d y un ángulo de incidencia θ, el haz reflejado tiene intensidad máxima cuando el camino recorrido por la luz dentro de la película es igual a la longitud de onda (λ) da la luz utilizada.



(a) A partir de la figura adjunta, encuentre la ecuación que relaciona d, θ y λ para el caso de intensidad reflejada máxima.

(b) Si utilizando un haz de luz con $\lambda = (2.00 \pm 0.01) \cdot 10^{-8}\ [m]$, se encuentra una intensidad máxima de reflexión para un ángulo $\theta = (0.10 \pm 0.01)\ rad$, encuentre el valor del espesor de la película y error asociado.

(c) Con este método se midieron los siguientes espesores:

Medida	**Espesor** $[m]$
1	$36.80 \cdot 10^{-8}$
2	$37.20 \cdot 10^{-8}$
3	$37.30 \cdot 10^{-8}$
4	$37.00 \cdot 10^{-8}$
5	$37.20 \cdot 10^{-8}$

Obtenga:

(i) La mejor estimación de d.

(ii) El error absoluto estimado.

(iii) El error relativo estimado.

P5. Un péndulo simple se usa para medir la aceleración de gravedad, usando la expresión:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

El período medido en un experimento corresponde a $T = 1.51 \pm 0.03$ $[s]$, y la longitud del péndulo utilizado es $L = 56.7 \pm 0.2$ $[cm]$. ¿Cuál es el valor resultante de g, su error absoluto y relativo?

P6. Se realiza una serie de medidas de tensión de corte T en un hilo, cada medida con su respectivo error ΔT. Todos los datos se anotan en una tabla. Encuentre el valor medio de T y su error absoluto asociado. Con los valores de tensión, realice además un histograma con 5 intervalos (bines).

Medida	T $[N]$	ΔT $[N]$	Observaciones
1	11.7	0.3	
2	16.9	0.2	
3	12.0	0.5	
4	3.5	1.0	Medida mal realizada
5	18.2	0.5	
6	14.0	0.2	
7	15.1	0.1	
8	19.4	0.3	
9	12.7	0.3	
10	10.4	0.4	
11	11.2	0.5	
12	12.7	0.1	
13	14.9	0.2	

P7. La escala sismológica Richter es una escala logarítmica arbitraria que asigna un número para cuantificar el tamaño de un sismo, definida en base a la ecuación:

$$M = log_{10}A(mm) + 3 \cdot log_{10}(8\Delta t(s)) - 2,92$$

Donde $A(mm)$ es la amplitud de las ondas S en milímetros (medida desde el sismograma) y $\Delta t(s)$ es el tiempo en segundos desde la llegada de las ondas P hasta la llegada de las ondas S. Si un sismograma registra $\Delta t = 14.3 \pm 0.1$ $[s]$ y $A = 543 \pm 1$ mm. Encuentre la magnitud Richter del sismo con su error asociado.