

3.2 Dos fuentes de incertidumbre independientes que inciden sobre una misma variable

Los alumnos y alumnas en la escuela media, por lo general, no acostumbran a ver todas las posibles fuentes de incertidumbre que influyen sobre la variable que estudian. Pero, los fenómenos que estudia y analiza el físico, no siempre tienen una sola fuente de incertidumbre, pues, el proceso de medición se ve afectado por muchos factores, el experimentador, el instrumento, el método y la naturaleza y características intrínsecas del propio fenómeno.

Consigna o afirmación que expone la situación a resolver

Cuantificar dos fuentes independientes de incertidumbre sobre una misma variable.

Interés o idea principal de la situación a resolver

La incertidumbre puede tener, al igual que una variable, naturaleza vectorial.

¿Se podría diseñar una experiencia centrada en el análisis y resolución de la consigna planteada?

El diseño de esta experiencia es simple, y gira alrededor de un montaje experimental que permite cumplir con todas las condiciones necesarias para el análisis y estudio de dos fuentes independientes de incertidumbre, sobre la distancia (D) a la que la canica toca el suelo por primera vez, a partir del punto en que abandona la rampa sobre el plano horizontal. El montaje experimental, que facilita este estudio utiliza una regla de 30,00 cm, una prensa, una hoja milimetra-

da, una cinta métrica, una canica, dos trozos de madera de 20 cm unidos perpendicularmente. Todo esto colocado sobre una mesa, tal como mostramos en la figura 3.27.

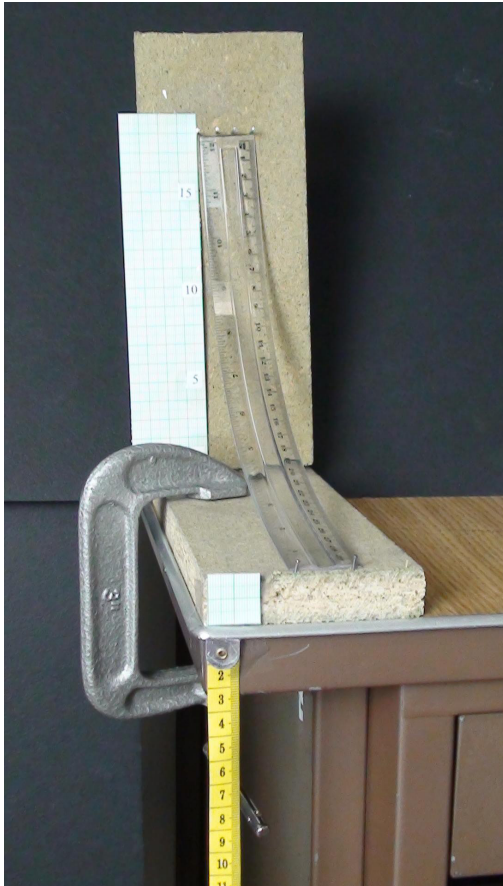


Figura 3.27. Montaje experimental.

Con el montaje de la figura 3.27 seguimos el movimiento de la canica desde que se deja caer de una altura constante de la rampa, hasta que toca el piso. Una visión general de dicho montaje lo presentamos en la figura 3.28.

El modelo físico a la base de esta experiencia es el movimiento parabólico, que es la suma de dos movimientos simples: un movimiento rec-

tílineo uniforme y un movimiento uniformemente acelerado. Con todo esto, lo que sigue es una toma sistemática y ordenada de la información. Con dicha información y un análisis adecuado de la misma se podrán identificar las fuentes de incertidumbre que afecta a la distancia D .

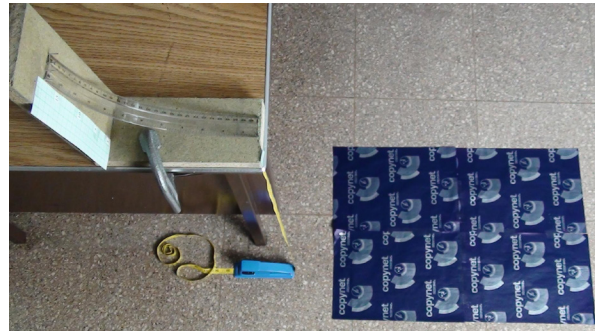


Figura 3.28.
Visión general del montaje experimental.

¿Qué evidencias se dan o podrían obtener hacia el estudio y análisis de la situación planteada?

Comenzamos a describir el análisis y estudio completo de la situación. La canica se deja caer de una altura “ h ” constante, figura 3.29.

La energía mecánica total de la canica a la altura (h) es toda energía potencial; al final de la rampa la energía mecánica total de la canica, es casi toda energía cinética (hay pérdida por fricción y rotación, que asumimos

despreciable). Suponemos un sistema donde se conserva la energía, por lo tanto, la expresión que relaciona estos dos momentos, en cuanto a la energía mecánica es la presentada a continuación,

$$mgh = \frac{1}{2} m v^2 \quad (3.1)$$

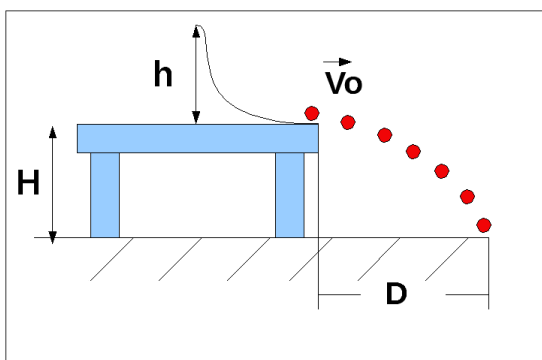


Figura 3.29. Descripción esquemática de la caída de la canica.

A partir de la expresión 3.1, se obtiene la relación,

$$v = \sqrt{2gh} \quad (3.2)$$

La cual representa la rapidez horizontal con la que la canica comienza a caer en una trayectoria parabólica. Como ya hemos señalado, la canica en su caída sigue un movimiento en una trayectoria parabólica. Este tipo de movimiento se caracteriza por ser la suma de dos movimientos, un movimiento uniforme en línea recta y un movimiento rectilíneo uniformemente ace-

lerado. Este modelo nos permite afirmar que la velocidad horizontal es constante, por lo tanto, la rapidez horizontal está dada por la expresión 3.2. En cuanto a la rapidez vertical al inicio del movimiento parabólico es cero y va aumentando a medida que la canica cae.

Ahora nos centraremos en el tiempo de caída. ¿Cómo podemos conocer este tiempo? El tiempo de caída lo conocemos a partir de la altura de la mesa (H). Para ello, nos centramos en uno de los movimientos, el movimiento uniformemente acelerado, por lo que la altura a cada instante está dada por la expresión,

$$H = y = \frac{1}{2} g t^2 \quad (3.3)$$

Obtenemos el tiempo en función de la altura de la mesa, al despejarlo de la expresión 3.3,

$$t = \sqrt{2 \frac{H}{g}} \quad (3.4)$$

La expresión 3.4 corresponde al tiempo total en que la canica recorre la distancia vertical (H), que es el mismo tiempo en que la canica hace su recorrido horizontal. Ambos tiempos son iguales.

Otro punto a tener presente es que si el movimiento en el eje horizontal es un movimiento rectilíneo a velocidad constante, entonces, la distancia (D) que nos interesa está dada por la

expresión,

$$D = vt \quad (3.5)$$

Al unir la expresión 3.4 y 3.5 se puede expresar la distancia (D) como,

$$D = v \left(\sqrt{2 \frac{H}{g}} \right) \quad (3.6)$$

Esta expresión 3.6 nos dice que medir la distancia D, nos permite conocer v. En otras palabras medir D es medir v, pues, H (altura de la mesa) y g son constantes. Como sabemos la velocidad inicial con que cae la canica de la rampa es toda horizontal, pues la velocidad vertical en ese momento es cero. Además el movimiento de la canica en el eje horizontal es constante, pues, en el eje horizontal, el movimiento de la canica es un movimiento uniforme. En consecuencia conocemos la velocidad de la canica a lo largo del eje horizontal. Por lo tanto, la distancia D, también puede ser expresada como sigue,

$$D = 2 \sqrt{hH} \quad (3.7)$$

La expresión (3.7) nos dice que D depende de la altura de la rampa de la cual se deja caer la canica y de la altura de la mesa H. Ambos valores independientes. Esta información sólo aclara lo que se hace, pero, no nos lleva al punto principal de esta experiencia.

Como ya hemos señalado nos interesa conocer el valor D, pero, al dejar caer la canica de una misma altura, encontramos que no cae siempre en el mismo punto. Cae en puntos cercanos unos de otros, pero, no el mismo lugar lo que señala inmediatamente, que D, puede tener varias fuentes de incertidumbre, tal como mostramos en la figura 3.30.

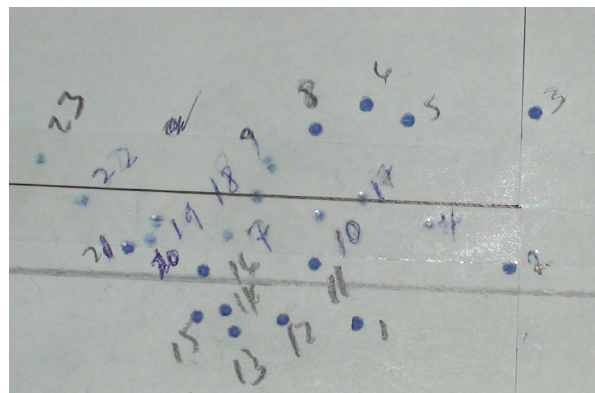


Figura 3.30. Representación gráfica de la incertidumbre.

Ahondemos un poco más en la figura 3.30. Si trazamos un plano cartesiano que nos sirva de referencia observamos que la distancia D, no es unidireccional, hay una componente en Ox y una componente en Oy para cada punto. Lo que nos señala la existencia de un vector resultante. Es decir, para cada punto, de acuerdo a la referencia establecida tiene una componente en Ox y otra en Oy para cada vector trazado desde el punto de impacto. Veamos esto de forma gráfica, en la figura 3.31.

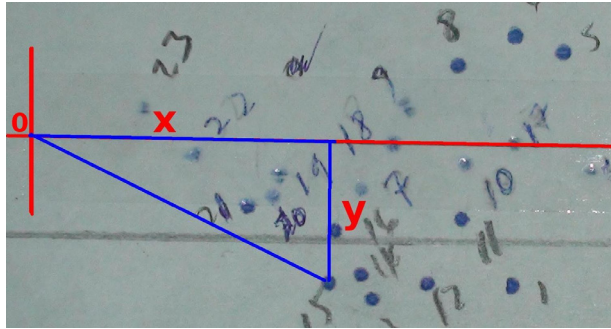


Figura 3.31. Componentes en O_x y O_y de cada punto que representa el choque de la canica contra el papel.

Comp. O_y (mm)	Comp. O_x (mm)
440,0	97,5
457,0	93,5
433,0	91,5
433,5	89,5
437,0	89,5
446,0	88,5
453,0	87,0
458,0	84,0
453,5	82,0
454,0	79,0
452,0	78,5
451,5	79,0
448,5	81,5
448,0	83,0
444,5	86,5
442,0	83,5
439,5	83,0
437,0	80,5
431,0	86,0
429,5	86,5
423,5	80,0
421,5	84,5
413,5	81,5
429,0	85,0
434,0	85,5

Cuadro 3.7. Componentes O_x y O_y para cada punto.

Al medir cada componente, tanto horizontal como vertical, para cada punto, se obtuvo

la información presentada en el cuadro 3.7. Es necesario tener presente que la canica se dejó caer de una altura constante.

El obtener el valor promedio, desviación estándar e incertidumbre típica para cada variable (x y y) se obtuvo la información mostrada en el cuadro 3.8.

Ante estos resultados, la pregunta es, ¿cómo encontrar \bar{D} ? En este caso, \bar{D} es el vector resultante producto de la suma de las componentes x y y . En consecuencia, $|\bar{D}|$ está dado por,

$$|\bar{D}| = \sqrt{\langle x \rangle^2 + \langle y \rangle^2} \quad (3.8)$$

Y en cuanto a σ_D tenemos que está dada por,

$$\sigma_D = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (3.9)$$

Con respecto a σ_t está dada por,

$$\sigma_t = \sqrt{\sigma_{ix}^2 + \sigma_{iy}^2} \quad (3.10)$$

Variabes	Valor promedio (mm)	Desviación estándar (mm)	Incertidumbre típica (mm)
y	440,4	11,91	2,38
x	85,06	4,73	0,95

Cuadro 3.8: Valor promedio, dispersión estándar e incertidumbre típica de Oy y Ox.

Presentamos a continuación una representación gráfica de la experiencia, figura 3.32.

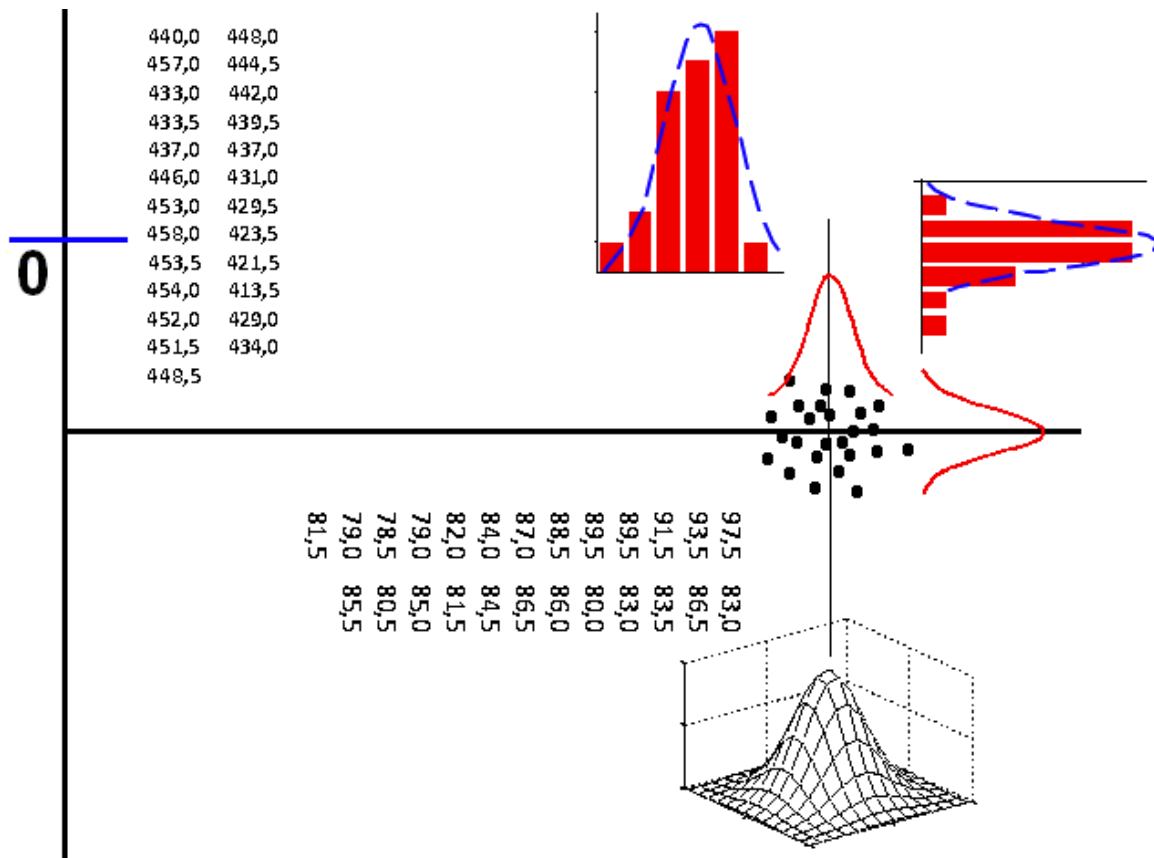


Figura 3.32. Representación gráfica de la experiencia.

$ \bar{D} $ (mm)	σ_D (mm)	(σ_i) (mm)
448,5	12,8	5,7

Cuadro 3.9: Valor promedio, dispersión estándar e incertidumbre típica de de las componentes x e y.

Conclusión

Una experiencia simple, ha permitido poner de manifiesto que la naturaleza aleatoria de una variable muchas veces se ve afectada por una o más variables y que es necesario tomar en cuenta esta influencia al momento de presentar los resultados.

Reflexión

Hay variables aleatorias que tienen naturaleza vectorial en cuyo caso, la dispersión debe tratarse, también, como un vector.