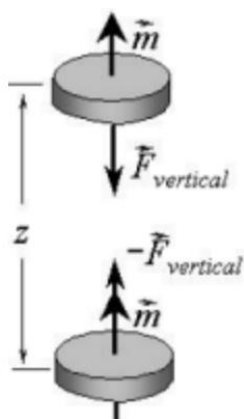


Examen Experimental "Repulsión entre dipolos magnéticos"

Tiempo 5 horas.

Introducción. En la VIII olimpiada iberoamericana de Física celebrada en la Habana se aplico un problema experimental donde se pedía la determinación del momento magnético m de un imán permanente comercial. Para este propósito a los concursantes se les proporcionó la siguiente fórmula para la magnitud de la fuerza, que ejerce un imán de momento magnético m sobre un segundo imán idéntico que se encuentra a una distancia z del primero, a lo largo del eje de simetría del sistema (ver figura):



$$F_{vertical} = \frac{3\mu_0}{2\pi} \frac{m^2}{z^4}$$

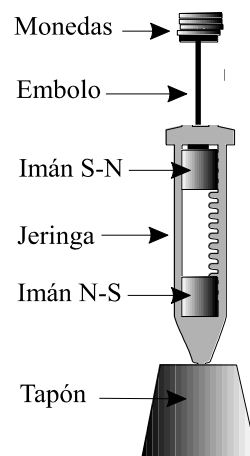
En la figura se representa el caso en que la fuerza es atractiva, pero ésta es repulsiva si los momentos magnéticos de los imanes tienen sentidos opuestos. En este caso se aplica la misma fórmula.

El propósito del experimento de esta olimpiada nacional mexicana es investigar si se cumple la fórmula dada. En otras palabras el objetivo es investigar experimentalmente cuál es la dependencia de $F(z)_{vertical}$ con z , donde z es la separación vertical entre imanes.

Experimento.

La figura muestra el dispositivo experimental
Datos:

Pieza	Peso en gramos +/- 0.05 g
imán	2.9g
Émbolo	1.3g
20 ¢	3.0 g
50¢	4.4 g
10\$	10.2 g



Tareas: Haga las tablas y gráficas que considere necesarias. Calcule el exponente x de la expresión $F_{vertical} = cte \frac{1}{z^x}$ y estime su error.

Solución Problema Experimental

(total 20 puntos)

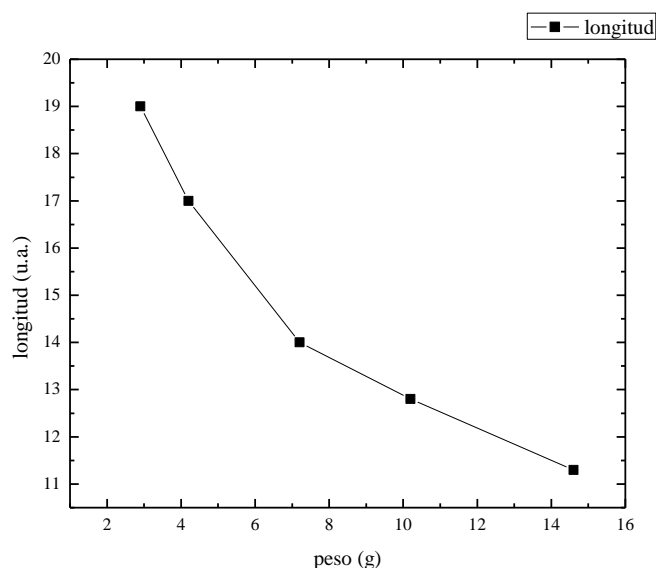
Datos (5 puntos)

MEDICIONES		Tabla de datos	
componente	suma	F	z
imán	2.9	Peso (g)	Distancia (u.a.) +/- 0.1
Imán+ émbolo	2.9+1.3	2.9	19
Imán+émbolo+20c	2.9+1.3+3.0	4.2	17
Imán+émbolo+2×20c	2.9+1.3+3.0+3.0	7.2	14
Imán+émbolo+2×20c+50c	2.9+1.3+3.0+3.0+4.4	10.2	12.8
		14.6	11.3

Esquema de calificación:

- Número razonable: 5 o más datos dar máximo puntaje 1 punto.
- Si se toma en cuenta el peso del propio imán 2 puntos.
- Si se toma en cuenta el peso del émbolo 1 punto.
- Asignar $\frac{1}{2}$ punto por las unidades en la tabla de datos y $\frac{1}{2}$ punto por indicar valor del error. $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$ punto por ambas indicaciones.

Gráfica 1. (5 puntos)



Esquema de calificación:

- Hacer la gráfica 1 punto.
- Si nombra los ejes de la gráfica 1 punto.
- Si señala unidades en la gráfica 1/2 punto.
- Relación del aspecto y la escala. 1 punto.
- Señalar errores adecuadamente 1 punto.
- Trazar una curva de tendencia. 1/2 punto.

Análisis (6 puntos)

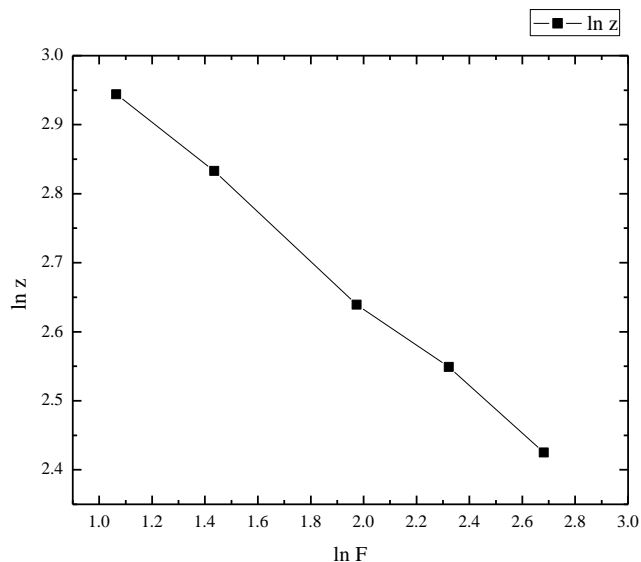
De acuerdo con el enunciado, se tiene,

$$F = kz^{-x}$$

Tomando logaritmos

$$\ln F = \ln k - x \ln z$$

Tabla de datos			
F		Z	
Peso (g)	ln F	Distancia (u.a.)	ln z
2.9	1.065	19	2.944
4.2	1.435	17	2.833
7.2	1.974	14	2.639
10.2	2.322	12.8	2.549
14.6	2.681	11.3	2.425



Esquema de calificación:

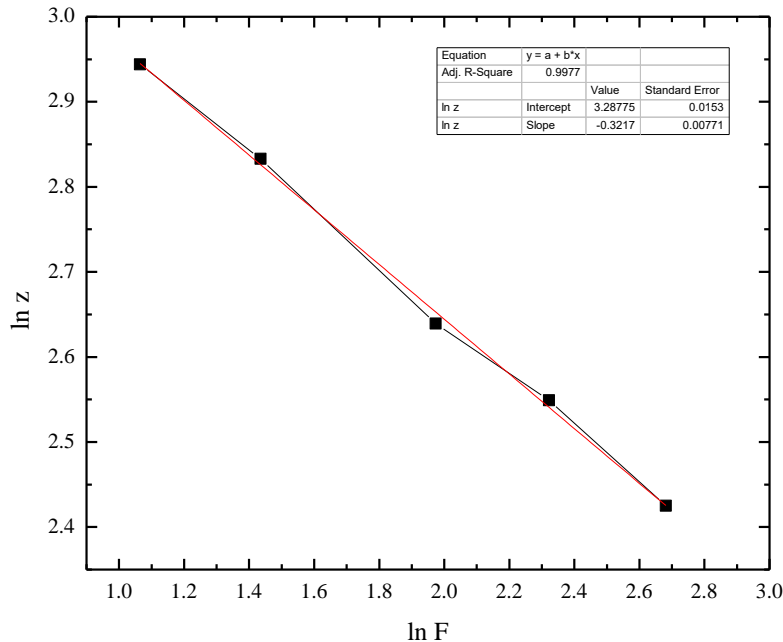
- Establecer la ecuación $\ln F = \ln k - x \ln z$, 2 puntos.
- Hacer la tabla de $\ln F$ vs $\ln z$, 2 puntos.
- Mismos criterios de evaluación que la grafica anterior. (mitad de los puntos) 2 puntos. (El criterio es que sea una recta)

1

Resultados (4 puntos)

El siguiente paso es el cálculo de la pendiente

$$m = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) y_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = -0.32 \pm 0.01$$



Nota: Los resultados aquí presentados corresponden a un par de imanes tomados de un mismo lote “homogéneo” (según el fabricante) por lo que el valor de la pendiente podría diferir del aquí presentado. Como se puede observar la relación de la fuerza repulsión entre estos imanes dipolares difiere de su comportamiento teórico ya que el comportamiento $1/z^4$ se cumple para grandes distancias o para dipolos casi puntuales.

Esquema de calificación:

- Cálculo de la pendiente. 1 punto.
- Estimación del error por un método razonable, por ejemplo, desviación estándar, o método gráfico 1 punto.
- Conclusión. 2 puntos.