

Resistencia del Aire

Cuando resuelves problemas físicos relacionados con la caída libre, con frecuencia se te pide que ignores la resistencia del aire y que asumas que la aceleración es constante y sin fin. En el mundo real, debido a la resistencia del aire, los objetos no caen indefinidamente con aceleración constante. Una forma de ver esto es comparar la caída de una pelota de béisbol y de una hoja de papel cuando se sueltan desde una misma altura. La pelota de béisbol se está acelerando todavía cuando golpea el suelo. El aire tiene un efecto mucho mayor sobre la hoja de papel que el que tiene sobre el movimiento de la pelota de béisbol. El papel no se acelera mucho tiempo antes que la resistencia del aire reduzca la aceleración de modo que se mueve con una velocidad casi constante. Cuando un objeto cae con una velocidad constante, preferimos usar el término *velocidad terminal*, o v_T . El papel alcanza la velocidad terminal muy rápidamente en una corta caída hacia el suelo, la pelota de béisbol no lo hace.

A la resistencia del aire algunas veces se le llama *fuerza de arrastre*. Se han hecho experimentos con una gran variedad de objetos cayendo en el aire. Estos algunas veces muestran que la fuerza de arrastre es proporcional a la velocidad y otras veces que la fuerza de arrastre es proporcional al cuadrado de la velocidad. En cualquier caso, el sentido de la fuerza de arrastre es opuesto al sentido del movimiento. Matemáticamente, la fuerza de arrastre se puede describir usando $F_{\text{arrastre}} = -bv$ o $F_{\text{arrastre}} = -cv^2$. Las constantes b y c se denominan como los *coeficientes de arrastre* que dependen del tamaño y de la forma del objeto.

En la caída hay dos fuerzas que actúan sobre un objeto: el peso, mg , y la resistencia del aire, $-bv$ o $-cv^2$. A la velocidad terminal, la fuerza hacia abajo es igual a la fuerza hacia arriba, así que $mg = -bv$ o $mg = -cv^2$, dependiendo de si la fuerza de arrastre sigue la primera o la segunda relación. En cualquier caso, como g y b o c son constantes, la velocidad terminal se ve afectada por la masa del objeto. Sacando fuera las constantes, esto produce

$$v_T \propto m \text{ o } v_T^2 \propto m$$

Si hacemos el gráfico de la masa versus v_T o v_T^2 , podemos determinar cuál relación es más apropiada.

En este experimento, medirás la velocidad terminal como una función de la masa de los filtros de café en caída y usarás los datos para elegir entre los dos modelos de la fuerza de arrastre. Se escogieron los filtros de café porque ellos son lo suficientemente ligeros para alcanzar la velocidad terminal en una corta distancia.

OBJETIVOS

- Observar de la resistencia del aire sobre la caída de los filtros.
- Determinar cómo la velocidad terminal de un cuerpo que cae es afectada por la resistencia del aire y la masa.
- Elegir entre dos modelos de fuerzas competitivas para la resistencia del aire en la caída de los filtros.

MATERIALES

computador
interfaz Vernier para computador
Logger Pro

Detector de Movimiento Vernier
5 filtros de café estilo cesto

PREGUNTAS PRELIMINARES

1. Sujeta un solo filtro de café en tu mano. Suéltalo y observa su caída al suelo. Después, apila dos filtros y suéltalos. ¿Los dos filtros caen más rápido, más lento o con la misma rapidez que un filtro? ¿Qué clase de relación matemática puedes predecir que existe entre la velocidad de caída y el número de filtros?
2. Si no hubiera resistencia del aire, ¿cómo se compararía la velocidad de caída de un filtro de café con la velocidad de caída de una pelota de béisbol?
3. Dibuja el gráfico de la velocidad vs. tiempo para la caída de un filtro de café.
4. Cuando el filtro alcanza su velocidad terminal, ¿cuál es la fuerza neta que actúa sobre él?

PROCEDIMIENTO

1. Conecta el Detector de Movimiento al canal DIG/SONIC 1 de la interfaz.
2. Sujeta el Detector de Movimiento a unos 2 m sobre el suelo, apuntando hacia abajo, como se muestra en la Figura 1.
3. Abre el archivo “13 Resistencia del aire” en la carpeta *Física con Computadores*.
4. Coloca un filtro de café en la palma de tu mano y sujétalo a unos 0.5 m bajo el Detector de Movimiento. No sujetes el filtro más cerca que 0.4 m.
5. Haz clic en  para iniciar la toma de datos. Cuando el Detector de Movimiento empieza a sonar, suelta el filtro de café directamente debajo del Detector de Movimiento de modo que caiga hacia el suelo. Saca rápidamente tu mano del camino de las ondas de ultrasonido del Detector de Movimiento, de modo que solo el movimiento del filtro sea lo que se registre en el gráfico.
6. Si el movimiento del filtro fuera demasiado errático como para obtener un gráfico de buena calidad, repite las mediciones. Con práctica, el filtro caerá casi en línea recta hacia abajo con muy poco movimiento lateral.

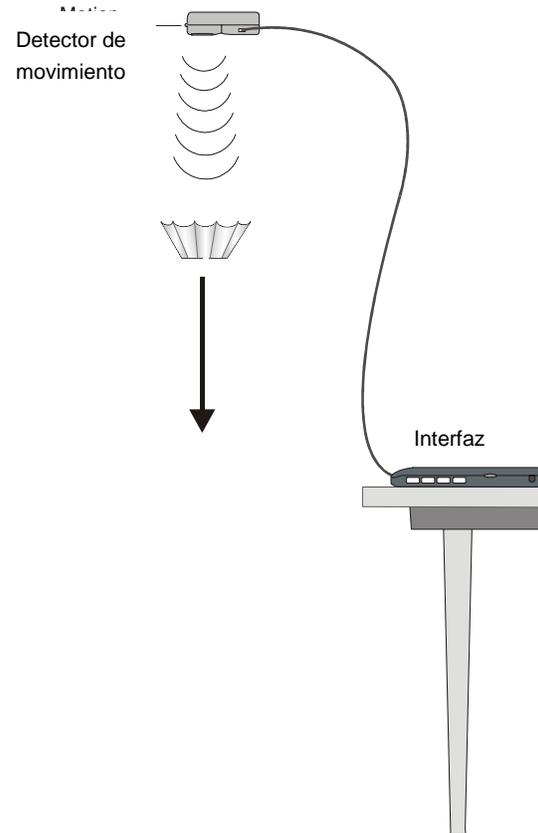


Figura 1

- La velocidad del filtro de café se determina a partir de la pendiente del gráfico de posición vs. tiempo. En el inicio del gráfico, debe haber una región de pendiente creciente (velocidad creciente) y luego debe convertirse en lineal. Como la pendiente de esta recta es la velocidad, la porción lineal indica que el filtro cayó con una velocidad constante o velocidad terminal (v_T) durante ese tiempo. Arrastra el puntero para seleccionar la porción del gráfico que tiene la apariencia más lineal. Determina la pendiente haciendo clic en el botón Ajuste Lineal .
- Registra la pendiente en la tabla de datos (una velocidad en m/s).
- Repite los Pasos 4 – 8 para dos, tres, cuatro y cinco filtros de café.

TABLA DE DATOS

Número de filtros	Velocidad Terminal v_T (m/s)	(Velocidad Terminal) ² v_T^2 (m ² /s ²)
1		
2		
3		
4		
5		

ANÁLISIS

- Para facilitar la selección entre los dos modelos de la fuerza de arrastre, grafica la velocidad terminal v_T vs. número de filtros (masa). En un gráfico aparte, grafica v_T^2 vs. número de filtros. Usa el Logger *Pro* o papel de gráfico.
- Durante la velocidad terminal, la fuerza de arrastre es igual al peso (mg) del filtro. Si la fuerza de arrastre es proporcional a la velocidad, entonces $v_T \propto m$. O, si la fuerza de arrastre es proporcional al cuadrado de la velocidad, entonces $v_T^2 \propto m$. De tus gráficos, ¿Cuál proporcionalidad es consistente con tus datos, o sea, cuál gráfico es más cercano a una recta que pasa por el origen?
- De la selección de la proporcionalidad en el paso anterior, ¿Cuál de las relaciones de la fuerza de arrastre ($-bv$ o $-cv^2$) es la que modela mejor los datos reales? Observa que estas escogiendo entre dos descripciones diferentes de la resistencia del aire, una o ambas pudieran no corresponder a lo que has observado.
- ¿Cómo se relaciona el tiempo de caída con el peso (mg) de los filtros de café (fuerza de arrastre)? Si un filtro cae en un tiempo t , ¿Qué tiempo le tomaría caer a un conjunto de cuatro filtros, asumiendo que los filtros siempre se están moviendo a la velocidad terminal?

EXTENSIONES

- Haz un pequeño paracaídas y usa el Detector de Movimiento para analizar la resistencia del aire y la velocidad terminal mientras se aumenta el peso del cuerpo que pende del paracaídas.
- Dibuja un diagrama de cuerpo libre para el filtro de café cayendo. Solo hay dos fuerzas que actúan sobre el filtro. Una vez que se ha alcanzado la velocidad terminal v_T , la aceleración es cero, de modo que la fuerza neta, $\sum F = ma = 0$, debe ser cero

Experimento 35

$$\sum F = -mg + bv_T = 0 \quad \text{o} \quad \sum F = -mg + cv_T^2 = 0$$

dependiendo de cual modelo de fuerza de arrastre estés usando. Dado lo anterior, dibuja el gráfico para la velocidad terminal (eje y) como una función del peso del filtro para cada modelo (eje x). (Pista: Resuelve primero para v_T)