

## Modelo 19

### Plano inclinado con medidor de fuerza pequeño



---

Fecha

---

Nombre

---

Clase

## TAREA DE CONSTRUCCIÓN

Construye el modelo siguiendo las instrucciones de montaje, sin utilizar el dinamómetro ni las dos ayudas de montaje.

- Asegúrate de que el carro pueda rodar con facilidad. Sus cuatro ruedas deben girar con suavidad. Las dos ruedas horizontales deben mantenerlo recto en la pista.
- Puedes levantar ligeramente el plano inclinado y ver cuánto acelera un carro colocado en el extremo. El carro es amortiguado por el puntal ligeramente elástico.

## TAREA TEMÁTICA

1. Deja la pista sobre la mesa. Si la mesa está recta, ahora estará exactamente en posición horizontal. Para las siguientes consideraciones, llamaremos a esta posición ángulo de montaje de  $0^\circ$  con respecto a la horizontal.

a) Empuja el vagón hasta el final de la pista (alejándolo de la suspensión articulada de la placa base). Levanta lentamente la pista con la mano. ¿Por qué el vagón no empieza a moverse con la más mínima desviación?

---

---

---



- b. Observa cómo el coche acelera más cuando lo sueltas con la pista más elevada. (El puntal estático de la parte inferior lo amortigua suavemente, pero no te excedas, ya que podrías dañar el modelo o sus componentes).

2. Ahora completa el modelo con el medidor de fuerza y las dos ayudas de montaje. De este modo, podremos registrar y evaluar numéricamente las fuerzas que se producen. Asegúrate de que el medidor de fuerza marque «0» en su escala cuando el resorte esté completamente relajado.

En fischertechnik, los puntales en I se fijan longitudinalmente a componentes como vigas estáticas. Su medida se basa en la cuadrícula de 15 mm, que es la distancia entre dos orificios de las vigas. Los puntales en I son siempre un múltiplo entero de esta medida.

Los puntales en X, por el contrario, están pensados para montarse en un ángulo de 45°. Su longitud sigue las reglas del teorema de Pitágoras: corresponden a múltiplos enteros de 15 mm multiplicados por  $\sqrt{2}$ .

- a. Intenta deducir por qué la «ayuda de montaje 45°» con longitudes de puntales en X de 84,8 mm y lengüetas estáticas de 21,2 mm da como resultado un ángulo de montaje de exactamente 45° cuando se alinea verticalmente.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Fecha

Nombre

Clase





b. ¿Por qué la «ayuda de montaje 30°» con los puntales en I 60 y las lengüetas estáticas 15 en orientación vertical da como resultado un ángulo de montaje de 30°?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_

Fecha

\_\_\_\_\_

Nombre

\_\_\_\_\_

Clase

3. Medimos la fuerza en newtons (N) que el carro ejerce sobre el dinamómetro en diferentes ángulos de montaje:

- Con la pista en posición horizontal, la fuerza será de 0 N.
- Con la pista en posición vertical, será el peso total del coche (para que no se salga de la pista, debes sujetarlo ligeramente, a ser posible sin ejercer fuerza hacia arriba o hacia abajo).
- Pero también nos interesan los ángulos entre 0° y 90°.





Tenemos varias posibilidades para determinar el ángulo de inclinación:

- Los dos bloques 7,5 situados en la parte inferior de la placa de construcción están pensados para colocar un transportador sobre ellos y mantenerlo contra la pista. El punto cero del transportador debe estar exactamente en el centro del orificio de los bloques articulados. A continuación, puedes leer fácilmente el ángulo de inclinación actual en la fina ranura de la pieza de conexión 45, que se encuentra en la parte inferior de la pista. Quizás podáis hacerlo en equipos de dos: uno sujeta la pista y el otro lee el ángulo.
- Las dos ayudas de montaje de 30° (la más corta) y 45° (la más larga) se encajan en los adaptadores de los puntales (que parecen levas de resorte, pero tienen un pivote redondo), que se encuentran a aproximadamente 2/3 de la longitud de la vía. El ángulo de montaje especificado se alcanza cuando los puntales apuntan exactamente hacia abajo en vertical y los bloques de construcción 15 se apoyan firmemente y rectos en la placa base en el extremo inferior.  
 Importante: los bloques *no* deben colocarse de manera que se inserten en las ranuras de la placa de construcción, ya que entonces los puntales *no* quedarían exactamente verticales. Los bloques simplemente se colocan planos sobre la placa base. Los puntales discurren desde su suspensión en la vía exactamente en vertical.

Fecha

Nombre

Clase

a. Anote la fuerza medida en una tabla como la siguiente:

Ángulo de inclinación	Fuerza medida (en N)	Porcentaje de la fuerza medida con respecto al peso (con un ángulo de instalación de 90°), en porcentaje
0°	0,0 N	0 %
15°		
30°		
45°		
60°		
75°		
90°		100 %





b) ¿En qué ángulo la fuerza ejercida es exactamente la mitad (50 %) del peso?

---



---



---

Fecha

Nombre

Clase

## TAREA EXPERIMENTAL

También podemos considerar nuestro plano inclinado como una balanza para el carro, que utilizamos en diferentes ángulos de inclinación. Si medimos el peso total (en N) con un ángulo de inclinación de  $90^\circ$ , podemos calcular la masa (en kg) del carro mediante la aceleración de la gravedad  $g$  (la aceleración que experimenta un cuerpo en caída libre sobre la superficie terrestre debido a la gravedad). Se aplica lo siguiente:

$$F = m * a$$

La fuerza  $F$  es igual a la masa  $m$  del cuerpo multiplicada por la aceleración  $a$ . De ello se deduce:

$$m = \frac{F}{a}$$

La aceleración  $a$  es, en nuestro caso, la aceleración de la gravedad. La aceleración media de la gravedad (que no es exactamente la misma en todo el planeta debido a la distribución no uniforme de la masa) es  $g_N = 9,80665 \text{ m/s}^2$ . Si leemos la fuerza  $F$  en N (Newton) en el dinamómetro, podemos calcular su masa como

$$m = \frac{F}{g_N}$$

. Tenemos  $g_N$  con una precisión de cinco decimales, ¡genial! Entonces, ¿podemos calcular la masa  $m$  de nuestro coche en kg con una precisión de cinco decimales? ¿En décimas o incluso centésimas de gramo?





¡Depende de la precisión con la que podamos medir la fuerza!

La medición con la pista en posición vertical (ángulo de inclinación de 90°) muestra, por ejemplo, una fuerza de peso de 0,8 N. Aquí entran en juego diferentes tipos de errores fundamentales:

- Los errores sistemáticos se producen porque hacemos algo mal desde el principio. Suena peor de lo que es: muchos errores sistemáticos son inevitables.
  - Por ejemplo, tenemos una fricción que desconocemos cuantitativamente en las ruedas del carro y en el alojamiento del eje con el muelle.
  - Es posible que no hayamos colocado la escala correctamente, por ejemplo, que esté ligeramente desplazada de su posición correcta, lo que provocaría que todas las mediciones de fuerza se leyeran de forma errónea en una determinada cantidad.
  - La escala podría no haberse impreso correctamente.
  - No sabemos cuál es la aceleración de la gravedad exacta en el lugar donde realizamos las mediciones (aunque en todas partes será de aproximadamente  $9,81 \text{ m/s}^2$ ).
  - Podríamos mirar la escala de forma oblicua y, por lo tanto, obtener una lectura errónea.
  - Y, y, y... Es bueno conocer los errores sistemáticos, pero cuantificarlos suele ser difícil.
- Errores de lectura y errores estadísticos:

Podemos «cuantificarlos», es decir, expresarlos en cifras con las que podemos calcular. Debemos estimar la precisión con la que podemos leer la escala. Una división de la escala corresponde a 0,1 N. Podemos mirar con atención, ajustar todo bien y, aun así, incluso con un ojo entrenado, leer de forma fiable y reproducible como mucho  $1/10$  de la división de la escala. Eso sería  $1/10$  de 0,2 N = 0,02 N. ¡Por lo tanto, no podemos leer la fuerza con una precisión superior a 0,02 N!

---

Fecha

---

Nombre

---

Clase





Ahora podemos calcular la precisión porcentual de nuestra medición de la fuerza: 0,02 N. El error de lectura con un peso de 0,8 N es, por lo tanto

$$\frac{0,02N}{0,8N} = 0,025 = 2,5\%$$

Por lo tanto, nuestro error de medición es del 2,5 % (sin tener en cuenta los errores sistemáticos).

Con un valor de esta precisión, introducimos en nuestra fórmula:

$$m = \frac{F}{g_N}$$

Dado que  $m$  es proporcional a  $F$  ( $g_N$  es una constante), la masa calculada  $m$  también tendrá una imprecisión del 2,5 %.

1. Calcula con  $F=0,8\text{ N}$ , un error de lectura de  $0,02\text{ N}$  y  $g_N$ , la masa del carro en kg o g e indica también el error esperado en kg.

---



---



---



---



---



---



---

Fecha

---

Nombre

---

Clase





Repita la medición en el ángulo de inclinación en el que la fuerza en el dinamómetro es solo la mitad del peso. Calcule, de nuevo con un error de lectura de 0,02 N y utilizando  $g_N$ , la masa y la precisión del cálculo (de nuevo, ambos en kg y g, respectivamente).

---



---



---



---



---

Fecha

---

Nombre

---

Clase

## ANEXOS

Más información

- [1] Wikipedia: [Plano inclinado](#).
- [2] Dennis Rudolph: Errores de medición y análisis de errores. En [gut-erklaert.de](#).
- [3] Ulf Konrad: Cálculo de errores. En [ulfkonrad.de](#).
- [4] Ulf Konrad: Propagación de errores. En [ulfkonrad.de](#).
- [5] Wikipedia: [Propagación de errores](#). Nota: Las matemáticas utilizadas superan el nivel de secundaria.
- [6] Dr. Alexey Chizhik: [Errores de medición](#). Universidad Georg-Augustin de Gotinga. Nota: este enlace es para personas interesadas que quieran ver hasta dónde se puede llegar con el cálculo de errores. El nivel es el de una carrera de Física. Pasando las páginas con el enlace

