Modelo 19
Plano inclinado con medidor de fuerza pequeño

Fecha

Nombre

Clase

Los alumnos reciben las instrucciones para construir el plano inclinado con un pequeño dinamómetro.

TAREA TEMÁTICA

1.

a) ¿Por qué el coche no empieza a moverse con la más mínima desviación?

El carro no empieza a moverse inmediatamente con el más mínimo desplazamiento porque actúan diferentes fuerzas contrarias que impiden el movimiento. Las más importantes son:

1. Fricción: entre las ruedas del carro y el plano inclinado actúa una fricción estática. Esta debe superarse primero para que el carro comience a rodar. La fricción estática es siempre mayor que la fricción dinámica, por lo que el carro permanece inicialmente inmóvil.
2. Inercia: el carro tiene una masa y, por lo tanto, inercia. Se requiere una fuerza mínima (una fuerza de gravedad resultante) para poner el carro en movimiento.
3. Fuerza de gravedad reducida: con ángulos de inclinación muy pequeños, la fuerza de gravedad resultante del peso y el ángulo de inclinación es demasiado débil para superar la fricción estática.

Solo cuando la inclinación es lo suficientemente grande como para que la fuerza de gravedad supere la fricción estática, el carro se pone en movimiento.

b) Si la pista se eleva más, el ángulo de inclinación α\alpha del plano inclinado aumenta. Esto aumenta la componente de la fuerza del peso que actúa a lo largo del plano inclinado, es decir, la llamada fuerza de gravedad:

$$FHang = m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$$

Aquí:

- m es la masa del carro,
- g es la aceleración de la gravedad,
- sin(α) la parte de la fuerza del peso que actúa paralelamente al plano.

A medida que aumenta el ángulo, sin(α) se hace mayor, lo que también aumenta la fuerza de gravedad. Esta fuerza adicional provoca una mayor aceleración del coche, ya que la fuerza de fricción (una vez superada) tiene menos importancia en comparación con la fuerza de gravedad.

Fecha

Nombre

Clase

Podemos descomponer la fuerza del peso que actúa sobre el carro en dos componentes, que discurren paralelas y perpendiculares a la pista:

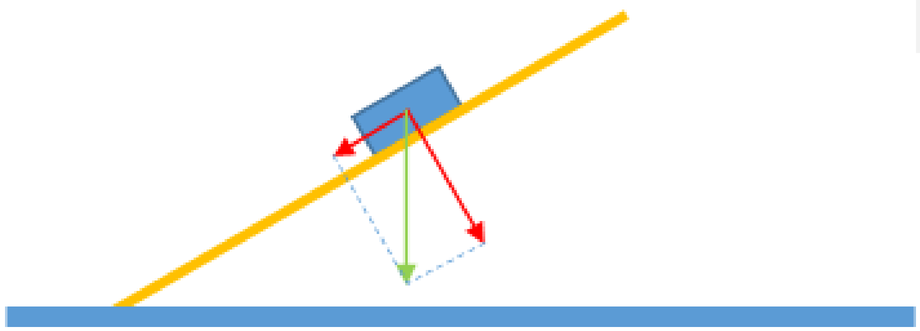


Diagrama 1b

La fuerza del peso se representa con una flecha verde, y las dos componentes de la fuerza, que en suma (vectorial) dan como resultado la misma fuerza, se representan en rojo. Con un ángulo de inclinación de 0, no se produce ninguna fuerza paralela a la pista, mientras que con la pista en posición vertical, la fuerza del peso es idéntica a la fuerza de gravedad y no se produce ninguna fuerza perpendicular a la pista.

La observación muestra, por tanto, cómo la aceleración del carro depende de la pendiente del plano inclinado: cuanto más empinada es la pista, más rápido va el carro.

Fecha

Nombre

Clase

2.

a) ¿Por qué encaja exactamente el dispositivo de ayuda para el montaje de 45°?

La guía tiene una longitud de 18 unidades de ajuste (de 15 mm cada una): desde el centro de la articulación en la base hasta los adaptadores de los puntales para enganchar los soportes. La longitud de la ayuda para el montaje de 45° puede considerarse como la hipotenusa (lado largo) de un triángulo isósceles rectángulo que se extiende desde el punto de enganche con un cateto de 9 unidades hacia la izquierda y abajo y con el segundo cateto perpendicular a él de 9 unidades hacia la derecha y abajo. Allí, el segundo cateto coincide exactamente con la base del montador. Según Pitágoras, necesitamos una distancia de

$$L = \sqrt{9^2 + 9^2} = 9 * \sqrt{2}$$

unidades

La lengüeta estática 21,2 está diseñada para una unidad de ajuste:

$$15mm * \sqrt{2} \approx 21{,}213mm$$

El puntal en X 84,8 está diseñado para una diagonal de 4 unidades de ajuste:

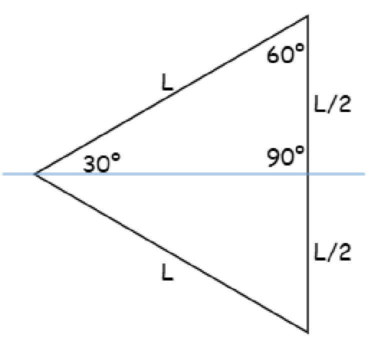
$$4 * 15mm * \sqrt{2} \approx 84{,}852mm$$

Nota: La inscripción del puntal en X 84,8 debería redondearse a una cifra decimal y ser, en realidad, 84,9.

Con dos tirantes en X 84,8 y una lengüeta 21,2 entre ellos, obtenemos, dentro de los límites de precisión de fabricación, exactamente la longitud necesaria para colocar la vía en un ángulo de 45°.

b) ¿Por qué encaja exactamente la ayuda de montaje de 30°?

Supongamos un triángulo equilátero. Todos los ángulos interiores son de 60°. Entonces, para la mitad superior de este triángulo se obtiene un ángulo de 30° y una longitud del lado derecho exactamente igual a la mitad de la longitud del lado del triángulo inicial:



Con un ángulo de instalación de 30°, necesitamos una ayuda de instalación con exactamente la mitad de la longitud de las 18 unidades de enclavamiento. Es decir,

$$\frac{18}{2} * 15mm = 9 * 15mm = 135mm$$

Esto se consigue perfectamente con dos puntales en I 60 (2 · 4 unidades de ajuste) y una lengüeta estática 15 entre ellos (la novena unidad de ajuste que faltaba). De este modo, la ayuda para el montaje encaja perfectamente.

Fecha

Nombre

Clase

3.

Mediciones/consideración cuantitativa:

a) Los resultados de las mediciones deberían mostrar una curva sinusoidal: la proporción de la fuerza de deslizamiento con respecto al peso es sin(α), si α es el ángulo de inclinación.

b) La mitad del peso como fuerza de arrastre se alcanza a 30° y no, como se podría suponer, a 45°. Sin embargo, la función sinusoidal no aumenta de forma lineal, sino que sigue una relación trigonométrica.

La fuerza de resistencia de la pendiente corresponde al componente del peso que actúa paralelamente al plano inclinado. Este componente se describe mediante FHang=m·g·sin(α).

Para un ángulo de inclinación de 30°, se obtiene sin (30°) = 1/2. Esto significa que a 30°, la fuerza de resistencia es exactamente la mitad del peso total. Esto se puede explicar geométricamente: en un triángulo rectángulo con un ángulo de 30°, la cateto opuesto tiene la mitad de la longitud de la hipotenusa. La relación entre la cateto opuesto y la hipotenusa define el seno de un ángulo, por lo que se aplica lo siguiente:

$$\sin(30°) = \frac{Cateto\ opuesto}{Hipotenusa} = \frac{1}{2}$$

Por lo tanto, con una inclinación de 30°, la mitad del peso actúa como fuerza de resistencia.

EXPERIMENTIERAUFGABE

Fecha

Nombre

Clase

1. El valor calculado para la masa es

$$m = \frac{F}{g_N} = \frac{0{,}8\mathrm{N}}{9{,}80665\,\frac{m}{s^2}} = 0{,}081578\mathrm{kg} = 81{,}578\mathrm{g}$$

Sin embargo, esta indicación es excesivamente precisa, ¡no podemos garantizar tal precisión! Dado que m y F son proporcionales entre sí, el error relativo es

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

El error de medición en kg es, por lo tanto, suponiendo que realmente podamos leer con una precisión de 0,02 N y sin posibles errores sistemáticos:

$$\Delta m = \frac{Error\ de\ lectura}{Valor\ medido} \cdot m = \frac{0{,}02N}{0{,}8N} \cdot \frac{0{,}8N}{9{,}80665\,\frac{m}{s^2}} \approx 0{,}002039kg \approx 2{,}0g$$

Con un ángulo de inclinación de 30° del plano inclinado, la fuerza de gravedad es la mitad del peso, es decir, 0,4 N. Sin embargo, la precisión de lectura sigue siendo de 0,02 N. Por lo tanto, el error porcentual es ahora

$$E_{relativo} = \frac{0{,}02N}{0{,}4N} = 5{,}0\%$$

El error en la determinación de la masa es ahora el doble en términos porcentuales, porque en términos absolutos seguimos midiendo con la misma imprecisión que con la fuerza total. El error de medición en kg es, por lo tanto,

$$\Delta m = \frac{Error\ de\ lectura}{Valor\ medido} \cdot m = \frac{0{,}02N}{0{,}4N} \cdot \frac{0{,}8N}{9{,}80665\,\frac{m}{s^2}} \approx 0{,}004079kg \approx 4{,}1g$$

Por lo tanto, la determinación de la masa del carro es mucho más precisa si la realizamos de forma inteligente, es decir, colocando la pista en posición vertical. Y aun así, sigue sin ser tan precisa como la aceleración de la gravedad que conocemos.

Fecha

Nombre

Clase

Nota (1): ¡Un resultado de medición sin indicación de precisión no es fiable! ¿Quién dice que la imprecisión no es del 30 %, del 50 % o incluso de varios cientos por ciento? Solo cuando disponemos de información sobre la precisión de los datos sabemos a qué atenernos y podemos seguir calculando con fundamento.

Nota (2): ¡La precisión de un valor mostrado por un instrumento de medición es algo muy diferente a la resolución de la pantalla!

Ejemplo: una báscula doméstica convencional con pantalla digital suele mostrar un decimal en la indicación de kg, lo que sugiere una precisión de 0,1 kg o 100 g. A menudo, incluso aparece «d = 100 g» en la báscula. Sin embargo, esta d es solo la resolución. ¡No tiene nada que ver con la precisión de la báscula! ¡El valor mostrado puede tener un error de varios kg! No en vano, los fabricantes de estos aparatos suelen ser cautelosos a la hora de publicar datos sobre la precisión de sus productos. Ahora ya sabéis por qué.

Por lo tanto, los instrumentos de medición de los que necesitamos una precisión determinada y conocida deben calibrarse. Para ello, se ajustan de manera adecuada para que proporcionen los valores correctos en condiciones de referencia suficientemente precisas y conocidas. Si la calibración (que es un proceso puramente técnico) se realiza de manera oficial (lo que implica cuestiones legales), se denomina verificación. Una verificación es una calibración realizada oficialmente; un dispositivo verificado no solo está calibrado, sino que está calibrado oficialmente. Un dispositivo ajustado solo en este sentido no está verificado, sino «solo» calibrado.

ANEXOS

Instrucciones de montaje y plantillas para los modelos:
Modelo 19: Instrucciones de montaje del plano inclinado con pequeño dinamómetro.

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 deseen ver hasta dónde se puede llegar con el cálculo de errores. El nivel es el de una carrera de Física. Al desplazarse hacia adelante con el enlace de la derecha, se llega a la propagación de errores.