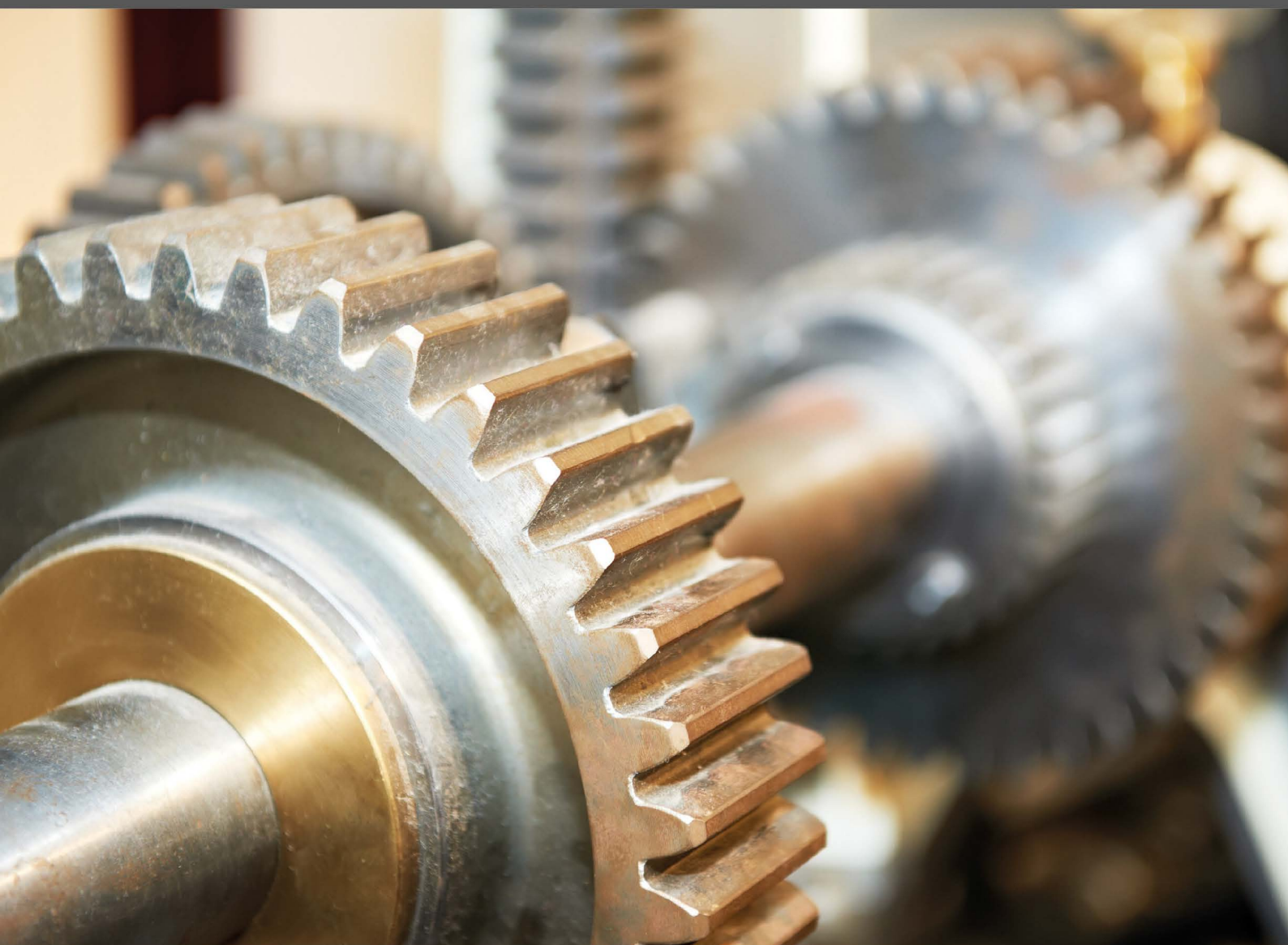




matrix | STRUCTURES

Torsion of Rods



matrix

CP8231

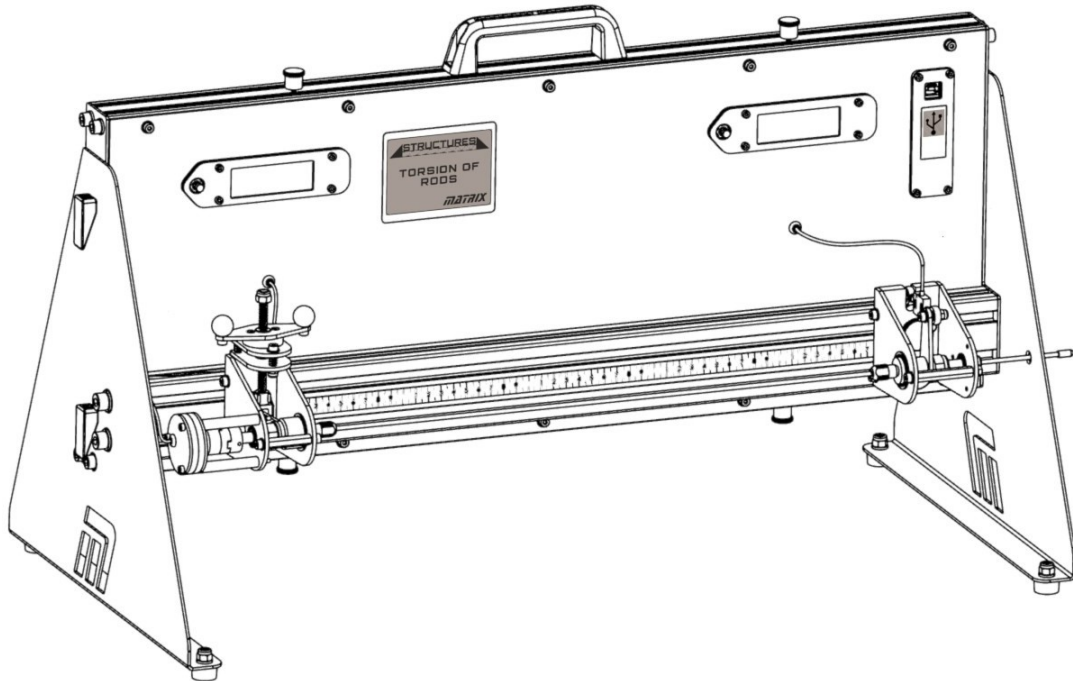
www.matrixtsl.com

Copyright © 2021 Matrix Technology Solutions Limited

Torsión de varillas

Introducción	4
Ficha 1 - Par y diámetro	5
Ficha 2 - Par y longitud	8
Ficha 3 - Par y material	10
Material para estudiantes	11
Notas para el instructor	20

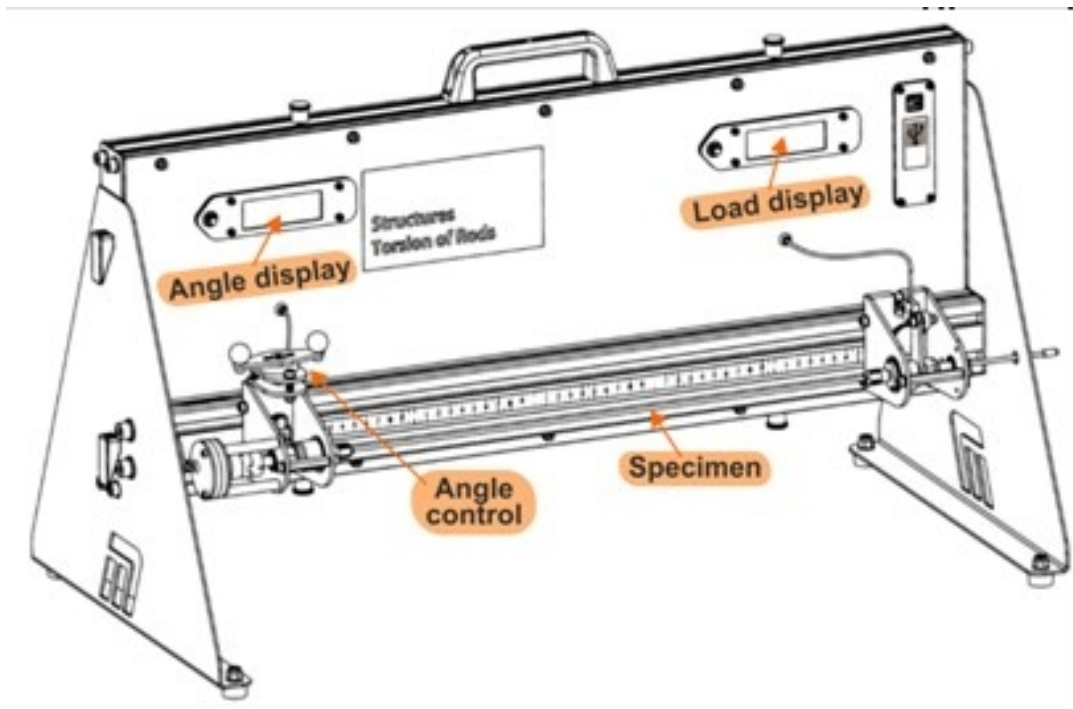
Introducción :



Introducción :

El equipo permite al usuario medir la torsión resultante de retorcer un extremo de una varilla metálica.

Las investigaciones detalladas en este módulo estudian el efecto de cambiar el **diámetro** de la varilla, cambiar el **metal** del que está hecha y cambiar su **longitud**.



Al girar la manivela de control del ángulo se baja la barra roscada y se gira la pinza que sujeta el extremo izquierdo de la varilla. Un giro completo hace bajar la barra 1 mm, lo que provoca que el extremo de la varilla gire alrededor de $1,6^{\circ}$.

Esto también hace girar el eje de un potenciómetro fijado al soporte del extremo. La señal de este potenciómetro determina el ángulo que se muestra en la pantalla LCD izquierda.

La fuerza transmitida al otro extremo de la probeta es detectada por una célula de carga situada en el soporte derecho. La señal de la célula de carga se convierte en una lectura de fuerza que se muestra en la pantalla LCD derecha.

El aparato está diseñado para funcionar con una alimentación de 5v. Esto significa que un cable USB conectado a un ordenador o a un enchufe será suficiente. El software de adquisición de datos sólo funciona a través del ordenador, por lo que la configuración recomendada es tener el USB enchufado al ordenador que está ejecutando el software. Sin embargo, si desea realizar el experimento sin el software, tendrá que conseguir un enchufe USB para el estilo de enchufe local correcto.

Ficha 1

Par y diámetro

Muchas aplicaciones de ingeniería utilizan ejes para transferir energía, a través del par, de una parte del sistema a otra. Una de estas aplicaciones es el eje de transmisión de un vehículo.



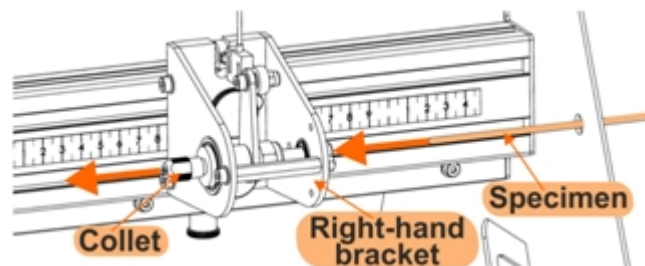
Es importante que este eje no se deforme cuando se aplica un par de torsión. Una propiedad de interés en este caso es el *segundo momento polar del área*, (también llamado *momento polar de inercia*), que depende de cómo se distribuye la masa en el objeto con respecto al *momento de inercia*.

a un eje determinado. Cuanto mayor sea éste, más rígido será el eje. Es lógico, pues, sospechar que el diámetro de una varilla afectará a su rigidez.

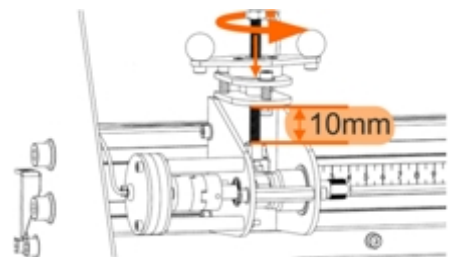
La primera investigación busca una conexión de este tipo. Se compara el comportamiento de dos varillas del mismo material, con la misma longitud pero con diámetros diferentes.

Te toca a ti:

- Selecciona la más pequeña de las dos varillas de latón y mide su diámetro con un calibre de pie de rey.
- Anota la medida en el Student Handout.



- Encuentra las dos pinzas que coincidan con el diámetro de la varilla.
- Deslice la varilla por el orificio de la placa final del equipo.
- Coloque las pinzas (y los mandriles) sobre el vástago, orientados en direcciones opuestas. Fije la pinza de mano una suelta.
- Gire la manivela de control del ángulo hasta que la parte superior de la horquilla quede unos 10 mm por debajo de las placas de precarga, como se muestra en el diagrama.



Si te acercas más, corres el riesgo de que haya demasiada fricción, lo que impediría obtener resultados precisos.

Esta es la posición de partida para los tres experimentos.

Ficha 1

Par y diámetro

A su disposición

- Ahora, apriete a fondo las pinzas, primero la del soporte izquierdo.
Mientras aprieta el del soporte derecho, sujete la galga extensométrica para oponerse a la fuerza, con el fin de proteger la célula de carga.

No deje que la lectura de carga de la pantalla LCD supere los 4000 g o se dañará.

- Gire la manivela de control del ángulo una vuelta en el sentido contrario a las agujas del reloj para eliminar cualquier holgura.
- Ahora ponga a cero ambas pantallas LCD pulsando los botones situados junto a la pantalla LCD.
- Mida la distancia entre las pinzas, es decir, la longitud, L , sobre la que se produce la torsión.
- Anota esta distancia en el Student Handout.

- Gire la palanca de control del ángulo en incrementos de media vuelta hasta que el ángulo mostrado en la pantalla LCD alcance 20° aproximadamente.

La pantalla LCD se vuelve verde una vez que la medición se ha estabilizado.

No retuerza la varilla mucho más de 20° , ya que podría provocar una deformación plástica de la varilla y dejarla deformada de forma permanente.

- Para cada incremento, registra el ángulo de torsión y las lecturas de la célula de carga, ya sea directamente en la tabla del Student Handout o a través del puerto USB directamente a una hoja de cálculo.

(La salida LCD de carga se muestra en gramos. Es necesario convertirla en la fuerza correspondiente en newtons. El ángulo de torsión θ se da en grados en la LCD izquierda. Es necesario convertirlo en radianes.

En el Student Handout se ofrece orientación sobre ambas conversiones).

Ficha 1

Par y diámetro

A su disposición

- Repite el experimento con la varilla de mayor diámetro del mismo material.
- El Student Handout muestra cómo calcular el par aplicado, T , para cada fuerza aplicada y el segundo momento polar de área, J , para cada varilla.
- Completa todas las columnas de la tabla.
- Traza gráficos de $(T \times L)$ contra $(J \times \theta)$ para ambas barras en el mismo gráfico, usando los ejes proporcionados en el Material para el Alumno. Añade etiquetas que indiquen las escalas elegidas.

Desafío:

En el Student Handout, utilice la relación

$$\theta = \frac{T \times L}{J \times G} \quad \text{donde} \quad G = \text{módulo de rigidez}$$

para explicar por qué la gráfica de $(T \times L)$ frente a $(J \times \theta)$ debe ser lineal.

Y qué:

Sólo hay un pequeño cambio de diámetro entre las dos barras. Sin embargo, esto tiene un gran efecto en el ángulo de torsión causado por un par determinado.

Esto se debe a que el ángulo de torsión depende directamente (inversamente) del segundo momento polar del área. Sin embargo, éste depende de la potencia 4th del diámetro de la varilla. De ahí que un pequeño cambio en el diámetro suponga una gran diferencia en el ángulo de torsión.

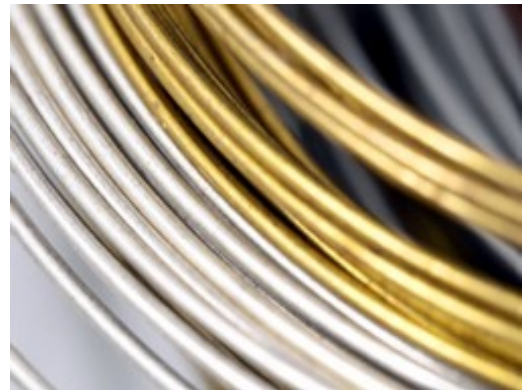
Ficha 2

Par y material

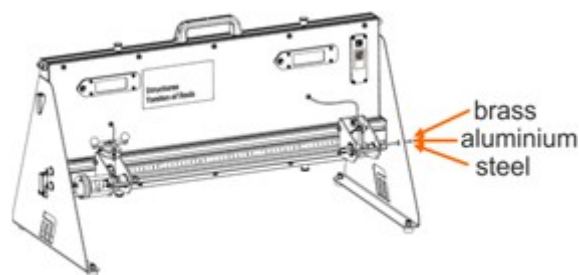
Las propiedades de los metales dependen del comportamiento de los electrones que contienen.

Los electrones son repelidos por otros electrones cercanos y atraídos por las partículas cargadas positivamente de los núcleos de los átomos.

Sus propiedades macroscópicas, como la dureza, la ductilidad y la resistencia al cizallamiento, dependen del número y la distribución de los electrones en su interior



Este experimento compara los efectos de tres materiales diferentes en los ángulos de torsión producidos por diferentes pares.



Te toca a ti:

- Selecciona las tres varillas, de latón, aluminio y acero, que tengan el mismo diámetro.
- Mide el diámetro de cada uno utilizando calibradores vernier.
- Anota la medida en el Student Handout.
- En el Student Handout, calcula el segundo momento polar del área, J , para cada varilla.
- Para cada material:
 - Introduce la varilla en el aparato de torsión de varillas y mide la distancia L entre las pinzas. Anótalo en el Student Handout.
 - Utilice el mismo procedimiento que en la hoja de trabajo 1 para medir el par necesario para produce ángulos de torsión que van de 0° a 20° .
 - Registra tus mediciones directamente en la tabla del Student Handout o a través del puerto USB directamente en una hoja de cálculo.
 - Completa todas las columnas de la tabla.
 - Traza gráficas lineales de $(T \times L)$ contra $(J \times \theta)$ para los tres materiales en los mismos ejes, en el Student Handout, añadiendo escalas adecuadas.

Ficha 2

Par y material

A su disposición

- La fórmula para el ángulo de torsión θ puede reordenarse para dar:

$$\text{módulo de rigidez } G = \frac{T \times L}{J \times \theta}$$

Mide los gradientes de las gráficas.

Estos valores dan estimaciones del módulo de rigidez de los materiales. Introduce los valores en la tabla del Student Handout.

Y qué:

El módulo de rigidez determina el grado en que un material resiste la rotación torsional.

Cuanto mayor es el módulo de rigidez, más rígido es el material.

Se trata de una información útil a la hora de diseñar un sistema como el eje de transmisión de un automóvil. Elegir el material menos denso que pueda soportar el par esperado sin deformarse puede ayudar a reducir el consumo ineficiente de combustible.

Ficha 3

Par y longitud

Es más fácil retorcer una goma elástica larga que una corta.

Más concretamente, el mismo par de torsión produce un ángulo de torsión mayor en una goma elástica larga que en una corta.

¿Ocurre lo mismo con nuestras varillas metálicas?
La siguiente investigación pretende responder a esta pregunta.



Te toca a ti:

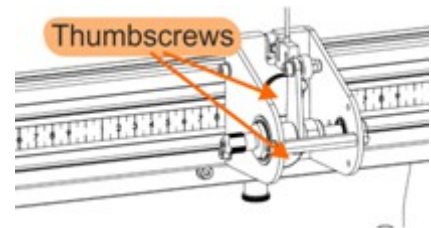
Las constantes:

Este experimento utiliza una **carga fija** en todo momento y el **mismo material**, la varilla de latón de menor diámetro.

Las variables:

Varía la **longitud** de la varilla expuesta al par.

Para ello, afloje los tornillos de mariposa del soporte derecho y deslícelo a lo largo de la viga hasta la posición deseada. La regla fijada a la viga puede utilizarse para medir la distancia entre las pinzas, como antes.



- Coloque el soporte derecho de modo que la distancia entre las pinzas sea de 100 mm (0,1 m). Inserte y sujete la varilla.
- Ajuste el ángulo de giro hasta que la lectura del par sea de 200 g ($T = 0,08 \text{ N.m}$).
- Anota el ángulo de torsión en el Student Handout.
- Aumente ahora la distancia entre las pinzas a 150 mm (0,15 m) y vuelva a ajustar el ángulo de giro hasta que la lectura del par sea de 200 g ($T = 0,08 \text{ N.m}$).
- Registre el nuevo ángulo de giro.
- Continúe así, aumentando la longitud de la varilla en pasos de 50 mm hasta que la longitud L sea de 450 mm (0,45 m). Encuentra cada vez el ángulo de torsión correspondiente a una lectura de par de 200g ($T = 0,08 \text{ N.m}$).
- Utilizando los ejes proporcionados, traza un gráfico del ángulo de torsión θ frente a la longitud de la varilla, L . Entonces, ¿qué?

El gráfico muestra que el ángulo de torsión es directamente proporcional a la longitud, es decir, que a medida que aumenta la longitud, también lo hace el ángulo de torsión.

Folleto para el alumno

Folleto para el alumno

Ficha 1 - Par y diámetro

Fórmulas útiles:

- Para convertir de grados a radianes:
 $\text{ángulo en radianes} = \text{ángulo en grados} \times 0,0175$
- Par aplicado $T = F \times r$ donde $F =$ carga en N;
 $r =$ longitud del brazo de la célula de carga = 0,04m
- Segundo momento polar del área $J = \frac{\pi \times d^4}{32}$

Varilla de latón 1:

Diámetro de la varilla, d mm =m

Longitud de la varilla entre pinzas, L mm =m

Desviación angular		Carga		Par T en N.m	T x L	J x θ
en °	en rad	en g	en N			
0	0	0	0	0	0	0

Folleto para el alumno

Ficha 1

Varilla de latón 2:

Diámetro de la varilla, d mm =m

Longitud de la varilla entre pinzas, L mm =m

Desviación angular		Carga		Par T en N.m	T x L	J x θ
en $^\circ$	en rad	en g	en N			
0	0	0	0	0	0	0

Desafío:

La gráfica de (T x L) frente a (J x θ) debe ser lineal porque:

.....

.....

.....

.....

.....

Folleto para el alumno

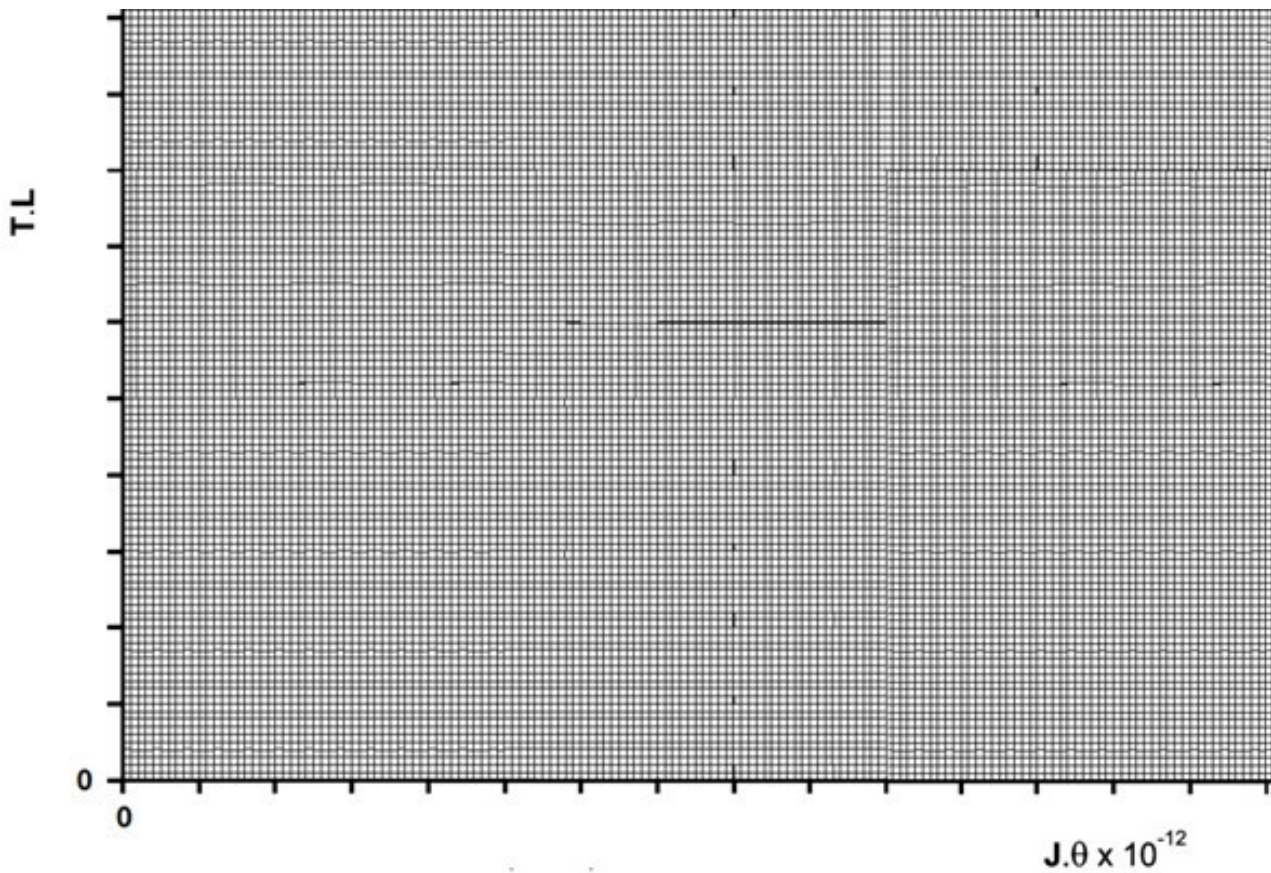
Ficha 1

Gráfico de (T x L) frente a (J x θ):

Utiliza los ejes que se indican a continuación.

Muestra tus medidas como pequeñas cruces.

Traza una línea recta para cada varilla.



Folleto para el alumno

Ficha 2 - Par y material

Varilla de latón :

Diámetro de la varilla, **d**mm =m



Segundo momento polar del área $J = \pi \times d^4 =$
32

.....
.....
.....
.....
.....

Longitud de la varilla entre pinzas, **L**mm =m

Desviación angular		Carga		Par T en N.m	T x L	J x θ
en $^{\circ}$	en rad	en g	en N			
0	0	0	0	0	0	0

Folleto para el alumno

Ficha 2

Varilla de aluminio :

Diámetro de la varilla, **d**mm =m

Segundo momento polar del área $J = \frac{\pi \times d^4}{32} =$

.....

.....

.....

.....

.....

Longitud de la varilla entre pinzas, **L**mm =m

Desviación angular		Carga		Par T en N.m	T x L	J x θ
en °	en rad	en g	en N			
0	0	0	0	0	0	0

Folleto para el alumno

Ficha 2

Varilla de acero :

Diámetro de la varilla, d mm =m

Segundo momento polar del área $J = \frac{\pi \times d^4}{32} =$

.....

.....

.....

.....

.....

Longitud de la varilla entre pinzas, L mm =m

Desviación angular		Carga		Par T en N.m	T x L	J x θ
en $^{\circ}$	en rad	en g	en N			
0	0	0	0	0	0	0

Folleto para el alumno

Ficha 2

Gráfico de (T x L) frente a (J x θ):

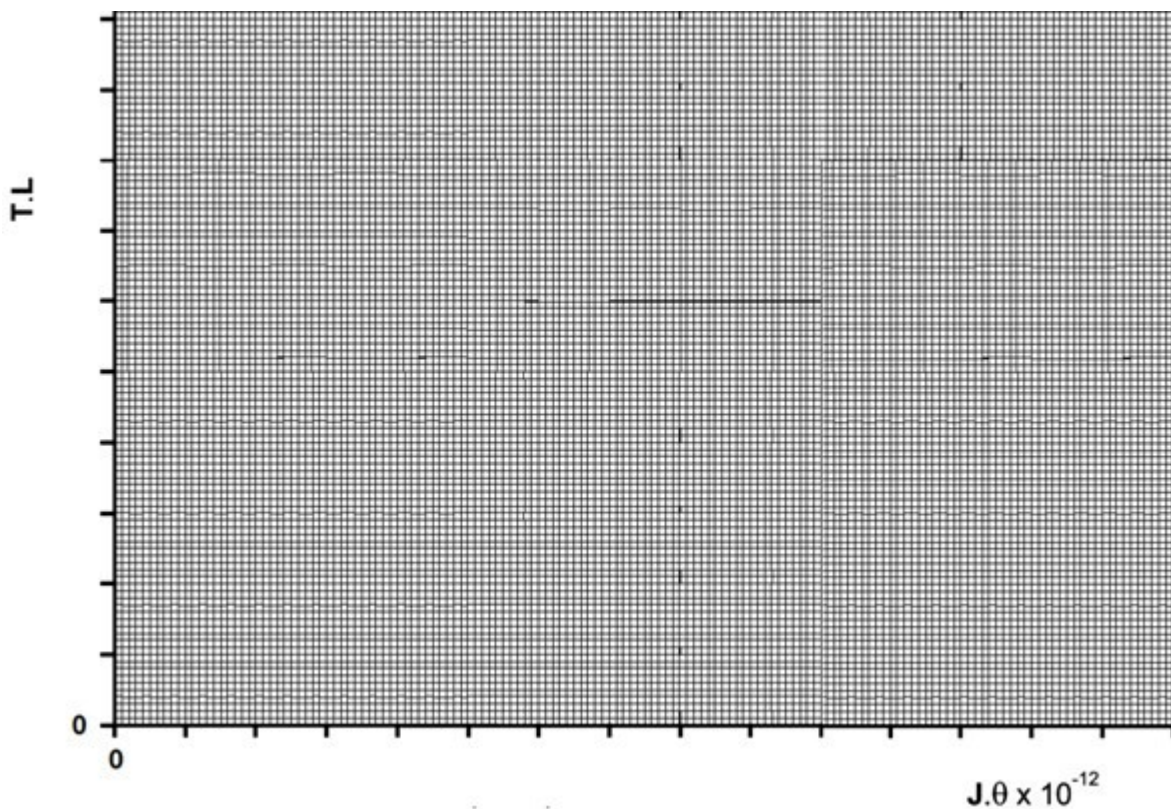
Utiliza los ejes que se indican a continuación.

Muestra tus medidas como pequeñas cruces.

Dibuja un trazado rectilíneo distinto para cada material.

Mide los gradientes de los gráficos.

Con ellos se obtienen estimaciones del módulo de rigidez de los materiales.



Valores resultantes para el módulo de rigidez:

Material	Módulo de rigidez en Pa x 10 ⁹
Latón	
Aluminio	
Acero	

Folleto para el alumno

Ficha 3 - Par y longitud

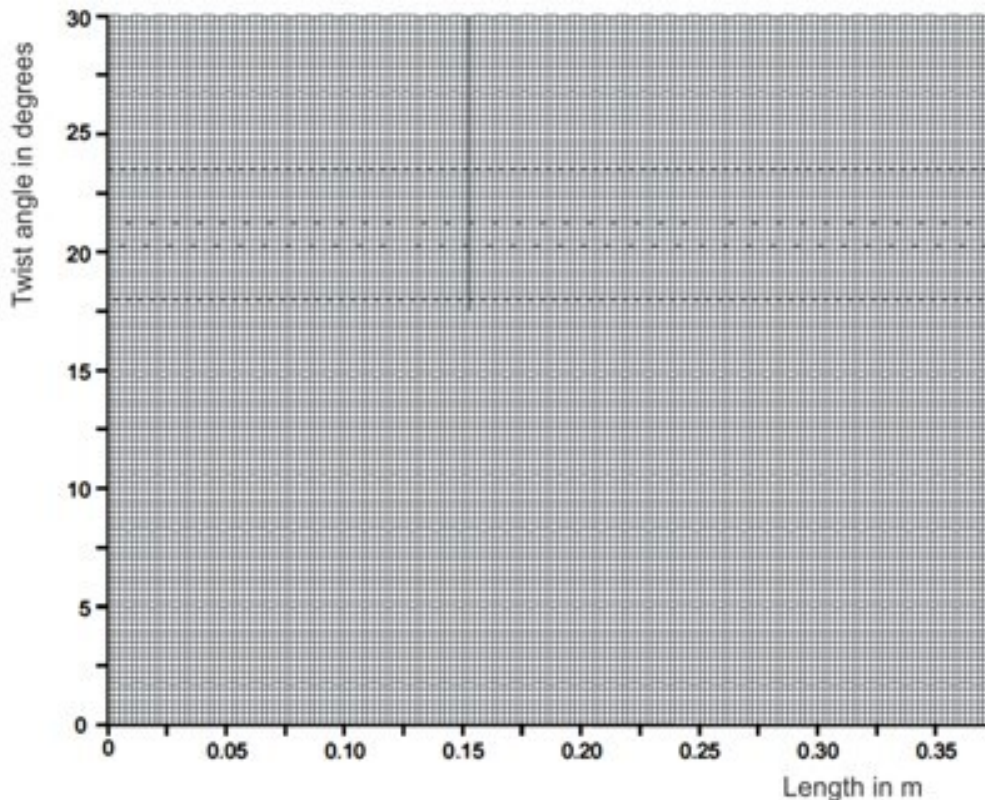
Longitud de la varilla L en mm	Lectura del par en g	Ángulo de giro en $^{\circ}$
100	200	0
150	200	
200	200	
250	200	
300	200	
350	200	
400	200	
450	200	

Gráfico de θ frente a L:

Utiliza los ejes que se indican a continuación.

Muestra tus medidas como pequeñas cruces.

Traza una línea recta utilizando tus medidas como guía.



Notas para el Instructor

Sobre este curso

Introducción

Mediante el módulo "Estructuras - Torsión de barras", los alumnos investigan los efectos de torsión de las fuerzas sobre una variedad de muestras a través de una serie de investigaciones prácticas.

El kit puede ser montado y utilizado por los alumnos con un mínimo de supervisión para completar una serie de fichas de trabajo centradas en una serie de temas relacionados para los cursos BTEC National y Higher National.

Objetivo

El curso enseña a los estudiantes a investigar las relaciones entre el par de torsión y la deformación resultante, así como los factores que influyen en ello para una variedad de barras metálicas.

Conocimientos previos

Se espera que los estudiantes hayan seguido un curso introductorio de ciencias que les permita tomar, registrar y analizar observaciones científicas. Se requiere cierta capacidad matemática: capacidad para tomar lecturas de una escala analógica, capacidad para comprender la transposición de fórmulas, capacidad para utilizar una calculadora para realizar cálculos y capacidad para trazar un gráfico.

Usando este curso:

Se espera que las hojas de trabajo y el Student Handout se impriman / fotocopien, preferiblemente en color, para uso de los alumnos.

El Student Handout es un registro de las medidas tomadas en cada hoja de trabajo y de las preguntas relacionadas con ellas. Los alumnos no necesitan una copia permanente de las hojas de trabajo, pero sí su propia copia del Student Handout.

Este formato fomenta el autoaprendizaje y permite a los alumnos trabajar al ritmo que mejor se adapte a sus capacidades. Corresponde al profesor comprobar que los alumnos comprenden las fichas a medida que las van completando. Una forma de hacerlo es "aprobar" cada ficha a medida que el alumno la va completando, y en el proceso mantener una breve charla para evaluar la comprensión por parte del alumno de las ideas contenidas en los ejercicios que contiene.

Somos conscientes de que usted, como profesional de la materia, es quien determina cómo y qué aprenden los alumnos. Las hojas de trabajo no pretenden suplantar estos u otros conocimientos de apoyo que decida impartir.

Para los expertos en la materia, las "Notas para los instructores" se ofrecen simplemente para revelar el pensamiento que subyace al enfoque adoptado. Para el personal cuyo conocimiento básico de la materia no pertenezca al ámbito cubierto por el curso, estas notas pueden servir tanto de aclaración como de orientación.

Hora:

Los alumnos tardarán entre dos y cuatro horas en completar las fichas. Se necesitará un periodo de tiempo similar para apoyar el aprendizaje resultante.

Objetivos de aprendizaje

Al finalizar con éxito este curso, el alumno será capaz de:

- explicar el significado de los términos *par* y *torsión* y distinguir entre ellos;
- indique las unidades SI de:
 - torsión,
 - segundo momento polar del área,
 - módulo de rigidez.
- poner a cero una célula de carga;
- convertir una lectura de la célula de carga en gramos en una fuerza en newtons;
- calcular el peso de una masa dada utilizando la intensidad del campo gravitatorio local;
- utilizar calibradores vernier para medir el diámetro de una varilla metálica;
- convertir ángulos medidos en grados en radianes;
- calcular el par ejercido por una fuerza dada a una distancia dada de un eje de rotación;
- calcular el segundo momento polar del área para una varilla de diámetro dado;
- calcular el ángulo de torsión teórico de una varilla, dado el par, momento polar segundo de área, longitud y módulo de rigidez del material;
- explicar por qué un cambio en el diámetro de la varilla tiene un efecto tan grande en el ángulo de torsión producido por un par dado;
- reconocer que una ecuación de la forma " $y = m \cdot x + c$ " generará una línea recta cuando la "y" frente a la variable "x";
- calcular la pendiente de un gráfico rectilíneo para determinar el módulo de rigidez de una probeta;
- describir la relación entre la longitud de una varilla y el ángulo de torsión producido por un par determinado.

Notas para el instructor

Hoja de trabajo	Notas
<p>1 Par y diámetro</p> <p>Cronometraje 40 - 60 minutos</p>	<p>Conceptos implicados: torsión torsión grados célula de carga radianes módulo de rigidez polar segundo momento de área ecuación para una línea recta</p> <p>Es posible que el instructor tenga que explicar la función de la célula de carga en este equipo. Diseñada para medir la masa de la carga sobre ella, en este caso está midiendo una fuerza. (Es posible que algunos alumnos necesiten que se les recuerde la diferencia entre masa y peso, y el uso de la fuerza del campo gravitatorio). Aun así, ahí no acaba la historia, ya que la medida objetivo es el par que se aplica a la varilla. Para calcularlo, hay que conocer la longitud del brazo que une la célula a la varilla.</p> <p>Es posible que los instructores tengan que demostrar el uso de calibradores vernier para medir el diámetro de las varillas. Es importante que las pinzas queden bien ajustadas a las varillas para evitar que resbalen.</p> <p>Algunos estudiantes pueden preferir utilizar la transferencia de datos a través del puerto USB para dirigir el registro manual de las mediciones.</p> <p>La dependencia del ángulo de torsión de la cuarta potencia del diámetro puede necesitar alguna ampliación.</p> <p>El reto requiere comprender la ecuación de una línea recta y la capacidad de manipular fórmulas. Para algunos, el reto puede ser demasiado grande, pero lo que importa es el resultado final, no el proceso para obtenerlo. Para algunos, la idea</p>
<p>2 Par y material</p> <p>Cronometraje 40 - 60 minutos</p>	<p>Este ejercicio es un reflejo del de la ficha 1, salvo que, esta vez, las varillas están hechas de materiales diferentes.</p> <p>Dependiendo de su experiencia matemática previa, puede que algunos alumnos no se sientan a gusto con los malabarismos algebraicos de la fórmula del ángulo de torsión. Puede ser necesario algún tipo de apoyo.</p> <p>Los valores típicos del módulo de rigidez en GPa son: latón 38 acero 80 aluminio 26.</p>
<p>3 Par y longitud</p> <p>Cronometraje 30 - 50 minutos</p>	<p>También en este caso se aplican los mismos conceptos que en la ficha 1. Esta vez, la longitud del varilla se cambia para ver qué efecto tiene sobre la torsión.</p> <p>La hoja de trabajo comienza con un resumen de lo que se mantiene constante y lo que se cambia. El instructor puede desarrollar la idea de una prueba justa utilizando este resumen.</p> <p>El éxito de este experimento depende en parte de la atención prestada al apriete de las pinzas cada vez que se cambia la longitud.</p> <p>La carga utilizada podría variar entre los grupos y los resultados podrían compararse posteriormente.</p> <p>Dependiendo de su experiencia matemática previa, algunos alumnos pueden necesitar ayuda con la noción de "directamente proporcional".</p>