

Viscosidad de líquidos newtonianos y no-newtonianos (viscosímetro de rotación)



Física → Mecánica → Mecánica de los líquidos y los gases

Química → Fisicoquímica → Viscosidad

ciencia aplicada → Ingeniería → Mecánica Aplicada → Fluidos y Aerodinámica



Nivel de dificultad

medio



Tamaño del grupo

2



Tiempo de preparación

45+ minutos



Tiempo de ejecución

45+ minutos

This content can also be found online at:



<http://localhost:1337/c/632af4def9067d0003046706>

PHYWE



Información para el profesor

Aplicación

PHYWE



Fig. 1:
Montaje
experimental

La diferencia de viscosidad entre los fluidos newtonianos y no newtonianos tiene enormes implicaciones en el comportamiento de dichos fluidos. Por ello, la comprensión de estas diferencias es muy importante en campos como la dinámica de fluidos.

Información adicional para el profesor (1/2)

PHYWE



Conocimiento previo

Los conocimientos previos para este experimento se encuentran en la sección de principio.



Principio

La viscosidad de los líquidos puede determinarse con un viscosímetro de rotación, en el que un motor con velocidad de rotación variable acciona un cilindro sumergido en el líquido a investigar con un muelle en espiral. La viscosidad del líquido genera un momento de rotación en el cilindro que puede medirse con ayuda de la torsión del muelle espiral y leerse en una escala.

Información adicional para el profesor (2/2)

PHYWE



Objetivo

El objetivo de este experimento es investigar las diferencias de comportamiento entre los fluidos newtonianos y los no newtonianos.



Tareas

1. Determinar el gradiente de la velocidad de rotación en función del esfuerzo de cizallamiento torsional para dos líquidos newtonianos (glicerina, parafina líquida).
2. Investigar la dependencia de la temperatura de la viscosidad del aceite de ricino y la glicerina.
3. Determinar la curva de flujo de un líquido no newtoniano (chocolate).

Principio (1/6)

PHYWE

Si un líquido se encuentra entre dos placas y una fuerza F actúa a lo largo de la placa en la dirección del eje x , la placa se mueve con una velocidad v . Para los líquidos newtonianos, la componente correspondiente de la tensión de cizallamiento τ .

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (1)$$

está relacionado con el gradiente de velocidad $\frac{dv}{dx}$ de la siguiente manera:

$$\tau = \eta \frac{dv}{dx} \quad (2)$$

(η es la viscosidad del líquido y A el área de contacto entre la placa y el líquido).

Algunas sustancias (suspensiones, emulsiones) presentan una correlación compleja entre T y el gradiente de velocidad integral D (líquidos no newtonianos). También es posible la histéresis.

Principio (2/6)

PHYWE

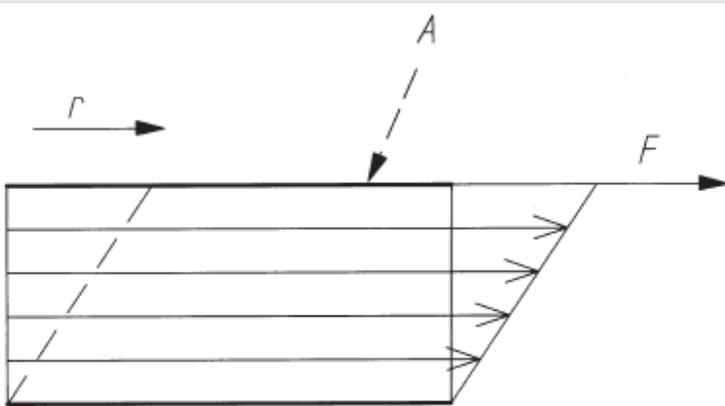


Fig. 2: Gradiente de velocidad y tensión de cizallamiento.

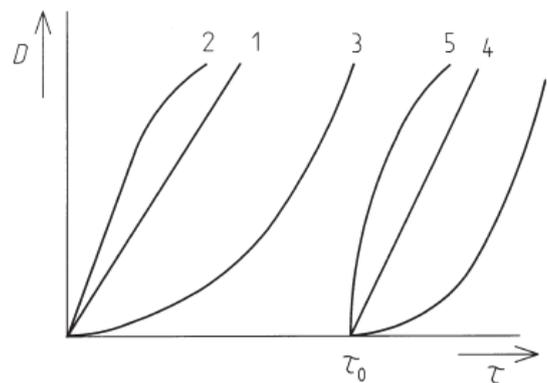


Fig. 3: Flujo viscoso y plástico de diferentes sustancias 1. Líquido Newtoniano 1. Líquido newtoniano (viscoso puro) 2. Líquido dilatante Líquido psuedoplástico 4. Líquido Bingham (plástico puro) 5./6. Líquido cuasiplástico.

Principio (3/6)

PHYWE

Viscosímetro rotativo

Un viscosímetro rotativo consta de un cilindro interior y otro exterior. El líquido a investigar se encuentra entre ellos. A baja velocidad de rotación, el momento de rotación que se ejerce sobre una capa cilíndrica de líquido con un radio y una altura h se ajusta a la siguiente relación como resultado de la rotación del cilindro exterior o interior:

$$T(r) = \tau \cdot 2\pi r h \cdot r \quad (3)$$

El esfuerzo de cizallamiento puede expresarse mediante el momento de rotación medible:

$$\tau(r) = \frac{T}{2\pi r^2 h} \quad (4)$$

En este caso, el gradiente de velocidad D es el siguiente:

$$D(r) = r \frac{d\omega}{dr} \quad (5) \quad \omega \text{ es la velocidad angular.}$$

Principio (4/6)

PHYWE

Para los líquidos newtonianos, la ecuación (2) o la ecuación (3) pueden sustituirse en la ecuación 1. Integración con las siguientes condiciones límite:

$$\omega = 0 \text{ for } r = R_1$$

$$\omega = f \text{ for } r = R_2$$

(R_1 y R_2 son los radios de los dos cilindros) da la siguiente relación entre el momento de rotación medido y la velocidad angular:

$$T = \frac{4\pi R_1^2 R_2^2 h}{R_2^2 - R_1^2} \eta f = C \eta f \quad (6)$$

donde C es una constante del dispositivo.

La expresión anterior debe corregirse aún más debido a los efectos de los bordes para que C se convierta en una constante empírica.

Es habitual utilizar el esfuerzo cortante medio que actúa sobre la superficie de los dos cilindros (2), que se obtiene de la media geométrica o aritmética de los esfuerzos cortantes (τ_{mg} o τ_{ma})

$$\tau_{ma} = T \frac{R_1^2 + R_2^2}{4\pi h R_1^2 - R_2^2} \quad (7)$$

$$\text{o } \tau_{ma} = T \frac{1}{2\pi R_1 R_2 h} \quad (8)$$

Principio (5/6)

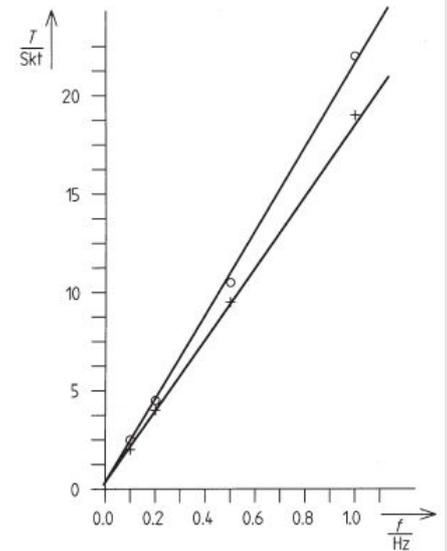
PHYWE

Utilizando la expresión (4) se obtiene lo siguiente para D

$$D_{ma} = \frac{R_2^2 + R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \cdot f \quad (9)$$

$$\text{o } D_{mg} = \frac{2R_1 + R_2}{R_2 - R_1} \cdot f \quad (10)$$

Fig. 4: Momento de rotación en función de la frecuencia para un líquido newtoniano + Glicerina o Parafina líquida



Principio (6/6)

PHYWE

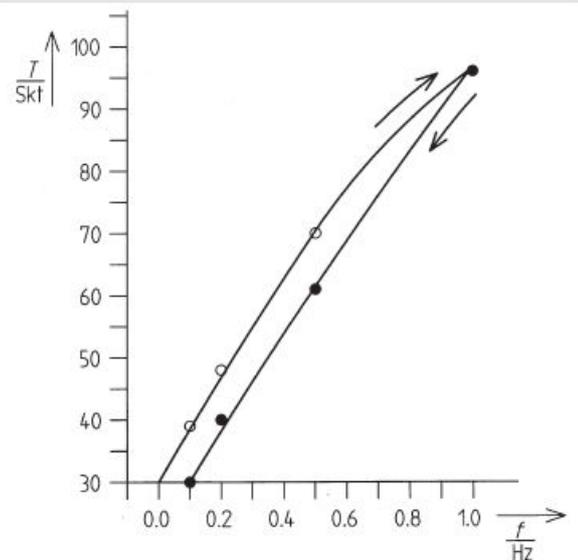
Para los líquidos no newtonianos, T ya no es directamente proporcional a f ni tampoco τ proporcional a D. Existe una fórmula de aproximación que describe una relación entre T y τ y entre D y f.

Para muchos líquidos, la viscosidad cambia exponencialmente con la temperatura T_{abs} :

$$\eta = Ae^{b/T_{abs}} \text{ (Andrage)} \quad (11)$$

$$\text{o } \log \eta = \frac{T_{abs} + b}{T_{abs} + c} \text{ (Vogel)} \quad (12)$$

Fig. 5: Momento de rotación en función de la frecuencia para un líquido no newtoniano (chocolate a 302 K).



Material

Posición	Material	Artículo No.	Cantidad
1		35754-93	1
2	Viscosímetro rotacional	18224-99	1
3	Doble nuez	37697-00	2
4	Varilla de acero inoxidable, 50 cm, Rosca M10	02022-20	1
5	SOPORTE P.DINAMOMETRO TRANSPAREN.	03065-20	1
6	Barra de soporte con agujero, acero inoxidable, 10 cm	02036-01	1
7	Varilla para agitador magnético, cilíndrica, 30 mm	46299-02	1
8	Varilla recoge imanes, resistencia química	35680-03	1
9	V.D.PRECIP.,BAJO,BORO 3.3,600 ml	46056-00	1
10	VASO PRECIPITADO ALTO, BORO 3.3, 250 ml	46027-00	1
11	Varilla de vidrio, BORO 3.3, l = 200 mm, d = 5 mm	40485-03	1
12	Glicerina, 250ml	30084-25	2
13	PARAFINA,LIQUIDA 250 ML	30180-25	1
14	ACEITE DE RICINO 250 ML	31799-27	2
15	Acetona, pura, 250ml	30004-25	3

PHYWE



Montaje y ejecución

Montaje

PHYWE

El montaje experimental se presenta en la Fig. 1. El viscosímetro rotativo debe ajustarse hasta que esté exactamente vertical. Para ello, hay que utilizar los tornillos de ajuste que se encuentran en la base del soporte. En el viscosímetro hay un nivel de caja que permite comprobar la exactitud del ajuste del montaje.

Enroscar el cilindro giratorio con cuidado (rosca a la izquierda). A continuación, bajar el viscosímetro hasta que la superficie del líquido alcance exactamente la marca de calibración del cuerpo giratorio en cada caso.

Ejecución (1/2)

PHYWE

Agitar los fluidos de baja viscosidad mientras se calientan hasta la temperatura de medición deseada con la ayuda de un agitador magnético y una varilla de agitación magnética para lograr rápidamente una distribución uniforme del calor. La temperatura debe medirse siempre en las inmediaciones de los cilindros de inmersión. Una vez alcanzada la temperatura experimental, apagar el calentador. La temperatura debe permanecer constante durante varios minutos antes de comenzar las mediciones, ya que la probeta de inmersión debe estar en equilibrio térmico con el líquido. Cuando se haya alcanzado el equilibrio térmico, apagar el agitador magnético y determinar la viscosidad del líquido. Dado que los momentos de rotación que se miden en este experimento son muy pequeños, es necesario estudiar detenidamente las instrucciones de uso del viscosímetro rotativo y seguirlas al pie de la letra.

Después de realizar la medición, limpiar siempre cuidadosamente la barra del viscosímetro y el cilindro giratorio con agua o acetona.

Para la glicerina y la parafina líquida, determinar la dependencia del momento de rotación de la frecuencia en el rango entre 0,1 Hz y 1,0 Hz.

Ejecución (2/2)

PHYWE

Para la glicerina y el aceite de ricino, determinar la dependencia de la viscosidad con respecto a la frecuencia en el intervalo de temperaturas comprendido entre 290 K y 350 K aproximadamente. Para el chocolate, determinar la dependencia del momento de rotación de la frecuencia en el intervalo comprendido entre 0,1 Hz y 1,0 Hz a una temperatura de 303 K aproximadamente.

Otras sustancias apropiadas para la investigación son Sustancias newtonianas: aceites, etilenglicol, etc.

Líquidos no newtonianos: pinturas (color estructural, esmalte efecto martillo), jarabe, lubricantes, chocolate para untar, etc.

PHYWE

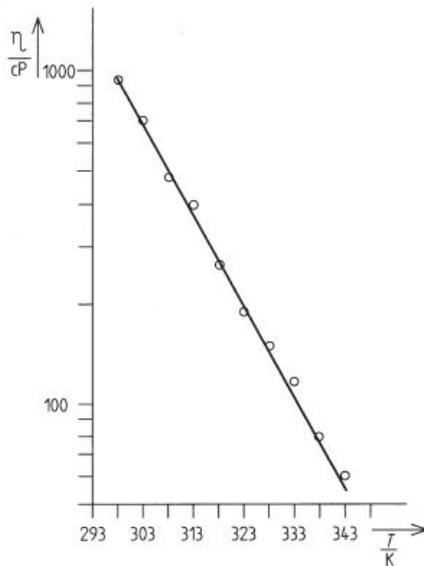


Resultados

Resultados

PHYWE

A 303 K la viscosidad de la glicerina se calculó en $\eta = 680 \text{ cP}$



←
Fig. 6:
Dependencia de la temperatura de la viscosidad de la glicerina.

→
Fig. 7:
Dependencia de la temperatura de la viscosidad del aceite de ricino.

