	แผนการสอน	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหล รหัสวิชา 3100 – 0103	**สอนครั้งที่ 3**
	ชื่อหน่วย ความหนืดและก๊าซสัมบูรณ์	จำนวน 3 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง/ชื่องาน ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิ, ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิ ความเร็ว และแรงต้านการเฉือน		

หัวข้อเรื่องและงาน

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิ

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิ ความเร็ว และแรงต้านการเฉือน

สาระสำคัญ

1. ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิ คือ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิซึ่งมีผลทำให้ความหนืดของของไหลมีการเปลี่ยนแปลงไป

2. ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิ ความเร็ว และแรงต้านการเฉือน คือ การไหลของของเหลวที่มีความหนืดจะทำให้ความเร็วในแต่ละระดับแตกต่างกัน

สมรรถนะที่พึงประสงค์ (ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ)

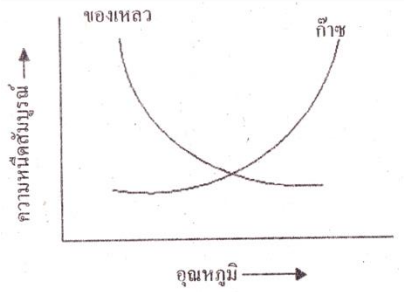
1. บอกความหมายของความหนืดได้อย่างถูกต้อง

2. อธิบายความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีผลต่อของของไหลสถานะก๊าซและของเหลวได้อย่างถูกต้อง

เนื้อหาสาระ

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิ

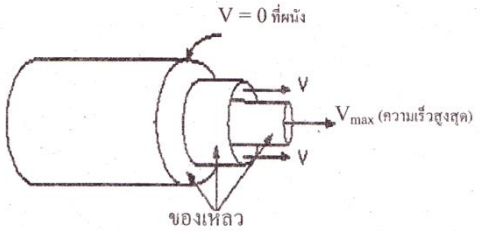
ความหนืดซึ่งบางครั้งอาจเรียกความหนืดพลวัตหรือความหนืดสัมบูรณ์ หมายถึง คุณสมบัติในการต้านแรงเฉือนของของไหล ของเหลวแต่ละชนิดจะมีค่าความหนืดแตกต่างกัน เช่น น้ำผึ้ง มีความหนืดมากกว่าน้ำ หรือกล่าวได้ว่าของเหลวที่มีความหนืดสูงช้ากว่าของเหลวที่มีความหนืดต่ำ



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับอุณหภูมิของของเหลวและก๊าซ

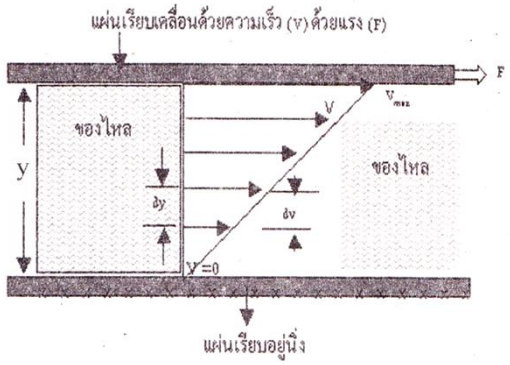
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีผลทำให้ความหนืดของของไหลมีการเปลี่ยนแปลงด้วย ซึ่งหากของไหลอยู่ในสถานะของความหนืดจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่สำหรับของไหลที่อยู่ในสถานะก๊าซจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ ทั้งนี้เพราะก๊าซมีโมเลกุลอยู่ห่างกัน จึงมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลต่ำ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นโมเลกุลของก๊าซจะเคลื่อนที่เร็ว มีการถ่ายเทโมเมนต์ตัมมากขึ้น จึงทำให้ความหนืดของก๊าซเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิ ความเร็ว และแรงต้านการเฉือน คือ การไหลของของเหลวที่มีความหนืดจะทำให้ความเร็วในแต่ละระดับแตกต่างกัน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของของไหลในท่อ

จากรูป 2.2 เมื่อของเหลวที่มีความหนืดเคลื่อนที่ด้วยความเร็วภายในท่อบริเวณแกนกลางท่อจะมีความเร็วสูงสุดในขณะที่ของเหลวที่ติดผนังจะอยู่นิ่ง เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของของเหลวกับผนัง



รูปที่ 2.3 ลักษณะการเคลื่อนที่ของของเหลวที่อยู่ระหว่างแผ่นเรียบ

เมื่อพิจารณาแผ่นเรียบสองแผ่นวางขนานกัน ดังรูปที่ 2.3 โยมีระยะห่างของแผ่นเรียบทั้งสองเป็นระยะ y และมีของเหลวที่มีความหนืดบรรจุอยู่ระหว่างแผ่นเรียบทั้งสอง เมื่อแผนด้านบนสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระขณะที่แผ่นล่างอยู่ติดกับพื้น หากมีแรงทำให้แผ่นบนเคลื่อนที่ จะทำให้เกิดการเลื่อนไถลระหว่างชั้นของเหลวบางๆเหล่านั้น ซึ่งความเร็วของชั้นของของเหลวจะแตกต่างกันไป โดยแผ่นล่างสุดจะมีความเร็วเป็นศูนย์และของเหลวที่ติดกับแผ่นเคลื่อนที่ จะมีความเร็วเท่ากับแผ่นเคลื่อนที่ขนาดของแรง (F) ที่กระทำขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ คือ

1. ถ้าพื้นผิว (A) สัมผัสของแผ่นเรียบกับของเหลวมีขนาดใหญ่ จะต้องใช้แรงกระทำมากหรือถ้าพื้นผิวมีขนาดเล็กก็จะใช้แรงที่มีขนาดลดลง จึงกล่าวได้ว่า แรงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นผิวสัมผัสดังกล่าว

$$F \propto A$$

2. สำหรับพื้นผิวหนึ่งๆ ถ้าต้องการให้ของเหลวเคลื่อนที่ได้เร็วมากขึ้น ก็ต้องใช้แรงมากขึ้นด้วย จึงกล่าวได้ว่า แรงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเร็ว

$$F \propto V$$

3. แต่ความเร้ของการเคลื่อนที่ลดลงเมื่อระดับความลึกมากขึ้น ดังนั้น

$$F \propto \frac{1}{y}$$

ถ้ากำหนดให้ความหนืดของของเหลว ( ) เป็นค่าคงที่ที่มีสัดส่วนโดยตรงกับแรง จากความสัมพันธ์ข้างต้น สามารถเขียนสมการได้เป็น

$$F = \mu \frac{AV}{y} \qquad \text{.....(2.1)}$$

เมื่อ F คือ แรงที่กระทำกับวัตถุ (N)

A คือ พื้นที่ผิวของวัตถุที่สัมผัสกับของเหลว (m^2)

v คือ ความเร็ว(m/s)

y คือ ระยะห่างของแผ่นวัตถุทั้งสอง (m)

μ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความหนืด หรือความหนืดพลวัต หรือความหนืดสัมบูรณ์

หรือเรียกง่ายๆ ว่า เป็นความหนืดของของไหล ($N.s/m^2$)

หมายเหตุ สมการ 2.1 ใช้ได้เฉพาะการกระจายความเร็วเป็นเส้นตรง

ถ้า τ เป็นความเค้นเฉือน (Shaer Stess) จะได้ความสัมพันธ์ว่า

$$\tau = \frac{F}{A}$$

ดังนั้นจากสมการ 2.1 สามารถเขียนได้ใหม่ว่า

$$\tau = \mu \frac{V}{y} \quad \text{หรือ} \quad \tau = \mu \frac{dv}{dy} \qquad \text{.....(2.2)}$$

เมื่อ τ คือ ความเค้นเฉือน(N/m^2)

หน่วยของความหนืด μ จากสมการ $\mu = \frac{\tau}{(dv/dy)} = \frac{N}{m^2} \times \frac{m}{m/s} = \frac{N.s}{m^2}$

และ $Pa = N/m^2$ ดังนั้นหน่วยของความหนืด μ อาจเขียนได้เป็น

$$\mu = Pa.s$$

และอาจเขียนหน่วยของความหนืด μ ในเทอมอื่นได้เมื่อ $1\ N = 1\ kg.m/s^2$

$$\mu = \frac{N.s}{m^2} = \frac{kg.m}{s^2} \times \frac{s}{m^2} = \frac{kg}{m.s}$$

ดังนั้นหน่วยของความหนืด μ ในระบบ SI สามารถเขียนได้เป็น

หน่วยของความหนืด $\mu = \frac{N.s}{m^2} = Pa.s = \frac{kg}{m.s}$

1 poise = 0.1 Pa.s

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู

ขั้นนำ

1. กล่าวทักทายนักศึกษาแล้วอธิบายเรื่องของการวัดอัตราการไหลแล้วเปิดโอกาสถามให้นักศึกษาถาม

ขั้นสอน

1. แจ้งจุดประสงค์รายวิชา หัวข้อที่จะต้องเรียน การวัดการประเมินผล ข้อตกลงต่าง ๆ แก่นักศึกษา
2. บรรยายเนื้อหาประกอบแผ่นใสในหน่วยที่ 2
3. อธิบายหลักการที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิ
4. ให้ทำแบบฝึกหัดที่ 3 และเปิดโอกาสให้นักศึกษาถาม

ขั้นสรุป

1. ผู้สอนสรุปเนื้อหาให้นักศึกษาฟัง และถามนักศึกษาในเรื่องที่เรียน

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

1. ให้นักศึกษาไปศึกษาเนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิเพื่อทำแบบทดสอบที่ 1

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนหน่วยที่ 2

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตความสนใจผู้เรียน
2. ความรับผิดชอบต่องานที่มอบหมาย
3. การให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน
4. ให้ทำแบบทดสอบ

กิจกรรมท้ายบท

1. เพลาเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 8 mm เคลื่อนที่อยู่ในแบริ่งซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 8.02 mm ยาว 30 cm ด้วยความเร็ว 0.5 m/s ช่องว่างระหว่างเพลากับแบริ่งหล่อลื่นด้วยน้ำมันซึ่งมีความหนืดคิเนแมติก 0.005 m^2/s และค่าความถ่วงจำเพาะ 0.9 โดยสมมุติว่าการกระจายความเร็วภายใต้ช่องว่างเป็นเส้นตรง จงคำนวณ

(ก)แรงต้านเนื่องจากความหนืดของน้ำมันที่กระทำต่อเพลา

(ข) ถ่ายเพลาหมุนด้วยความเร็วรอบ 1800 รอบ/วินาที จงหาแรงบิดและกำลังที่ใช้ในการหมุนเพลา

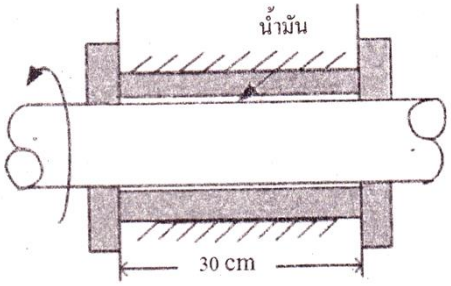
2. แท่งวัตถุมีมวล 6 kg เลื่อนลงมาตามพื้นซึ่งมุมเอียง 15 กับแนวระดับระหว่างแท่งวัตถุกับพื้นเอียงมีน้ำมันซึ่งมีค่าความหนืด 0.44 $N.s/m^2$ หนา 1 mm โดยพื้นที่หน้าสัมผัสระหว่างวัตถุกับน้ำมันเท่ากับ 0.035 m^2 จงหาความเร็วของแท่งวัตถุ

เฉลยแบบฝึกหัด

1. เพลาเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 8 mm เคลื่อนที่อยู่ในแบริ่งซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 8.02 mm ยาว 30 cm ด้วยความเร็ว 0.5 m/s ช่องว่างระหว่างเพลากับแบริ่งหล่อลื่นด้วยน้ำมันซึ่งมีความหนืดคิเนแมติก 0.005 m^2/s และค่าความถ่วงจำเพาะ 0.9 โดยสมมุติว่าการกระจายความเร็วภายใต้ช่องว่างเป็นเส้นตรง จงคำนวณ

(ก)แรงต้านเนื่องจากความหนืดของน้ำมันที่กระทำต่อเพลา

(ข) ถ่ายเพลาหมุนด้วยความเร็วรอบ 1800 รอบ/วินาที จงหาแรงบิดและกำลังที่ใช้ในการหมุนเพลา



(ก)แรงต้านเนื่องจากความหนืดของน้ำมันที่กระทำต่อเพลา

วิธีทำ จากสูตร $\rho = \frac{\mu}{\rho}$ .....(1)

ความหนาแน่น $\rho = S.\rho_{น้ำ}$

แทนค่าในสมการ (1)

$$0.005 = \frac{\mu}{900}$$

$$\mu = 4.5 \ N.s/m^2$$

จากสมการ $F = \frac{\tau.A.V}{y}$ .....(2)

พื้นที่ของเพลา $A = \pi.D.L$

$$A = \pi \times 0.0802 \times 0.3 = 0.0754 \ m^2$$

ระยะระหว่างเพลากับแบริ่ง $y = \frac{0.0802 - 0.08}{2} = 1\times10^{-4} \ m$

แทนค่าในสมการ (2)

$$F = \frac{4.5\times0.0754\times0.5}{1\times10^{-4}}$$

$$F = 1{,}696.5 \ N$$

(ข) หาแรงบิด

จากสูตร $T = \tau.A.r$

หาความเร็วรอบของเพลา

$$v = \frac{\pi.d.N}{60} = \frac{\pi\times0.08\times1{,}800}{60} = 7.54 \ m/s$$

รัศมีของเพลา

$$r = \frac{d}{2} = \frac{0.08}{8} = 0.04 \quad m$$

แทนค่าในสมการ (3)

$$T = \left(\frac{4.5 \times 7.54}{1 \times 10^{-4}}\right) \times (0.754) \times (0.4)$$

$$T = 1{,}023.33 \quad N.m$$

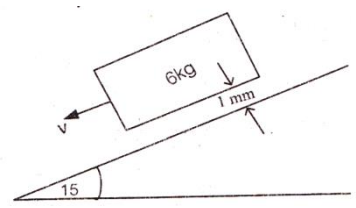
หากำลังที่ใช้ในการหมุนเพลา

จากสูตร $$P = \frac{2 \times \pi \times 1{,}023.33 \times 1{,}800}{60}$$

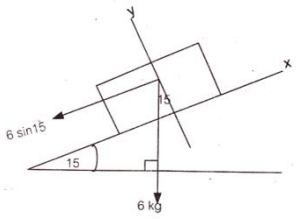
$$P = 192.893 \quad kW$$ **ตอบ**

2. แท่งวัตถุมีมวล 6 kg เลื่อนลงมาตามพื้นซึ่งมุมเอียง 15 กับแนวระดับระหว่างแท่งวัตถุกับพื้นเอียงมีน้ำมันซึ่งมีค่าความหนืด 0.44 $N.s/m^2$ หนา 1 mm โดยพื้นที่หน้าสัมผัสระหว่างวัตถุกับน้ำมันเท่ากับ 0.035 m^2 จงหาความเร็วของแท่งวัตถุ

วิธีทำ.



สมดุลแรงตามแนวพื้นเอียง $(\Sigma F_x = 0)$



$$W = m.g.\ \sin\ 15$$

$$W = 6 \times 9.81 \times \sin 15 = 15.23 \quad N$$

หาความเร็วจากสูตร

$$F = \mu \frac{A.v}{y}$$

$$15.23 = \frac{0.44 \times 0.035 \times v}{1 \times 10^{-3}}$$

$$= 0.99 \quad m/s$$ **ตอบ**

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการเรียนของนักเรียน.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....