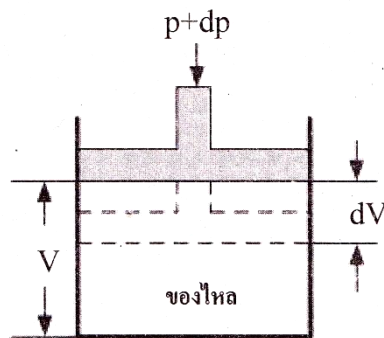


	แผนการสอน	หน่วยที่ 1
	ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหล รหัสวิชา 3100 – 0103	สอนครั้งที่ 2
	ชื่อหน่วย คุณสมบัติของของไหล (Properties of Fluids)	จำนวน 3 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง/ชื่องาน ความสามารถอัดตัวได้และความยืดหยุ่น, ความตึงผิว, ความดันไอ		
หัวข้อเรื่องและงาน 1.5 ความสามารถอัดตัวได้และความยืดหยุ่น 1.6 ความตึงผิว 1.7 ความดันไอ สาระสำคัญ 1. ความสามารถอัดตัวได้และความยืดหยุ่น คือ ของไหลเป็นสสารที่มีความยืดหยุ่น ซึ่งอัตราส่วนระหว่างความดันกับปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงเรียกว่าโมดูลัสเชิงปริมาตร (bulk modulus : E) 2. ความตึงผิว คือ ผลของแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของของเหลวช่วยยึดให้โมเลกุลอยู่ใกล้กันทำให้ของเหลวมีผิวหน้า 3. ความดันไอ คือ การเปลี่ยนสถานะจากโอมมาเป็นของเหลวนี้เรียกว่าการควบแน่น สมรรถนะที่พึงประสงค์ (ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. สามารถคำนวณหาความสามารถอัดตัวได้และความยืดหยุ่นได้อย่างถูกต้อง 2. สามารถคำนวณหาความตึงผิวของของเหลวได้อย่างถูกต้อง 3. อธิบายลักษณะความดันไอของของเหลวได้อย่างถูกต้อง		

เนื้อหาสาระ

1.5 ความสามารถอัดตัวได้และความยืดหยุ่น

เมื่อของไหลได้รับการเพิ่มความกดดัน จะทำให้ปริมาตรเกิดการเปลี่ยนแปลงลดลง ถ้าหากการเปลี่ยนแปลงพลังงานในของไหล เป็นไปอย่างสมบูรณ์(ไม่มีการสูญเสียพลังงาน)เมื่อเอาความดันที่กระทำต่อของไหลนั้นออกไป ของไหลที่ยุบตัวจะขยายตัวกลับไปในปริมาตรเท่าเดิม จึงกล่าวได้ว่า ของไหลเป็นสสารที่มีความยืดหยุ่น ซึ่งอัตราส่วนระหว่างความดันกับปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงเรียกว่าโมดูลัสเชิงปริมาตร (bulk modulus : E)



1.1 รูปความยืดหยุ่นเชิงปริมาตร

จากรูปที่ 1.1 พิจารณาลูกสูบและกระบอกสูบที่บรรจุด้วยของไหลอยู่ภายใต้ความดัน P และมีปริมาตร V เมื่อเพิ่มความดัน dP มีผลทำให้ปริมาตรภายในกระบอกสูบลดลง $-dV$ ซึ่งสามารถเขียนสมการได้ว่า

$$E = \frac{-dP}{dV/V} = \frac{\text{ความดันที่เปลี่ยนไป}}{\text{ปริมาตรที่เปลี่ยนไป/ปริมาตรเดิม}}$$

เมื่อ E คือ โมดูลัสเชิงปริมาตร หรือ (N/m^2) หรือ Pa

dP คือ ความกดดันที่เพิ่มขึ้นต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร (N/m^2)

dV คือ ปริมาตรที่ยุบตัวเพราะแรงกดดันต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร (m^3)

V คือ ปริมาตรเดิมของของไหล (m^3)

หมายเหตุ เครื่องหมายลบในสมการ แสดง ถ้าความกดดันเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาตรลดลง นั่นคือ dP มีค่าเป็นบวก ส่วนค่า dV มีค่าเป็นลบ ทำให้ค่าโมดูลัสเชิงปริมาตร(E) มีค่าเป็นลบเสมอ

ตัวอย่างที่ 1.6 ของเหลวบรรจุอยู่ในกระบอกปริมาตร 1 m^3 ความดัน 35 bar ถูกกดอัดเพิ่มความดันเป็น 240 bar ปริมาตรลดลงเหลือ 0.99 m^3 จงคำนวณหา bulk modulus ของเหลว

วิธีทำ ปริมาตรเดิม $(V) = 1 \text{ m}^3$

ความดันที่เปลี่ยนแปลง $(dP) = 240 - 35 = 205 \text{ bar} = 205 \times 10^5 \text{ Pa}$

$$\text{ปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง (dV)} = 0.99 - 1 = -0.01 \text{ m}^3$$

$$E = \frac{\Delta dP}{dV}$$

$$= - \frac{1 \times (205 \times 10^5)}{-0.01}$$

$$E = 2.05 \times 10^9 \text{ Pa} = 2.05 \text{ GPa}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.7 จงคำนวณหาปริมาตรที่เปลี่ยนไปของก้อนทองแดงรูปลูกบาศก์ ซึ่งมีความยาวด้านละ 0.04 m เมื่อมีความดัน 20 MPa มากระทำรอบด้าน bulk modulus ของก้อนทองแดงเท่ากับ 125 GPa

วิธีทำ ปริมาตรของก้อนทองรูปลูกบาศก์ $V = 0.04 \times 0.04 \times 0.04$

$$= 6.4 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

ความดันที่กระทำ $dP = 20 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

bulk modulus ของทองแดง $E = 125 \times 10^9$

หาปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง $dV = \frac{\Delta dP}{dV}$

$$= - \frac{6.4 \times 10^{-5} \times 20 \times 10^6 \text{ N/m}^2}{1.25 \times 10^9 \text{ N/m}^2}$$

$$dV = -1.024 \times 10^{-8} \text{ m}^3$$

ดังนั้นปริมาตรก้อนทองแดงลดลง 10.24 mm^3

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.8 เครื่องอัดไฮดรอลิกแบบหนึ่ง มีน้ำมันบรรจุ 135 ลิตร จงหาว่าปริมาตรของน้ำมันจะลดลงเท่าไร ถ้าเพิ่มความดันอัดน้ำมันอีก 136 กำหนดให้ค่า bulk modulus ของน้ำมันเท่ากับ $20 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

วิธีทำ โจทย์กำหนดให้

ปริมาตรของน้ำมันที่บรรจุในเครื่องไฮดรอลิก $V = 135 \times 10^{-3}$

ความดันที่เพิ่มขึ้น $dP = 136 \times 10^3 \text{ N/m}^2$

ค่า bulk modulus ของน้ำมัน $E = 20 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

หาปริมาตรของน้ำมันที่ลดลง จากสูตร

$$dv = \frac{\Delta dP}{E}$$

$$= \frac{(135 \times 10^3 \text{ m}^3)(136 \times 10^3 \text{ N/m}^2)}{(20 \times 10^6 \text{ N/m}^2)}$$

$$dV = -9.81 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

ดังนั้นปริมาตรของน้ำมันลดลง 0.918 ลิตร

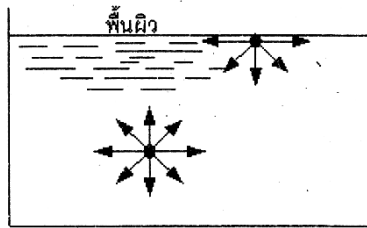
ตอบ

1.6 ความตึงผิว

ในธรรมชาติเราอาจจะเคยเห็นแมลงบางชนิดสามารถเดินบนผิวน้ำได้ ทั้งที่ตัวแมลงมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ปรากฏการณ์เหล่านี้เป็นผลเนื่องจากความตึงผิว ซึ่งเป็นผลของแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของของเหลวช่วยยึดให้โมเลกุลอยู่ใกล้กันทำให้ของเหลวมีผิวน้ำ

แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของของเหลวมี 2 ชนิด คือ

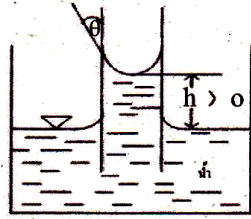
1. แรงเชื่อมแน่น (Cohesion) เป็นแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลชนิดเดียวกัน เช่น โมเลกุลของน้ำกับโมเลกุลของน้ำ
2. แรงการยึดติด (Adhesion) เป็นแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลต่างชนิดกัน เช่น โมเลกุลของแก้ว



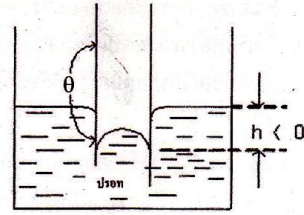
รูปที่ 1.2 โมเลกุลที่ผิวของเหลวถูกแรงดึงดูดเข้าภายใน

พิจารณาโมเลกุลของเหลวในรูปที่ 1.2 จะพบว่าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของของเหลวมี 2 แบบ คือ โมเลกุลที่อยู่ในของเหลวจะถูกดึงดูดในโมเลกุลอื่น ๆ ทุกทิศทาง ส่วนโมเลกุลที่อยู่บริเวณผิวน้ำของของเหลวจะดึงดูดโมเลกุลที่อยู่ข้าง ๆ และข้างล่าง เพื่อไม่ให้โมเลกุลหลุดออกไปจากผิวน้ำของของเหลว ซึ่งแรงดึงดูดนี้เรียกว่า “ความตึงผิว”

ความตึงของของเหลวเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิด้วย ของเหลวที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความตึงผิวน้อยกว่าของเหลวที่มีอุณหภูมิต่ำ เพราะอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของของเหลวลดน้อยลง ผลจากการที่ของเหลวมีความตึงผิวทำให้ผิวน้ำของของเหลวอาจจะมีลักษณะโค้งเว้า หรือโค้งนูนได้ ซึ่งเป็นผลมาจากแรง 2 ชนิด คือ แรงเชื่อมแน่น และแรงการยึดติด โดยหากของเหลวที่บรรจุในภาชนะมีแรงยึดติดมากกว่าแรงการเชื่อมแน่น ผิวน้ำของของเหลวจะมีลักษณะโค้งเว้า เช่น น้ำหลอดแก้วที่มีรูขนาดเล็กมาบรรจุน้ำ จะเห็นตรงขอบน้ำที่ติดข้างหลอดแก้วสูงกว่าระดับน้ำตรงกลางยิ่งหากใช้หลอดแก้วขนาดเล็ก ๆ จะเห็นรอยโค้งเว้าตรงกลางได้ชัดเจน ที่เป็นเช่นนี้เพราะแรงดึงดูดระหว่างน้ำกับแก้วมากกว่าระหว่างโมเลกุลของน้ำ น้ำจะถูกดึงให้สูงขึ้นตามข้างหลอดจนกระทั่งแรงดึงดูดระหว่างน้ำกับแก้วสมดุลกับน้ำหนักของในหลอดแก้ว แต่ถ้าหากเปลี่ยนของเหลวที่บรรจุในหลอดแก้วเป็นปรอท ซึ่งของเหลวชนิดนี้แรงเชื่อมแน่นมากกว่าแรงการยึดติด ทำให้ปรอทบริเวณผนังหลอดแก้วต่ำกว่าระดับของปรอทในตรงกลางของหลอดแก้ว และผิวน้ำของปรอทในหลอดแก้วจะมีลักษณะโค้งนูน ดังรูปที่ 1.3



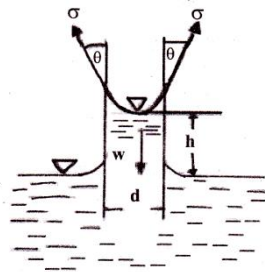
ก) น้ำและปรอท



ข) ปรอทในหลอดแก้ว

รูปที่ 1.3 รูปโค้งเว้าของน้ำและรูปโค้งนูนของปรอทในแก้ว

เราวัดความตึงผิวของของเหลวได้โดยใช้หลอดครุเล็กใส่ลงในของเหลวนั้น ของเหลวขึ้นไปสูงระยะหนึ่งแล้วหยุด ซึ่งของเหลวหยุดนิ่งต่อเมื่อ แรงที่ดึงขึ้นข้างบนอันเนื่องมาจากความตึงผิวสมดุลพอดีกับแรงดึงดูดอันเนื่องมาจากน้ำหนักของเหลว ในหลอดที่สูงกว่าระดับภายนอกหลอด



รูปที่ 1.4 แรงตึงผิวและน้ำหนักของของไหลในหลอดแก้ว

1.7 ความดันไอ

เมื่อของเหลวอยู่ในภาชนะปิดในช่วงแรกปริมาณของเหลวจะลดลงและคงที่ในระยะหลังเพราะโมเลกุลของของเหลวระเหยกลายเป็นไอไปอยู่ในสถานะก๊าซ เมื่อโมเลกุลของไอมิมากขึ้นบางส่วนจะกลับมากลายเป็นโมเลกุลของของเหลวได้อีก เรียกการเปลี่ยนสถานะจากไอมาเป็นของเหลวนี้ว่าการควบแน่น (condensation) ถ้าอัตราการกลายเป็นไอเท่ากับอัตราการควบแน่น ระบบอยู่ในภาวะสมดุลเรียกว่าความดันไอที่จุดสมดุลซึ่งเป็นค่าความดันไอของของเหลวนั้น

ความดันไไม่เกี่ยวข้องกับปริมาณของไอหรือปริมาณของของเหลว ของเหลวจำนวนน้อยหรือมากมีความดันไอเท่ากัน แต่ความดันไจะเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ ความดันไมีค่าคงที่เฉพาะที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นความดันไจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ของเหลวต่างชนิดจะมีอัตราการระเหยไม่เท่ากัน ของเหลวบางชนิดระเหยง่าย เช่น อีเทอร์แอลกอฮอล์ และของเหลวบางชนิดระเหยยาก เช่น กรดซัลฟริก ของเหลวที่ระเหยง่ายมีความดันไสูงกว่าของเหลวที่ระเหยยาก เมื่อวัดความดันไที่อุณหภูมิเดียวกัน

สรุปท้ายบท

1. ของไหล หมายถึง สสารที่สามารถไหลได้ และเปลี่ยนรูปร่างไปตามภาชนะที่รองรับ ถ้ามีความเค้นเฉือนเพียงเล็กน้อยมากกระทำกับของไหล จะให้ของไหลเกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นสถานะของของไหลจึงอาจเป็นก๊าซหรือของเหลว ซึ่งก๊าซเป็นของไหลที่สามารถอัดได้ และของเหลวเป็นไหลที่ไม่สามารถอัดได้
2. หน่วยของการวัดปริมาณ ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน คือระบบหน่วยเอสไอ ซึ่งในวิชากลศาสตร์ของไหลจะประกอบด้วยระบบหน่วยพื้นฐาน 4 หน่วย คือ ความยาว มวล เวลา และแรง นอกจากนี้ยังมีหน่วยอนุพันธ์ซึ่งเป็นหน่วยผสมระหว่างหน่วยพื้นฐานต่าง ๆ
3. ความสัมพันธ์ระหว่างมวล น้ำหนัก และแรง คือ

$$W = mg \text{ และ } f = ma$$

4. คุณสมบัติพื้นฐานของของไหล ประกอบด้วย ความหนาแน่น น้ำหนักเพราะ ปริมาตรจำเพาะ และความถ่วงจำเพาะ

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู

ขั้นนำ

1. กล่าวทักทายนักศึกษาแล้วนำสัญลักษณ์ต่าง ๆ มาให้นักศึกษาดูแล้วถามความหมายของสัญลักษณ์ และสูตรพื้นฐานนั้น

ขั้นสอน

1. แจ้งจุดประสงค์รายวิชา หัวข้อที่จะต้องเรียน การวัดการประเมินผล ข้อตกลงต่าง ๆ แก่นักศึกษา

2. บรรยายเนื้อหาประกอบแผ่นใสในหน่วยที่ 1
3. สาธิตหลักการคำนวณประกอบแผ่นใสตัวอย่างที่ 1.5 1.6 และ 1.7
4. ให้ทำแบบฝึกหัดที่ 1 และเปิดโอกาสให้นักศึกษาถาม

ขั้นสรุป

1. ผู้สอนสรุปเนื้อหาให้นักศึกษาฟัง และถามนักศึกษาในเรื่องที่เรียน

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

1. ให้นักศึกษาไปศึกษาเนื้อหาตัวอย่างที่ 1.5 1.6 และ 1.7 เพื่อทำแบบทดสอบที่ 1-5

สื่อการเรียนรู้การสอน

1. เอกสารประกอบการสอนหน่วยที่ 1
2. แผ่นใสหน่วยที่ 1 ตัวอย่างที่ 1.5 1.6 และ 1.7

การวัดผลและประเมินผล

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

กิจกรรมท้ายบท

1. ถ้าบัลค์โมดูลัสความยืดหยุ่นของน้ำเท่ากับ 2.2×10^9 Pa จงหาความดันที่ต้องเพิ่มให้ เพื่อลดปริมาตรลง 0.6 %
2. จงหาการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของน้ำ 1 ft^3 ที่อุณหภูมิ 80°F เมื่อได้รับความดันเพิ่มขึ้น 300 lbf/in^2 กำหนด บัลค์โมดูลัสความยืดหยุ่นของน้ำเท่ากับ $325,000 \text{ lbf/in}^2$
3. ข้อมูลจากการทดลองพบว่า ที่ความดัน 500 lbf/in^2 น้ำมีปริมาตร 1 ลบ.ฟุต และที่ความดัน $3,500 \text{ lbf/in}^2$ น้ำมีปริมาตร 0.99 ft^3 จงหาบัลค์โมดูลัสความยืดหยุ่นของน้ำ
4. ภาชนะปิดทรงรูป บรรจุของเหลวปริมาตร 1.232 L ที่ความดัน 15 บรรยากาศ จนเกือบเต็ม และที่ความดัน 30 บรรยากาศ ของเหลวมีปริมาตร 1.231 L จงหาบัลค์โมดูลัสความยืดหยุ่นเฉลี่ยของเหลว ถ้าอุณหภูมิหลังถูกกดอัดกลับคืนสู่อุณหภูมิเดิม และหาสัมประสิทธิ์ของความกดอัด (B)
5. ถังทรงกลมผนังบาง บรรจุที่ความดัน $4,666 \text{ lbf/in}^2$ จนเต็ม ทำให้ถังมีปริมาตร 805.407 in^3 ถ้าปล่อยน้ำออกจากถัง จงหาปริมาตรน้ำที่คงเหลือในถังที่ความดันบรรยากาศ กำหนดค่าบัลค์โมดูลัสความยืดหยุ่นเฉลี่ยเท่ากับ $305,000 \text{ lbf/in}^2$

เฉลยแบบฝึกหัด

1. ถ้าบัลค์โมดูลัสความยืดหยุ่นของน้ำเท่ากับ 2.2×10^9 ปาสคาล จงหาความดันที่ต้องเพิ่มให้ เพื่อลดปริมาตรลง 0.6 เปอร์เซ็นต์

วิธีทำ จากสูตร
$$K = \frac{\Delta P}{\Delta V/V}$$

$$2.2 = - \frac{P_2 - 0}{-0.006}$$

$$P_2 = 0.0132 \times 10^9 \text{ Pa หรือ } 13.2 \text{ Mpa} \quad \text{ตอบ}$$

2. จงหาการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของน้ำ 1 ft^3 ที่อุณหภูมิ 80°F เมื่อได้รับความดันเพิ่มขึ้น 300 lbf/in^2
กำหนด บัลค์โมดูลัสความยืดหยุ่นของน้ำเท่ากับ $325,000 \text{ lbf/in}^2$

วิธีทำ จากสูตร
$$K = - \frac{\Delta P}{\Delta V/V}$$

$$325,000 = \frac{300 - 0}{\Delta V/1}$$

$$\Delta V = 0.00092 \text{ ft}^3 \quad \text{ตอบ}$$

3. ข้อมูลจากการทดลองพบว่า ที่ความดัน 500 lbf/in^2 น้ำมีปริมาตร 1 ft^3 และที่ความดัน $3,500 \text{ lbf/in}^2$ น้ำมีปริมาตร 0.99 ft^3 จงหาบัลค์โมดูลัสความยืดหยุ่นของน้ำ

วิธีทำ จากสูตร
$$K = - \frac{\Delta P}{\Delta V/V}$$

$$= - \frac{500 - 3,500}{(1 - 0.99)/1}$$

$$= 300,000 \text{ lbf/in}^2 \quad \text{ตอบ}$$

4. ภาชนะปิดทรงรูป บรรจุของเหลวปริมาตร 1.232 L ที่ความดัน 15 บรรยากาศ จนเกือบเต็ม และที่ความดัน 30 บรรยากาศ ของเหลวมีปริมาตร 1.231 L จงหาบัลค์โมดูลัสความยืดหยุ่นเฉลี่ยของเหลว ถ้าอุณหภูมิหลังถูกกดอัดกลับคืนสู่อุณหภูมิเดิม และหาสัมประสิทธิ์ของความกดอัด (β)

วิธีทำ จากสูตร
$$K = - \frac{\Delta P}{\Delta V/V}$$

$$= - \frac{(30 - 15)(101.3)}{(1.231 - 1.232)/1.232}$$

$$= 1.872 \times 10^6 \text{ kPa หรือ } 1.872 \text{ GPa}$$

$$\beta = 1/K$$

$$= 1/1.872$$

$$= 0.534 \text{ GPa}^{-1} \quad \text{ตอบ}$$

5. ถังทรงกลมผนังบาง บรรจุที่ความดัน 4,666 lbf/in² จนเต็ม ทำให้ถังมีปริมาตร 805.407 in³ ถ้าปล่อยน้ำออกจากถัง จงหาปริมาตรน้ำที่คงเหลือในถังที่ความดันบรรยากาศ กำหนดค่าบัลค์ โมดูลัสความยืดหยุ่นเฉลี่ยเท่ากับ 305,000 lbf/in²

วิธีทำ จากสูตร $K = - \frac{\Delta P}{\Delta V/V}$

$$305,000 = - \frac{0 - 4.666}{(V_2 - 805.407)/805.407}$$

$$V_2 = 817.73 \text{ in}^3$$

$$W = (62.4) (817.73/1,728) = 29.5 \text{ lbf}$$

ตอบ

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการเรียนของนักเรียน.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู.....

.....

.....