

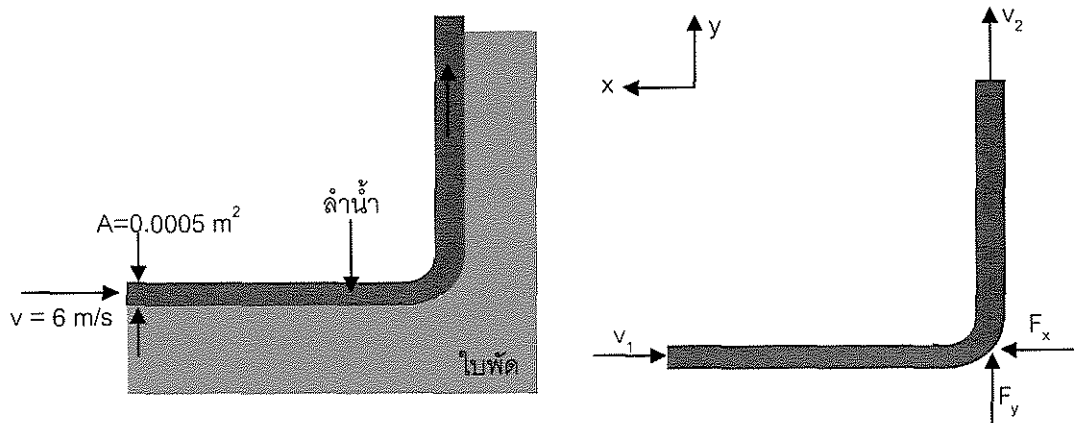
กรณีใบจักรเดี่ยว $Q = A_o(V_o - u)$ แต่ในกรณีใบจักรเป็นชุด $Q = Q_o = A_o V_o$

ดังนั้น

$$F_x = \rho A_o v_o (v_o - u)^2 (1 - \cos \theta) \tag{9.3}$$

$$F_y = \rho A_o v_o (v_o - u) \sin \theta \tag{9.4}$$

ตัวอย่าง 9.1 จากภาพ จงคำนวณหาแรงปฏิกิริยาในแนวระดับและแนวตั้งที่น้ำกระทำต่อใบจักร



วิธีทำ

$$Q = Av = \left(0.005 \text{ m}^2\right) \left(6 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 0.003 \text{ m}^3 / \text{s}$$

จาก $F_x = \rho Q (v_{2x} - v_{1x})$

$$F_x = \rho Q (0 - (-v_1)) = \rho Q v_1$$

$$F_x = \left(10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \left(0.003 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) \left(6 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$$F_x = 18.0 \text{ N}$$

ตอบ

ให้ $v_1 = v_2$

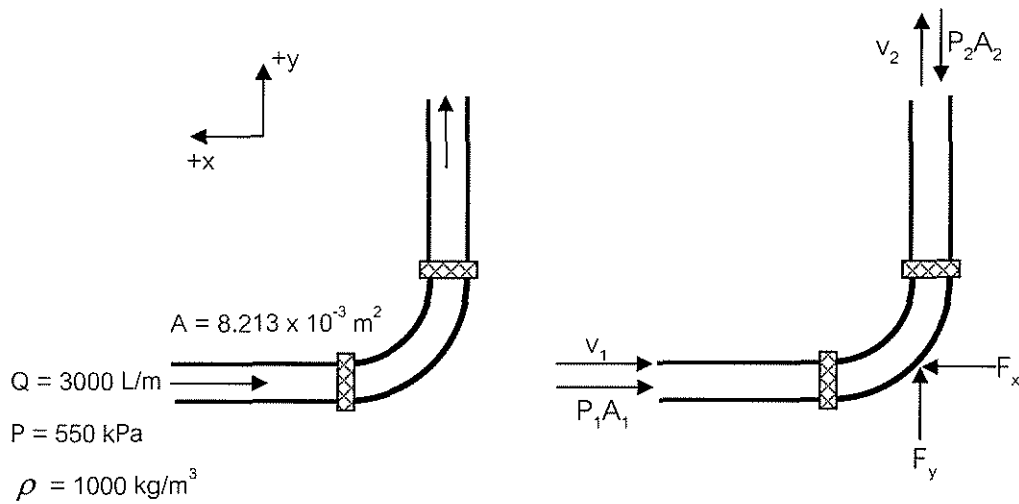
จาก $F_y = \rho Q (v_{2y} - v_{1y})$

$$F_y = \left(10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \left(0.003 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) \left(6 - 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$$F_y = 18.0 \text{ N}$$

ตอบ

ตัวอย่าง 9.2 จากภาพ จงคำนวณหาแรงที่น้ำกระทำต่อท่อทั้งในแนวระดับและในแนวตั้ง

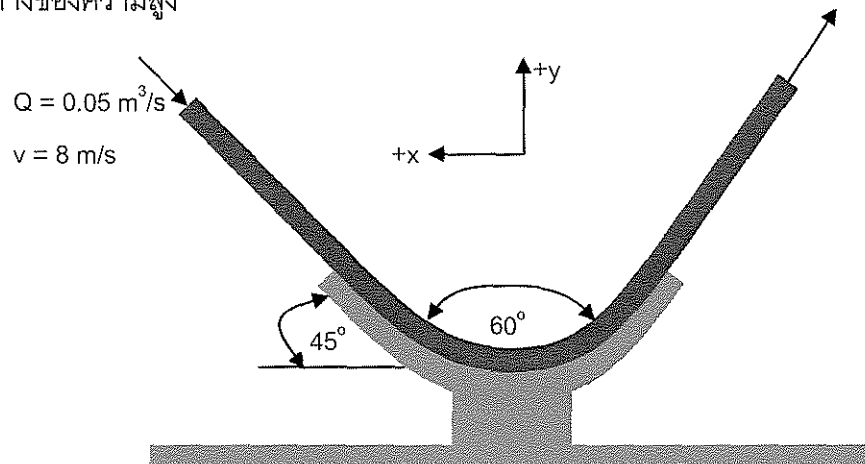


วิธีทำ

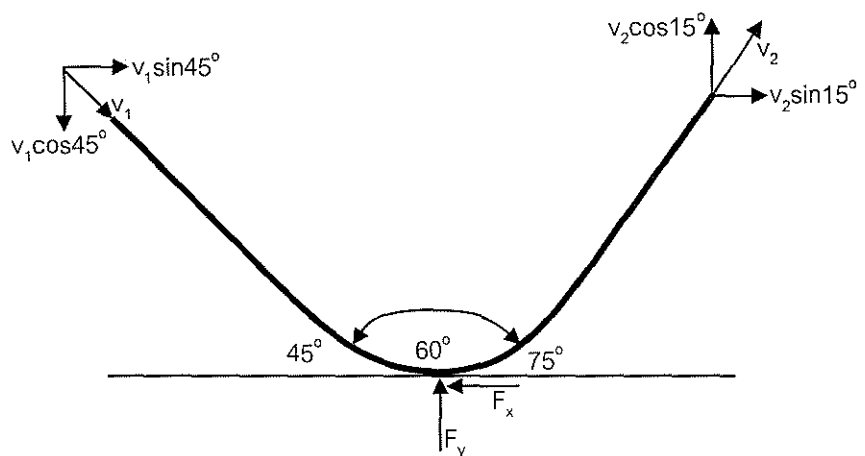
จาก $F_x = \rho Q(v_{2x} - v_{1x})$
 $F_x - P_1 A_1 = \rho Q(0 - (-v_{1x}))$
 $F_x = \rho Q v_{1x} + P_1 A_1$
 $F_x = \left(10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \left(0.05 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) \left(6.09 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) + \left(550 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) \left(8.213 \times 10^{-3} \text{ m}^2\right)$
 $F_x = 4.822 \text{ kN} (\leftarrow)$ ตอบ

$F_y = \rho Q(v_{2y} - v_{1y})$ เมื่อ $v_1 = v_2$
 $F_y - P_2 A_2 = \rho Q v_{2y}$
 $F_y = \rho Q v_{2y} + P_2 A_2$
 $F_y = \left(10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \left(0.05 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) \left(6.09 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) + \left(550 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) \left(8.213 \times 10^{-3} \text{ m}^2\right)$
 $F_y = 4.822 \text{ kN} (\uparrow)$ ตอบ

ตัวอย่าง 9.3 จากภาพ จงคำนวณหาแรงปฏิกิริยาในแนวระดับ แรงในแนวตั้ง และแรงลัพธ์ ทั้งนี้ไม่คิดความแตกต่างของความสูง



วิธีทำ



จาก $F_y = \rho Q(v_{2y} - v_{1y})$ เมื่อ $v_1 = v_2$

$$F_y = \left(10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \left(0.05 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) \left(8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) (\cos 15^\circ - (-\cos 45^\circ))$$

$$F_y = 669 \text{ N}$$

ตอบ

จาก $F_x = \rho Q(v_{2x} - v_{1x})$

$$F_x = \left(10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \left(0.05 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) \left(8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) (-\sin 15^\circ - (-\sin 45^\circ))$$

$$F_x = 179 \text{ N}$$

ตอบ

จาก $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$

$$F = \sqrt{(179 \text{ N})^2 + (669 \text{ N})^2}$$

$$F = 693 \text{ N}$$

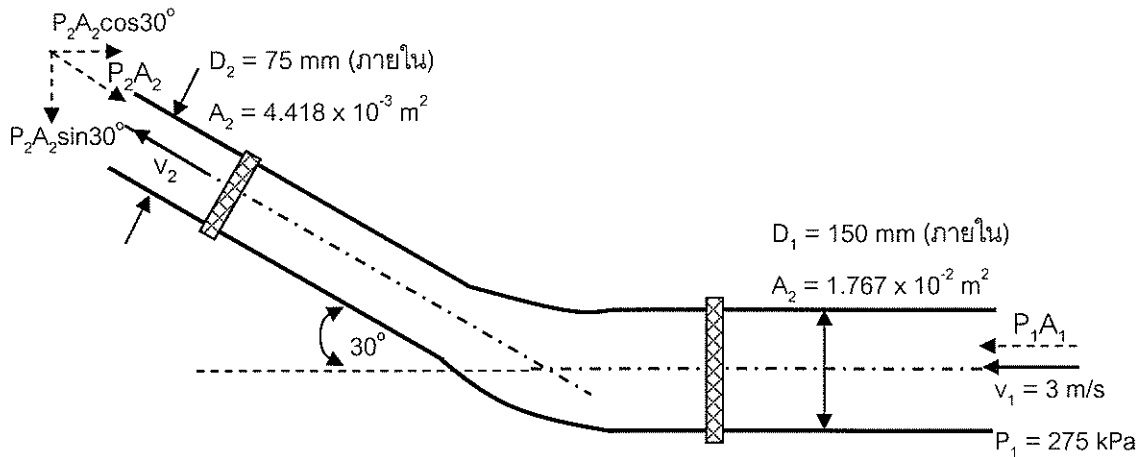
ตอบ

จาก $\tan \theta = \frac{F_y}{F_x}$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{669 \text{ N}}{179 \text{ N}} \right) = 75^\circ$$

ตอบ

ตัวอย่าง 9.4 จากภาพ จงคำนวณหาแรงที่น้ำมัน ($S = 0.93$) กระทำต่อท่ออั้งในแนวระดับและในแนวตั้ง



วิธีทำ

จาก $F_x = \rho Q (v_{2x} - v_{1x})$

$$F_x + P_2 A_2 \cos 30^\circ - P_1 A_1 = \rho Q [-v_2 \cos 30^\circ - (-v_1)]$$

$$F_x = P_1 A_1 - P_2 A_2 \cos 30^\circ + \rho Q v_1 - \rho Q v_2 \cos 30^\circ \tag{1}$$

จาก $F_y = \rho Q (v_{2y} - v_{1y})$

$$F_y - P_2 A_2 \sin 30^\circ = \rho Q (v_2 \sin 30^\circ)$$

$$F_y = P_2 A_2 \sin 30^\circ + \rho Q v_2 \sin 30^\circ \tag{2}$$

จาก $A_1 v_1 = A_2 v_2$

เมื่อ $v_2 = v_1 \left(\frac{A_1}{A_2} \right) = \left(3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \left(\frac{1.767 \times 10^{-2} \text{ m}^2}{4.418 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \right) = 12 \text{ m/s}$

จาก $\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$ เมื่อ $z_1 = z_2$

$$P_2 = P_1 + \gamma \frac{(v_1^2 - v_2^2)}{2g}$$

$$P_2 = (275 \text{ kPa}) + \left(0.93 \times 9.81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right) \left[\frac{\left(3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 - \left(12 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right]$$

$$P_2 = 212.2 \text{ kPa}$$

$$P_1 A_1 = (275 \text{ kPa}) (1.767 \times 10^{-2} \text{ m}^2)$$

$$P_1 A_1 = 4,859 \text{ N}$$

$$P_2 A_2 = (212.2 \text{ kPa}) (4.418 \times 10^{-3} \text{ m}^2)$$

$$P_2 A_2 = 938 \text{ N}$$

$$\rho Q v_1 = \left(0.93 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (1.767 \times 10^{-2} \text{ m}^2) \left(3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \left(3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$\rho Q v_1 = 148 \text{ N}$$

$$\rho Q v_2 = \left(0.93 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (1.767 \times 10^{-2} \text{ m}^2) \left(3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \left(12 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$\rho Q v_2 = 591 \text{ N}$$

จากสมการที่ (1)

$$F_x = 4,859 \text{ N} - 938 \cos 30^\circ \text{ N} - 591 \cos 30^\circ \text{ N} + 148 \text{ N}$$

$$F_x = 3,683 \text{ N} (\rightarrow)$$

จากสมการที่ (2)

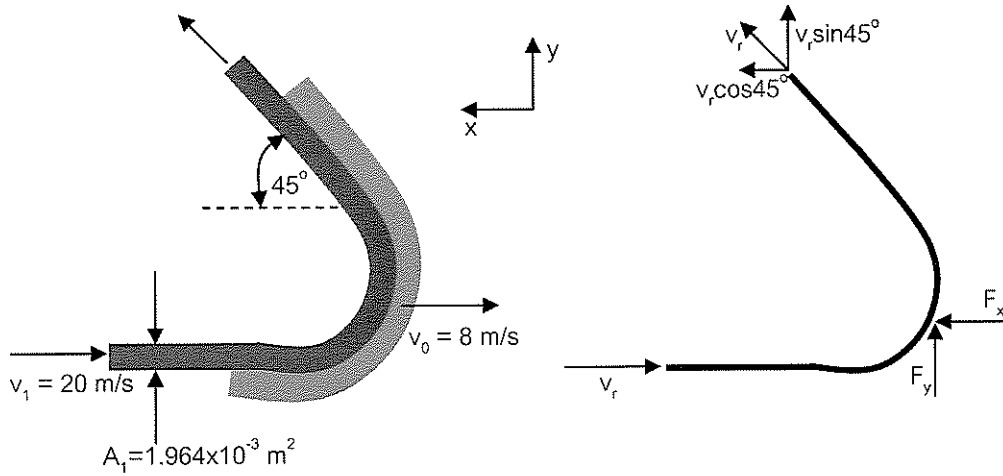
$$F_y = 938 \sin 30^\circ \text{ N} + 591 \sin 30^\circ \text{ N}$$

$$F_y = 765 \text{ N} (\uparrow)$$

เพราะฉะนั้น แรงที่น้ำมันกระทำต่อข้ออในแนวระดับเท่ากับ 3,683 N (\leftarrow) และในแนวตั้งเท่ากับ 765 N (\downarrow)

ตอบ

ตัวอย่าง 9.5 จากภาพ จงคำนวณหาแรงจากน้ำทั้งในแนวระดับและในแนวตั้ง



วิธีทำ

$$v_r = \left(20 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) - \left(8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 12 \text{ m/s}$$

จาก $F_x = \rho Q (v_{2x} - v_{1x})$

$$F_x = \rho Q (v_r \cos 45^\circ - v_r)$$

$$F_x = \left(10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \left(20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 1.964 \times 10^{-3} \text{ m}^2\right) \left[\left(12 \cos 45^\circ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) - \left(12 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)\right]$$

$$F_x = -138.06 \text{ N}$$

ตอบ

จาก $F_y = \rho Q (v_{2y} - v_{1y})$

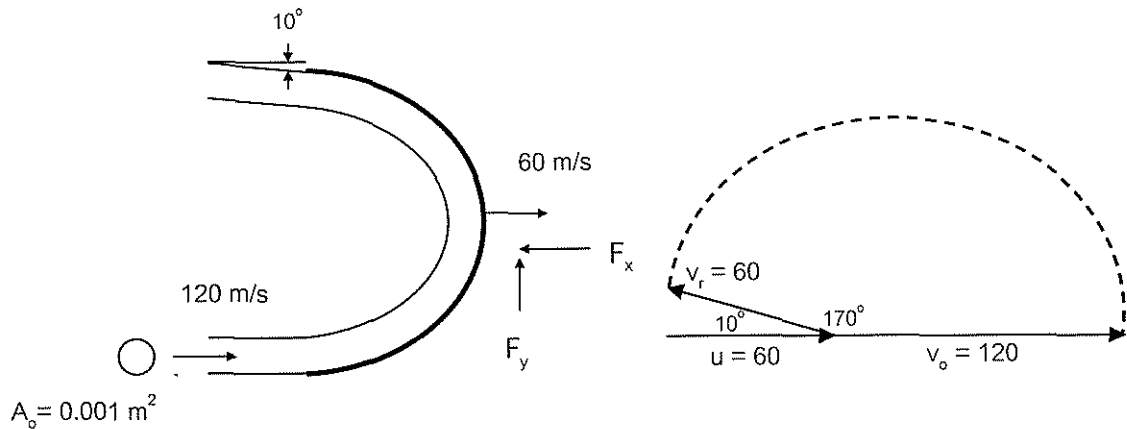
$$F_y = \rho Q (v_r \sin 45^\circ - 0)$$

$$F_y = \left(10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \left(20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 1.964 \times 10^{-3} \text{ m}^2\right) \left(12 \sin 45^\circ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$$F_y = 333.3 \text{ N}$$

ตอบ

ตัวอย่าง 9.6 ลำของน้ำพุ่งออกมาจากหัวฉีดที่มีพื้นที่หน้าตัด 0.001 m^2 ด้วยความเร็ว 120 m/s เข้ากระทบกับใบจักรในแนวสัมผัสดังแสดงในภาพ ถ้าใบจักรเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 60 m/s จงคำนวณหาแรงที่ลำของน้ำกระทำต่อใบจักรและกำลังที่กระทำต่อใบจักร



วิธีทำ

กำหนดให้ $F_x = F_x(v/w)$ คือ แรงในแนวแกน x ที่ใบจักรกระทำต่อน้ำ

$F_y = F_y(v/w)$ คือ แรงในแนวแกน y ที่ใบจักรกระทำต่อน้ำ

จาก $\sum F_x = (\rho Q v_x)_{out} - (\rho Q v_x)_{in}$

$$-F_x(v/w) = \rho A_o (v_o - u)(v_o - u) \cos 170^\circ - \rho A_o (v_o - u)(v_o - u)$$

$$-F_x(v/w) = \left(10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) (0.001 \text{m}^2) \left(60 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \left(60 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \cos 170^\circ$$

$$- \left(10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) (0.001 \text{m}^2) \left(60 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \left(60 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$$-F_x(v/w) = -7.145 \text{ kN}$$

$$F_x(v/w) = 7.145 \text{ kN} (\leftarrow)$$

ตอบ

เพราะฉะนั้น แรงที่ลำน้ำกระทำต่อใบจักร $F_x(w/v) = 7.145 \text{ kN} (\rightarrow)$

จาก $\sum F_y = (\rho Q v_y)_{out} - (\rho Q v_y)_{in}$

$$-F_y(v/w) = \rho A_o (v_o - u)(v_o - u) \sin \theta - 0$$

$$-F_y(v/w) = \left(10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) (0.001 \text{m}^2) \left(60 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \left(60 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \sin 170^\circ - 0$$

$$-F_y(v/w) = 625 \text{ kN} (\uparrow)$$

$$F_y(v/w) = 625 \text{ kN } (\downarrow)$$

ตอบ

กำลังที่กระทำต่อใบจักร $P = F_x(w/v) \cdot u$

$$P = (7.145 \text{ kN}) \left(60 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$P = 428.7 \text{ kW}$$

ตอบ

9.2 สมการแรงหน่วง; F_D

สมการแรงหน่วง คือ

$$F_D = C_D A \left(\frac{\rho v^2}{2} \right) \tag{9.5}$$

เมื่อ C_D คือ สัมประสิทธิ์แรงหน่วง เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับรูปร่างของวัตถุและการเคลื่อนที่ของของไหล

ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล เนื่องจากของเหลวจะมีความหนาแน่นมากกว่าอากาศหรือก๊าซ ดังนั้น แรงหน่วงของวัตถุที่เคลื่อนที่ในน้ำจึงมีค่ามากกว่าในอากาศ

v คือ ความเร็วของของไหลที่เคลื่อนที่สัมพันธ์กับวัตถุ โดยทั่วไปจะเป็นความเร็วจากการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือจากของไหลก็ได้ แต่อย่างไรก็ตาม ตำแหน่งของผิวอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้กับวัตถุที่พิจารณาจะมีผลต่อแรงหน่วง ตัวอย่างเช่น รถยนต์ที่วิ่งบนถนน การสัมผัสกันระหว่างล้อรถและถนนจะมีผลต่อแรงหน่วง

A คือ พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ บ่อยครั้งที่พื้นที่หน้าตัดที่พิจารณาจะมีขนาดพื้นที่หน้าตัดของวัตถุที่สูงสุด ซึ่งเรียกว่า พื้นที่หน้าตัดฉาย (Projected area)

$$\frac{\rho v^2}{2} \text{ เรียกว่า Dynamic pressure}$$

9.2.1 แรงหน่วงเนื่องจากความดัน

แรงหน่วงเนื่องจากความดันขึ้นอยู่กับรูปร่างของวัตถุ ซึ่งสามารถหาค่าได้จาก

สมการ

$$F_D = C_D A \left(\frac{\rho v^2}{2} \right) \tag{9.6}$$

เมื่อ A คือ พื้นที่หน้าตัดที่มากที่สุดของวัตถุ ซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการไหล

C_D คือ สัมประสิทธิ์แรงหน่วงเนื่องจากความดัน ซึ่งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกัน คือรูปร่างของวัตถุ ค่า Re ของการไหล ความขรุขระของผิว และ ผลกระทบจากวัตถุและของไหลที่อยู่ใกล้เคียง

จากค่า Re สำหรับทรงกลมและทรงกระบอก เท่ากับ $Re = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{v D}{\nu}$

เมื่อ D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของวัตถุ

สำหรับทรงกลม

C_D	มีค่ามากกว่า	100	เมื่อ ค่า Re = 1
C_D	มีค่า	4	เมื่อ ค่า Re = 10
C_D	มีค่า	1.0	เมื่อ ค่า Re = 100
C_D	มีค่า	0.38 – 0.46	เมื่อ ค่า Re = 1000 – 10 ⁵

สำหรับทรงกระบอก

C_D	มีค่า	≈ 60	เมื่อ ค่า Re = 0.1
C_D	มีค่า	10	เมื่อ ค่า Re = 1.0
C_D	มีค่า	1	เมื่อ ค่า Re = 1000
C_D	มีค่า	0.90 – 1.30	เมื่อ ค่า Re = 1000 – 10 ⁵

ในกรณีที่ค่า Re มีค่าน้อย ๆ ค่าแรงหน่วงจะเกิดขึ้นเนื่องจากแรงเสียดทาน แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าค่า Re มีค่ามาก ๆ การไหลแยกตัวและการไหลปั่นป่วนหลังวัตถุจะทำให้เกิดแรงหน่วงเนื่องจากความดัน

C_D	มีค่า	0.42 – 0.17	เมื่อ ค่า Re = 2 x 10 ⁵ (ทรงกลม)
C_D	มีค่า	1.2 – 0.30	เมื่อ ค่า Re = 4 x 10 ⁵ (ทรงกระบอก)

ตัวอย่าง 9.7 จงคำนวณหาแรงหน่วงที่กระทำต่อแท่งทรงกระบอกสูง 1.8 m ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 m เมื่อแท่งทรงกระบอกนี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1.2 m/s ในน้ำ 5°C โดยความยาวตามแนวแกนของแท่งทรงกระบอกนี้เคลื่อนที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหล

กำหนดให้ น้ำที่ 5°C มีความหนืดจลน์ $1.52 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ และ $C_D = 2.05$

วิธีทำ

$$\text{จาก } F_D = C_D A \left(\frac{\rho v^2}{2} \right)$$

$$F_D = (2.05)(0.1\text{m} \times 1.8\text{m}) \left[\left(10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \frac{\left(1.2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2} \right]$$

$$F_D = 265.7\text{N}$$

ตอบ

9.2.2 แรงหน่วงเนื่องจากความเสียดทานบนวัตถุทรงกลมในการไหลแบบราบเรียบ

จากสมการแรงหน่วงทั่วไป คือ

$$F_D = C_D A \left(\frac{\rho v^2}{2} \right)$$

เมื่อ $C_D = \frac{24}{\text{Re}}$ และ $\text{Re} = \frac{vD\rho}{\mu}$ จะได้

$$C_D = \frac{24}{\text{Re}} = \frac{24\mu}{vD\rho}$$

ดังนั้น สมการแรงหน่วงจึงเป็น

$$F_D = \frac{24\mu}{vD\rho} \left(\frac{\rho v^2}{2} \right) A = \frac{12\mu v A}{D}$$

เมื่อต้องการจะคำนวณหาแรงหน่วงเนื่องจากแรงเสียดทาน จึงต้องใช้พื้นที่ผิวของวัตถุ เช่น วัตถุทรงกลมจะมีพื้นที่ผิว = πD^2 จะได้

$$F_D = \frac{12\mu v A}{D} = \frac{12\mu v (\pi D^2)}{D} = 12\pi\mu v D$$

สำหรับหาแรงหน่วงเนื่องจากความเสียดทานบนวัตถุทรงกลมในของไหลที่มีความหนืดเป็นไปตาม Stokes's Law และหน้าตัดที่มากที่สุดของทรงกลมคือ $A = \frac{\pi}{4} D^2$ จะได้

$$F_D = \frac{12\mu vA}{D} = \left(\frac{12\mu v}{D}\right)\left(\frac{\pi}{4}D^2\right) = 3\pi\mu vD \tag{9.7}$$

9.3 แรงยกและแรงหน่วงของปีกเครื่องบิน

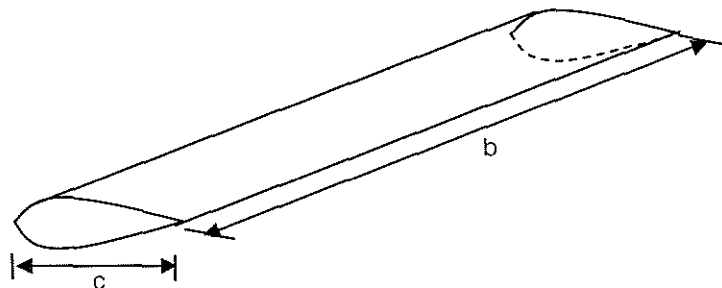
เมื่ออากาศไหลผ่านเหนือปีกเครื่องบิน มันจะทำให้เหนือปีกเครื่องบินมีความเร็วสูงแต่ความดันจะลดลง ในเวลาเดียวกัน ความดันด้านล่างปีกเครื่องบินจะเพิ่มขึ้น ผลลัพธ์สุดท้ายจะทำให้เกิดการยกตัว หรือที่เรียกว่า แรงยก (Lift force; F_L) ดังสมการต่อไปนี้

$$F_L = C_L A \left(\frac{\rho v^2}{2}\right) \tag{9.8}$$

เมื่อ v คือ ความเร็วของของไหลที่สัมพันธ์กับปีกเครื่องบิน

A คือ พื้นที่หน้าตัดของปีกเครื่องบิน

C_L คือ ค่าสัมประสิทธิ์การยกตัว ซึ่งจะขึ้นอยู่กับรูปร่างของปีกเครื่องบิน มุมที่อากาศกระทำต่อปีกเครื่องบิน ค่า Re ความขรุขระของผิว การไหลแบบปั่นป่วนของอากาศ อัตราส่วนของความเร็วของของไหลต่อความเร็วของเสียง และค่าอัตราส่วนระหว่าง b กับ c (Aspect ratio = $\frac{b}{c}$)



ภาพที่ 9.5 รูปร่างของปีกเครื่องบิน

แรงหน่วงทั้งหมด (Total drag) บนปีกเครื่องบินประกอบด้วย 3 ส่วน คือ แรงหน่วงเนื่องจากแรงเสียดทาน (F_{Df}) แรงหน่วงเนื่องจากความดัน (F_{Dp}) และแรงหน่วงที่เกิดจากการสร้างแรงยก (F_{Di}) ซึ่งเกี่ยวข้องกับมุมปะทะของปีก

เส้นสมมุติ ตัดผ่านด้านข้างของผิวปีก (Chord line) เป็นเส้นตรงสมมุติ ที่ลากผ่านพื้นผิวปีกทาง ด้านข้าง จากชายปีกหน้า มายังชายปีกหลัง

ทิศทาง สัมพันธ์ของอากาศ (Relative wind) เป็นทิศทางที่ อากาศไหล มายังปีก เช่นถ้าปีกเคลื่อนที่ไปทาง ด้านหน้า ทิศทางของอากาศก็จะไหล สวนทางกับทิศทางของปีก ดังนั้น ทิศทางสัมพันธ์ของอากาศ จะตรงกันข้ามกับทิศทาง ที่เครื่องบินเคลื่อนที่ (Flight path)

มุมปะทะ (Angle of attack) เป็นมุมระหว่างทิศทางบิน (Flight path) กับเส้นสมมุติ (Chord line) และ ทิศทางสัมพัทธ์ ของลม (Relative wind) โดยมุมปะทะนี้ เป็นส่วนสำคัญในการสร้างแรงยก

แรงหน่วงที่เกิดจากการสร้างแรงยก (F_{Di}) สามารถหาค่าได้จากสมการต่อไปนี้

$$F_{Di} = C_{Di} A \left(\frac{\rho v^2}{2} \right) \tag{9.9}$$

เมื่อ $C_{Di} = \frac{C_L^2}{\pi \left(\frac{b}{c} \right)}$ (9.10)

ดังนั้น แรงหน่วงรวมทั้งหมด $F_D = F_{DF} + F_{DP} + F_{Di}$

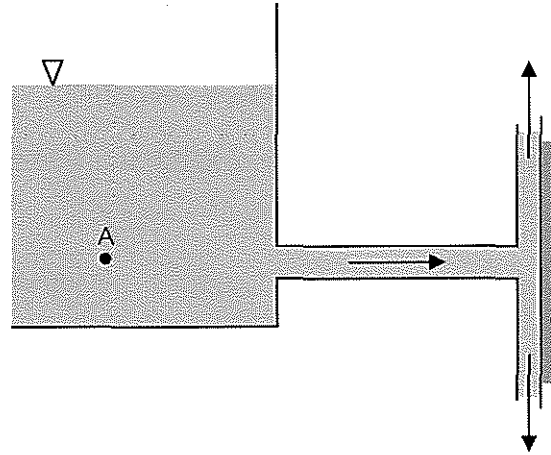
โดยทั่วไป แรงหน่วงรวมทั้งหมดเป็นค่าที่ใช้ในการออกแบบ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของแรงหน่วงเพียงค่าเดียวคือ C_D สำหรับปีกเครื่องบิน ดังนั้น แรงหน่วงรวมทั้งหมดจึงสามารถหาค่าได้จากสมการต่อไปนี้

$$F_D = C_D A \left(\frac{\rho v^2}{2} \right)$$

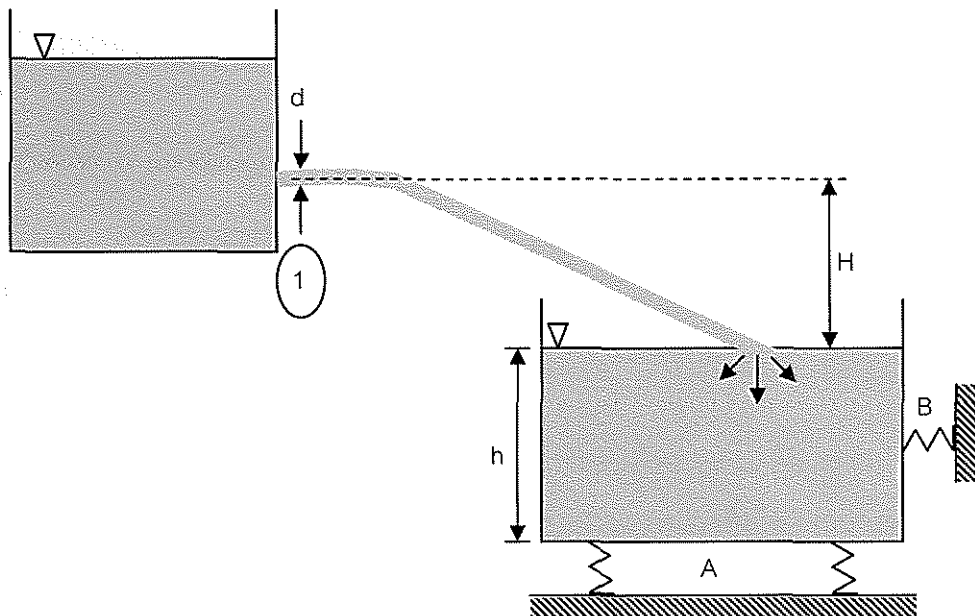
เมื่อ A คือ พื้นที่หน้าตัดของปีกเครื่องบิน ($b \times c$)

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 9

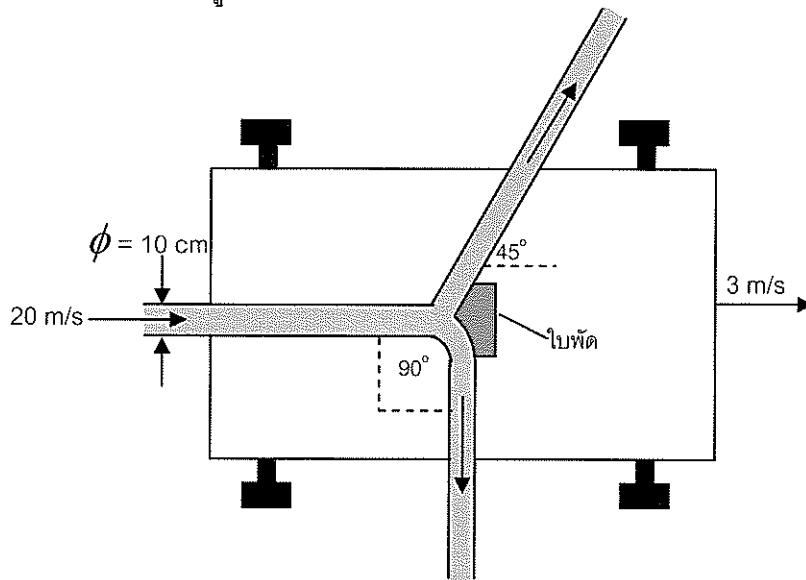
1. จากภาพ น้ำจากหัวฉีดในถังน้ำพุ่งเข้ากระทบผนังในแนวตั้ง เมื่ออัตราการไหลจากหัวฉีดเท่ากับ $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ จงคำนวณหาแรงในแนวระดับ เมื่อความดันที่จุด A เท่ากับ 50 kPa



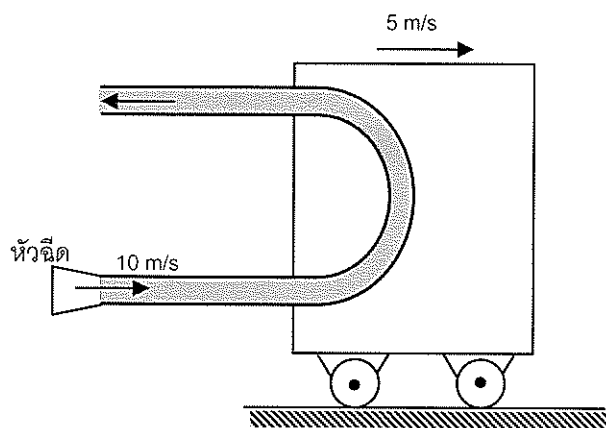
2. ลำน้ำจากถังน้ำด้านบนมีอัตราการไหล 1.2 cfs ถ้าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำน้ำที่หน้าตัดที่ 1 เท่ากับ 4 in จงคำนวณหาแรงที่วัดได้จากเครื่องชั่ง A และ B กำหนดให้ ถังด้านล่างมีน้ำหนัก (ไม่รวมน้ำ) เท่ากับ 300 lb พื้นที่ผิวก้นถังเท่ากับ 4 ft^2 $h = 9 \text{ ft}$ และ $H = 1 \text{ ft}$



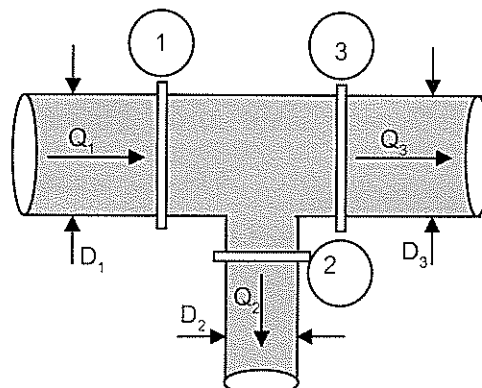
3. จากภาพ ไบพัดบนรถยนต์ถูกลำน้ำที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 cm กระแทบ เมื่อความเร็วของลำน้ำก่อนกระแทบไบพัดเท่ากับ 20 m/s และรถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 3 m/s จงคำนวณหาแรงบนไบพัดที่ถูกกระทำจากลำน้ำ



4. รถกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 m/s ไบพัดที่อยู่บนรถถูกระแทบด้วยน้ำที่ฉีดจากหัวฉีดด้วยความเร็ว 10 m/s ดังภาพ เมื่อหัวฉีดมีพื้นที่หน้าตัด 0.001 m² จงคำนวณหาแรงต้านของรถเกิดขึ้น



5. จากภาพและข้อมูลที่กำหนดให้ จงคำนวณหาแรงภายใน สำหรับระบบ x-y
 $Q_1 = 0.25 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_2 = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ $P_1 = 100 \text{ kPa}$ $P_2 = 70 \text{ kPa}$ $P_3 = 80 \text{ kPa}$ $D_1 = 15 \text{ cm}$ $D_2 = 10 \text{ cm}$ $D_3 = 15 \text{ cm}$



6. ปีกเครื่องบินสี่เหลี่ยมขนาด $b = 40$ ft และ $c = 6$ ft มีค่าสัมประสิทธิ์แรงยกและแรงหน่วงเท่ากับ 0.5 และ 0.04 ตามลำดับ ที่มุม (Angle of attack) $= 6^\circ$ จงคำนวณหาแรงหน่วง แรงยก และกำลังม้าที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อนปีกเครื่องบินนี้ที่ความเร็ว 50, 100 และ 150 mph ในแนวระดับในอากาศ อุณหภูมิ 40°F และความดัน 0.002265 slug/ft³
7. ปีกเครื่องบินสี่เหลี่ยมขนาด $b = 8$ m และ $c = 1.8$ m มีค่าสัมประสิทธิ์แรงยกและแรงหน่วงเท่ากับ 0.46 และ 0.035 ตามลำดับ และมีความเร็ว 240 km/h ตามแนวศูนย์กลางของ Angel of attack จงคำนวณหาแรงหน่วง แรงยกและกำลังม้าที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อนปีกเครื่องบินนี้ เมื่อ (ก) มีความดัน 101.3 kPa และอุณหภูมิ 15°C (ข) มีความดัน 79.3 kPa และอุณหภูมิ -18°C
8. ค่าสัมประสิทธิ์แรงหน่วงสำหรับแผ่นวงกลมเท่ากับ 1.12 จงคำนวณหาแรงหน่วงและกำลังที่ต้องใช้เพื่อให้แผ่นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 in เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 30 mph ในอากาศ (ที่รับน้ำทะเลปานกลาง) และในน้ำ
9. ปีกเครื่องบินสี่เหลี่ยมจำลองขนาด $b = 2.5$ ft และ $c = 5$ in เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 60 mph ตามแนวศูนย์กลางของ Angel of attack ในอากาศที่ความดัน 0.0023 slug/ft³ และอุณหภูมิ 70°F เมื่อมีแรงยกและแรงหน่วงเท่ากับ 6.0 lb และ 0.4 lb ตามลำดับ จงคำนวณหาสัมประสิทธิ์แรงยกและแรงหน่วง
10. จงคำนวณหาแรงหน่วงของทรงกลม (ความหนาแน่น $= 0.85 \times 10^3$ kg/m³) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 mm ที่ตกลงไปในน้ำมัน (ความหนืด $= 10^{-1}$ N-s/m² และความถ่วงจำเพาะ $= 0.85$) ด้วยความเร็ว 8 cm/s เมื่อสัมประสิทธิ์แรงหน่วง $= 5.3$

รายการอ้างอิง

- Andreas Alexandrou. Principles of Fluid Mechanics. Pearson Prentice Hall, Inc. 2001.
- Bruce R. Munson, Donald F. Young and Theodore H. Okiishi. Fundamentals of Fluid Mechanics 5th. John Wily & Sons, Inc. 2006.
- Clayton T. Crowe, Donald F. Elger and John A Roberson. Engineering Fluid Mechanics. John Wily & Sons, Inc. 2005.
- Ernest F. Brater and Horace William King. Handbook of Hydraulics 6th. McGRAW-HILL Book Company. 1954.
- F. M. Henderson. Open Channel. Macmillan Publishing Co., Inc. 1966.
- Frank M. White. Fluid Mechanics 3rd. McGRAW-HILL. 1994.
- Jack B. Evett and Cheng Liu. Fundamentals of Fluid Mechanics. McGRAW-HILL. 1987.
- James F. Cruise, Mohsen M. Sherif and Vijay P. Singh. Elementary Hydraulics. Nelson. 2007.
- John A. Roberson and Clayton T. Crowe. Engineering Fluid Mechanics 6th. John Wily & Sons, Inc. 1997.
- Irving H. Shames. Mechanics of Fluid 3rd. McGRAW-HILL. 1992.
- Ned H.C. Hwang and Carlos E. Hita. Fundamentals of Hydraulic Engineering Systems. Pearson Prentice Hall, Inc. 1987.
- Preeyaphorn Kosa, Thanatchai Kulworawanichpong, Rerkchai Srivoramas, Avirut Chinkulkijniwat, Suksun Horpibulsuk and Neung Teaumroong. The potential micro-hydropower projects in Nakhon Ratchasima province, Thailand. Renewable Energy. Volume 36, p.1133-1137. 2011.
- Preeyaphorn Kosa, Thanatchai Kulworawanichpong, Rerkchai Srivoramas, Avirut Chinkulkijniwat, Suksun Horpibulsuk and Neung Teaumroong. "Potential Site Assessment of Micro-hydropower Projects in Nakhon Ratchasima Province, Thailand" International Conference on Sustainable Community Development 2010. 21-23 January, 2010, Khon Kaen University, Nongkhai Campus, Thailand and Vientiane, Lao PDR. 2010.
- Ranald V. Giles. Theory and Problems of Fluid Mechanics and Hydraulics. McGRAW-HILL. 1989.
-

R. E. Featherstone and C. Nalluri. Civil Engineering Hydraulics 3rd. Blackwell Science Ltd. 1995.

Richard H. French. Open-Channel Hydraulics. McGRAW-HILL. 1994.

Robert L. Mott. Applied Fluid Mechanics 6th. Pearson Prentice Hall, Inc. 2006.

Robert L. Street, Gary Z. Watters and John K. Vennard. Elementary of Fluid Mechanics 7th. John Wiley & Sons, Inc. 1995.

Robert W. Fox and Alant T. McDonald. Introduction to Fluid Mechanics 2nd. John Wiley & Sons, Inc. 1978.

Roland W. Jeppson. Open Channel flow Utilizing Computers. Utah State University. 1993.

Terry W. Sturm. Open Channel Hydraulics. McGRAW-HILL. 2001.

Ven Te Chow. Open-Channel Hydraulics. McGRAW-HILL. 1959.

Victor L. Streeter and E. Benjamin Wylie 7th. Fluid Mechanics 1st. McGRAW-HILL. 1979.

Walter R. Debler. Fluid Mechanics Fundamentals. Pearson Prentice Hall, Inc. 1990.

William S. Janna. Introduction to Fluid Mechanics 3rd. PWS Publishing Company. 1993.

คมสัน วงศ์วีรพันธ์. กลศาสตร์ของไหล. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 2548

ชัยวัฒน์ ชัยนการนาวิ. วิศวกรรมชลศาสตร์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2545.

ทวิช จิตรสมบุญ. กลศาสตร์ของไหล. สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด. กรุงเทพฯ. 2547.

วินัย ศรีอำพร. กลศาสตร์ของไหล. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2539.

ภาคผนวก ก คุณสมบัติทางกายภาพของของไหล

ตารางภาคผนวก ก-1 คุณสมบัติเชิงกายภาพของน้ำที่ความดันสัมบูรณ์ 101 kPa (หน่วย SI)

อุณหภูมิ (°C)	น้ำหนักจำเพาะ (γ) (kN/m ³)	ความหนาแน่น (ρ) (kg/m ³)	ความหนืดจลน์ (μ) (Pa s)	ความหนืด (ν) (m ² /s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-6}
5	9.81	1000	1.52×10^{-3}	1.52×10^{-6}
10	9.81	1000	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-6}
15	9.81	1000	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-6}
20	9.79	998	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-6}
25	9.78	997	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}
30	9.77	996	8.00×10^{-4}	8.03×10^{-7}
35	9.75	994	7.18×10^{-4}	7.22×10^{-7}
40	9.73	992	6.51×10^{-4}	6.56×10^{-7}
45	9.71	990	5.94×10^{-4}	6.00×10^{-7}
50	9.69	988	5.41×10^{-4}	5.48×10^{-7}
55	9.67	986	4.98×10^{-4}	5.05×10^{-7}
60	9.65	984	4.60×10^{-4}	4.67×10^{-7}
65	9.62	981	4.31×10^{-4}	4.39×10^{-7}
70	9.59	978	4.02×10^{-4}	4.11×10^{-7}
75	9.56	975	3.73×10^{-4}	3.83×10^{-7}
80	9.53	971	3.50×10^{-4}	3.60×10^{-7}
85	9.50	968	3.30×10^{-4}	3.41×10^{-7}
90	9.47	965	3.11×10^{-4}	3.22×10^{-7}
95	9.44	962	2.92×10^{-4}	3.04×10^{-7}
100	9.40	958	2.82×10^{-4}	2.94×10^{-7}

ตารางภาคผนวก ก-2 คุณสมบัติเชิงกายภาพของน้ำที่ความดันสัมบูรณ์ 14.7 psi
(หน่วยอังกฤษ)

อุณหภูมิ (°K)	น้ำหนักจำเพาะ (γ) (lb/ft ³)	ความหนาแน่น (ρ) (slugs/ft ³)	ความหนืดจลน์ (μ) (lb-s/ ft ²)	ความหนืด (ν) (ft ² /s)
32	62.4	1.94	3.66×10^{-5}	1.89×10^{-5}
40	62.4	1.94	3.23×10^{-5}	1.67×10^{-5}
50	62.4	1.94	2.72×10^{-5}	1.40×10^{-5}
60	62.4	1.94	2.35×10^{-5}	1.21×10^{-5}
70	62.3	1.94	2.04×10^{-5}	1.05×10^{-5}
80	62.2	1.93	1.77×10^{-5}	9.15×10^{-6}
90	62.1	1.93	1.60×10^{-5}	8.29×10^{-6}
100	62.0	1.93	1.42×10^{-5}	7.37×10^{-6}
110	61.9	1.92	1.26×10^{-5}	6.55×10^{-6}
120	61.7	1.92	1.14×10^{-5}	5.94×10^{-6}
130	61.5	1.91	1.05×10^{-5}	5.49×10^{-6}
140	61.4	1.91	9.60×10^{-6}	5.03×10^{-6}
150	61.2	1.90	8.90×10^{-6}	4.68×10^{-6}
160	61.0	1.90	8.30×10^{-6}	4.38×10^{-6}
170	60.8	1.89	7.70×10^{-6}	4.07×10^{-6}
180	60.6	1.88	7.23×10^{-6}	3.84×10^{-6}
190	60.4	1.88	6.80×10^{-6}	3.62×10^{-6}
200	60.1	1.87	6.25×10^{-6}	3.35×10^{-6}
212	59.8	1.86	5.89×10^{-6}	3.17×10^{-6}

ตารางภาคผนวก ก-3 คุณสมบัติเชิงกายภาพของของเหลวที่ความดันสัมบูรณ์ 101 kPa และ 25°C (หน่วย SI)

ชนิดของเหลว	ความต้งจำเพาะ (S)	น้ำหนักจำเพาะ (γ) (kN/m ³)	ความหนาแน่น (ρ) (kg/m ³)	ความหนืดจลน์ (μ) (Pa s)	ความหนืด (ν) (m ² /s)
Acetone	0.787	7.72	787	3.16×10^{-4}	4.02×10^{-7}
Alcohol, ethyl	0.787	7.72	787	1.00×10^{-3}	1.27×10^{-6}
Alcohol, methyl	0.789	7.74	789	5.60×10^{-4}	7.10×10^{-7}
Alcohol, propyl	0.802	7.87	802	1.92×10^{-3}	2.39×10^{-6}
Aqua ammonia (25%)	0.910	8.93	910	-	-
Benzene	0.876	8.59	876	6.03×10^{-4}	6.88×10^{-7}
Carbon tetrachloride	1.590	15.60	1590	9.10×10^{-4}	5.72×10^{-7}
Castor oil	0.960	9.42	960	6.51×10^{-1}	6.78×10^{-4}
Ethylene glycol	1.100	10.79	1100	1.62×10^{-2}	1.47×10^{-5}
Gasoline	0.680	6.67	680	2.87×10^{-4}	4.22×10^{-7}
Glycerin	1.258	12.34	1258	9.60×10^{-1}	7.63×10^{-4}
Kerosene	0.823	8.07	823	1.64×10^{-3}	1.99×10^{-6}
Linseed oil	0.930	9.12	930	3.31×10^{-2}	3.56×10^{-5}
Mercury	13.540	132.80	13540	1.53×10^{-3}	1.13×10^{-7}
Propane	0.495	4.86	495	1.10×10^{-4}	2.22×10^{-7}
Seawater	1.030	10.10	1030	1.03×10^{-3}	1.00×10^{-6}
Turpentine	0.870	8.53	870	1.37×10^{-3}	1.57×10^{-6}
Fuel oil, medium	0.852	8.36	852	2.99×10^{-3}	3.51×10^{-6}
Fuel oil, heavy	0.906	8.89	906	1.07×10^{-1}	1.18×10^{-4}