หลักการกลศาสตร์ของไหล (Principle of Fluid Mechanics)

บทที่ 1

1.1 บทนำ

<u>นักคณิตศาสตร์</u> ศึกษากลศาสตร์ของไหล เกี่ยวกับวิจัยและวิเคราะห์ (Analytic) ใช้คณิตศาสตร์คำนวณเป็นพื้นฐาน

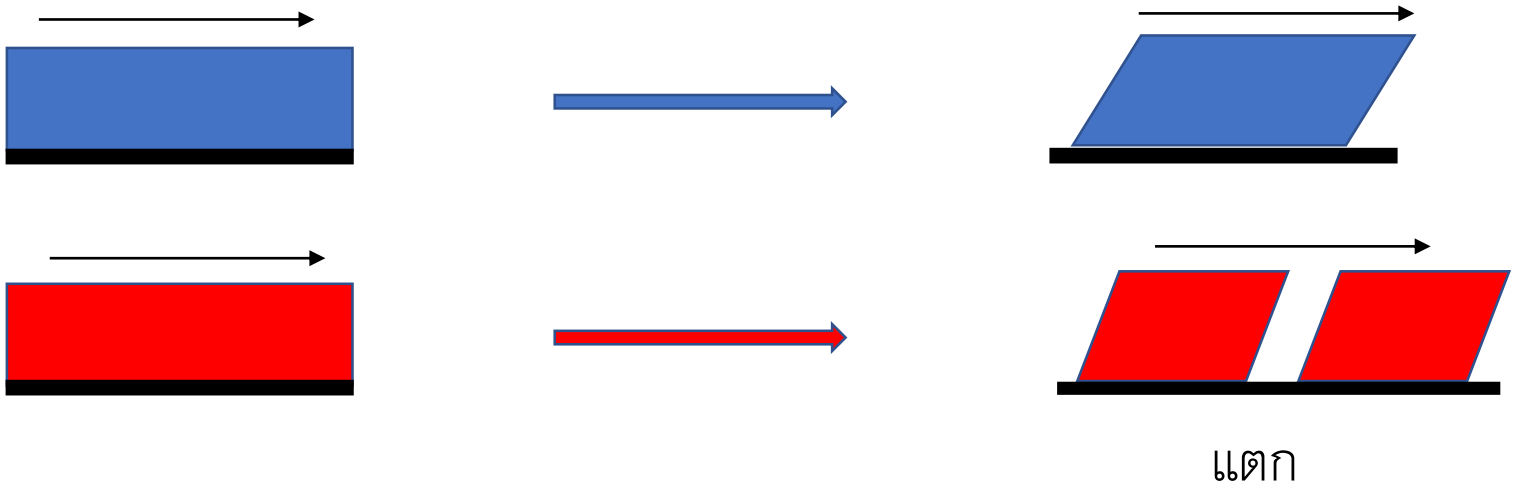
<u>นักไฮดรอลิค</u> ศึกษากลศาสตร์ของไหล เกี่ยวกับการทดลอง และสร้างสูตร (Empirical)

สิ่งที่เหมือนกันคือ ศึกษาพฤติกรรม สร้างทฤษฎีและความหมาย ในหัวข้อต่อจากนี้

1.2 ความหมาย ของไหล

ของไหล (Fluid) คือ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสสารอย่างต่อเนื่อง โดยมีความเค้นเฉือน (Shear Stress) เพียงเล็กน้อย มากระทำ

ความเค้นเฉือน (Shear Stress) คือ แรงเฉือน (Shear Force) คือ แรงที่สัมผัสกับพื้นผิวหารพื้นที่ผิวสัมผัส



$$\text{แรง } (F) = \mu \frac{AU}{t} \quad \text{----------} \quad (1.1)$$

โดย

F= แรง (N)

μ = สัมประสิทธิ์ความหนืด (Coefficient of Viscosity) N s / m^2 หรือ lb sec / ft^2

A = พื้นที่ผิวของโลหะแผ่นบน (m^2)

u = ความเร็วบริเวณใกล้โลหะแผ่นบน (m/s)

t = ความหนาของของไหล (m.)

ถ้า จาก สมการ (1.1) แทนค่า แรง F/A ด้วย ความเค้นเฉือน (τ) (N/m^2) จะได้ว่า

$$\frac{F}{A} = \tau = \mu \frac{U}{t} \quad \text{หรือ} \quad \tau = \mu \frac{dU}{dt} \; ; \; \left(\frac{dU}{dt} \text{ คือ Strain rate}\right) \text{ ---------- } (1.1a)$$

1.3 ประเภท ของของไหล แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

ของไหลที่ยุบตัวได้ (Compressible Fluid) คือ ของไหลที่ความหนาแน่น หรือปริมาตร เปลี่ยนรูปร่างตามความดัน เช่น ก๊าซทุกชนิด มีความหนาแน่น หรือปริมาตรน้อย ตัวอย่างเช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน

ของไหลที่ยุบตัวไม่ได้ (Incompressible Fluid) คือ ของไหลที่ความหนาแน่น หรือปริมาตร เปลี่ยนรูปร่างตามความดันน้อยมากหรือไม่เปลี่ยนตามความดันเลย เช่น ของเหลวทุกชนิด ตัวอย่างเช่น น้ำ น้ำมัน

ของไหลตามอุดมคติ (Ideal Fluid) คือ ของไหลที่มีค่าความหนืด หรือความเสียดทาน น้อยมาก หรือไม่มีค่าเลย สังเกตได้จาก ความดันของของไหลจะมีทิศทางตั้งฉากกับกับพื้นที่ที่ของไหลไหลผ่าน

สำหรับก๊าซอุดมคติ (Ideal Gas)

ความดัน $$P = \rho RT \qquad (1.2)$$

และ

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \text{ค่าคงที่} \qquad (1.3)$$

โดย P = ความดันสมบูรณ์

V_1, V_2 = ปริมาตรของก๊าซ (m^3)

ρ = ความหนาแน่นของก๊าซ ($\frac{\text{kg}}{m^3}$)

R = ค่าคงที่ของก๊าซ (J/kg-K)

T = ความดันสมบูรณ์ (K)

1.4 ความหนาแน่น (Density : ρ)

ความหนาแน่นของของไหล = มวล / ปริมาตร

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad \text{----------} \qquad (1.4)$$

โดย

ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)

มวล (kg)

ปริมาตร (m^3)

ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3) ในระบบ SI

($slug/ft^3$) ในระบบ อังกฤษ

1.5 น้ำหนักจำเพาะ (specific wieght: γ)

น้ำหนักจำเพาะ = (น้ำหนัก / ปริมาตร) x แรงโน้มถ่วงของโลก

$$\gamma = \rho g \qquad (1.5)$$

โดย

น้ำหนักจำเพาะ = $W/V = mg / V = \rho g$

ปริมาตร (m^3)

น้ำหนักจำเพาะ (N/m^3) ในระบบ SI

(lb/ft^3) ในระบบ อังกฤษ

1.6 ปริมาตรจำเพาะ (specific volume: v)

ปริมาตรจำเพาะ = ปริมาตร / มวล(1กก.)

$$v = V/m \qquad (1.6)$$

โดย

v = ปริมาตรจำเพาะ (m^3/kg)

V = ปริมาตร (m^3)

m = มวล (kg)

ปริมาตรจำเพาะ (m^3/kg) ในระบบ SI

(ft^3/lb) ในระบบ อังกฤษ

1.7 ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity : *s. g.*)

ความถ่วงจำเพาะ = มวลของสาร / มวลของน้ำ

= น้ำหนักจำเพาะของสาร /น้ำหนักจำเพาะของน้ำ

$$= \rho_{\text{สาร}} / \rho_{\text{น้ำ}} \qquad (1.7)$$

โดยค่าของความถ่วงจำเพาะของสารนั้นจะเป็นตัวชี้วัดว่าหนักหรือเบากว่าน้ำ ดังนั้นจึงเป็นค่าที่ไม่มีหน่วย

ตัวอย่างความสัมพันธ์ของหน่วยต่างๆ

1 lb = 4.448 N , 1 ft = 0.3048 m

1 Slug = 14.549 kg

1 lb/in^2 (psi) = 6,894.4 Pa

1 ft^3/s = 448.83 gal/min

1 SI unit of Viscocity = 10 P

1 Joule = 1 N.m

1 Kcal = 4,187 J = 3.969 Btu

1 Watt = 1 J/s

Power = Watt = 1N.m/s

g = 9.806 m/s^2 = 9.81 m/s^2 = 32.174 ft/s^2

γ_{water} = 62.43 lb/ft^3 = 9,806 N/m^3 (4 °C)

ρ_{water} = 1.94 $slug/ft^3$ = 1,000 kg/m^3 (4 °C)

ตัวอย่างการคำนวณที่ 1 จงเปลี่ยนน้ำหนักของวัตถุที่หนัก 100 ปอนด์ ให้เป็น ก) น้ำหนักเป็นนิวตัน ข) น้ำหนักเป็นกิโลกรัม และ slug ค) คำนวณความเร่งในหน่วย m/s^2 ft/s^2 ถ้าแรงสุทธิมากระทำต่อวัตถุชิ้นนี้ เท่ากับ 50 ปอนด์

วิธีทำ

ก) น้ำหนักเป็นนิวตัน ; $W = 100 \times (4.448) = 444.8$ N

ข) น้ำหนักเป็นกิโลกรัม และ slug ; F= W=ma

$$444.8 = m \cdot 9.81$$

$$m = 45.34 \text{ kg}$$

$$= 45.34/14.549 = 3.116 \text{ slug}$$

ค) คำนวณความเร่งในหน่วย m/s^2 ft/s^2 ถ้าแรงสุทธิมากระทำต่อวัตถุชิ้นนี้ เท่ากับ 50 ปอนด์ ;

$$F=ma = 50/3.116$$

$$a= (16.05)x(0.3048)$$

$$= 4.89 \text{ m/s}^2$$

ตัวอย่างการคำนวณที่ 2 จงหา W ρ γ และ S ของกรีเซอรีน ที่มีมวล 1,200 kg ปริมาตร 0.952 m^3 น้ำหนักจำเพาะ (γ_{gly}) = 12.36

วิธีทำ

$$F = W = ma = 1200 \times 9.81 = 11.77 \text{ kN}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = 1200/0.952 = 1{,}261 \quad \text{kg/m}^3$$

$$\gamma = W/V = 11.77/0.952 = 12.36 \quad \text{kN/m}^3$$

$$s.g. = \gamma_{gly} / \gamma_{water} = 12.36/9.81 = 1.26$$

ตัวอย่างการคำนวณที่ 3 ไฮโดรเจน 1 kg ถูกใส่ในภาชนะที่มีปริมาตร 150 ลิตร ที่ - 40 °C ค่า R ของ ไฮโดรเจน เท่ากับ 4,115 m.N/kg.K จงคำนวณค่าความดันของก๊าซชนิดนี้

วิธีทำ

$$P = \rho RT = (m/V)RT$$

$$= 1/(150/1000) \times 4115 \times (-40 + 273)$$

$$= 6.392 \times 10^{6} \ N/m^{2}$$

$$= 6{,}392 \ kPa$$

1.8 ความยืดหยุ่น ($Elasticity$: E)

$$E = -\frac{dP}{dV/V} \qquad \text{----------} \qquad (1.8)$$

โดย

dP คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงของความดัน

dV คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาตร

V คือ ปริมาตรเริ่มต้น

<u>*หมายเหตุ*</u> *ความยืดหยุ่นของของไหลสามารถแสดงได้ด้วยค่า*

Bulk modulus of Elasticity : E

ตัวอย่างการคำนวณที่ 4 จงหา Bulk modulus of Elasticity : E ของของเหลวชนิดหนึ่ง ซึ่งมีปริมาตร 10 ft^3 ถูกกดด้วยความดัน 150 psi จนปริมาตรเปลี่ยนแปลงไป 0.02 ft^3

วิธีทำ

$$E = -\frac{dP}{dV/V}$$

$$= -\frac{-(150-0)(144)}{-0.02/10}$$

$$= 10{,}800{,}000 \text{ lb/ft}^3$$

$$= 75{,}000 \text{ psi}$$

1.9 ความหนืดจลน์ (Kinematic viscosity : ϑ ,Nu)

$$\vartheta = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\mu g}{\gamma} \qquad \text{----------} \qquad (1.9)$$

โดย

ϑ *คือ ความหนืดจลน์ [Stroke หรือ $cm^2/s = 1x10^{-4}\ m^2/s$ (SI unit) และ ft^2/s (English unit)]*

μ *คือ ความหนืดสมบูรณ์ [kg/m.s SI unit]*

ρ *คือ ความหนาแน่น [kg/m^3]*

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก *[$9.80665\ m/s^2$]*

γ คือ น้ำหนักจำเพาะ *[N/m]*

ตัวอย่างการคำนวณที่ 5 ของไหลชนิดหนึ่งมีค่าความหนืด 0.005 kg/m.s และมีความหนาแน่น 850 kg/m^3 จงคำนวณหาค่าความหนืดจลน์ ในระบบ SI และระบบอังกฤษ และ ความหนืดสมบูรณ์

วิธีทำ จากสมการ (1.9)

$$\vartheta = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0.005\,\frac{kg}{m.s}}{850\ kg/m^3}$$

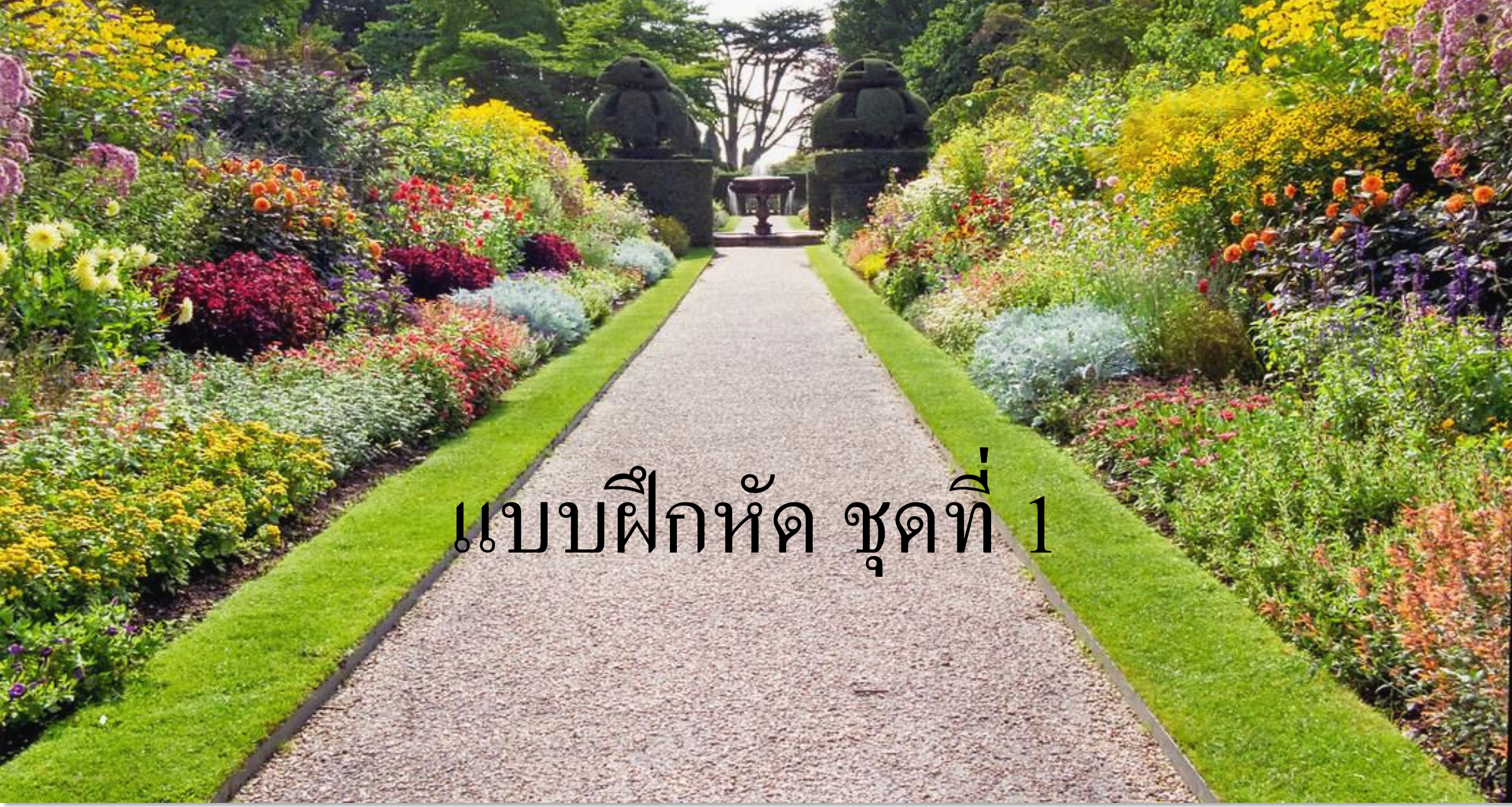
$$= 5.882 \times 10^{-6} \times m^2/s$$ ตอบ

$$= 5.882 \times 10^{-6} \times \frac{m^2}{s} \times \left[\frac{1\ ft}{0.3048\ m}\right]^2$$

$$= 6.331 \times 10^{-5}\ \frac{ft^2}{s}$$ ตอบ

$$\mu = 0.005\,\frac{kg}{m.s} \times \frac{1\ slug/fts}{47.9\ kg/ms}$$

$$\mu = 0.0001044\ slug/fts$$ ตอบ



แบบฝึกหัด ชุดที่ 1

รูปถ่ายนี้ โดย ไม่ทราบผู้เขียน ลิขสิทธิ์ของ CC BY-NC-ND

๑. CCl_4 500 kgs , 0.315 m^3 Find ρ, $and\ s.g.$

๒. Gasoline 46.0 lb/ft^3 Find $\rho, v\ and\ s.g.$

๓. Oil 200 ft^3 10,520 lb Find γ, ρ and $s.g.$

๔. Specific Volume of UnKhown gas 350 ft^3/slug Find γ

๕. Find ΔV of water 1.0 ft^3 80 °F . It's built pressure at 300 psi Assume Bulk's Modulus $_{water}$ is 325,000

๖. Fix ρ = 2.94 g/cm3 Find sp.gr., v and γ

Let'S Gooooo !!!!!

กิตติกรรมประกาศ : ขอขอบพระคุณ **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล อินนา**