

บทที่ 17 ของไหล

17.1 ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่น เป็นสมบัติเฉพาะตัวของสสารแต่ละชนิด หาได้จากอัตราส่วนระหว่างมวลต่อปริมาตร หน่วยความหนาแน่นคือ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นิยมเขียนแทนด้วยอักษรกรีก ρ (อ่านว่า rho) ความหนาแน่นเป็นปริมาณสเกลาร์

ส่วนความหนาแน่นสัมพัทธ์ของสาร เป็นความหนาแน่นของสารนั้น เทียบกับความหนาแน่นของสารอ้างอิง

m แทน มวลของสาร (kg)

V แทน ปริมาตรของสาร (m^3)

ρ แทน ความหนาแน่นของสาร (kg / m^3)

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots(17.1)$$

แบบฝึกหัด 17.1

- 1.1 น้ำประปาที่อยู่ในถังมีมวล 20 กิโลกรัม วัดปริมาตรได้ 0.02 ลูกบาศก์เมตร อยากทราบว่า น้ำประปามีความหนาแน่นเท่าใด
- 1.2 ดาวนิวตรอนเป็นดาวขนาดเล็กแต่มีความหนาแน่นมาก คาดว่าดาวนิวตรอนมีรัศมีเพียง 1 เมตร แต่มีมวลประมาณ 1.99×10^{18} กิโลกรัม ความหนาแน่นของดาวนิวตรอนเป็นเท่าใด
(4.75×10^{17} กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
- 2.1 น้ำมีความหนาแน่น 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หมายความว่าอย่างไร
- 2.2 ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของตะกั่วเท่ากับ 11.3 หมายความว่าอย่างไร
- 3.1 ดาวนิวตรอนเป็นดาวที่มีขนาดเล็ก แต่มีความหนาแน่นมาก ถ้าดาวนิวตรอนมีรัศมี 10 กิโลเมตร แต่มีมวลเท่ากับดวงอาทิตย์ คือ 1.99×10^{30} กิโลกรัม ความหนาแน่นของดาวนิวตรอนเป็นเท่าใด
($4.75 \times 10^7 kg/m^3$)
- 3.2 ไม้บัลซามีปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร และมีความหนาแน่นสัมพัทธ์ 0.15 จะมีน้ำหนักเท่าใด (1470 N)

17.2 ความดันในของเหลว

แรงดัน (Force , F) ผลคูณระหว่างความดันกับพื้นที่ ๆ ถูกแรงกระทำ แรงดันเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็นนิวตัน

ความดัน (Pressure , P) คืออัตราส่วนระหว่างแรงที่กระทำต่อพื้นที่ ๆ ถูกแรงกระทำโดยพื้นที่นั้น ต้องตั้งฉากกับแรงกระทำด้วยความดันเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตรหรือปาสกาล (Pa)

ให้ F แทน แรงที่กระทำ (N)

A แทน พื้นที่ที่ถูกแรงกระทำและตั้งฉากกับ F (m^2)

P แทน ความดัน (N/m^2)

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(17.2)$$

- เพิ่มเติม 1. ในทางอุตุนิยมวิทยาใช้หน่วยเป็น Bar เมื่อ $1 \text{ Bar} = 10^5$ พาสคัล (Pa)
2. ในบางครั้งความดันอ่านเป็นบรรยากาศ โดยที่ บรรยากาศ = $1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
3. $1 \text{ บรรยากาศ (atm)} = 760 \text{ มิลลิเมตรปรอท (torr)} = 14.7 \text{ lb/in}^2$

17.2.1 ความดันในของเหลวขึ้นกับความลึก

สรุปหลักการสำคัญเกี่ยวกับความดันในของเหลวในสถานะอยู่นิ่งได้ดังนี้

1. ณ จุดใด ๆ ในของเหลวจะมีแรงกระทำของของเหลวไปในทุกทิศทุกทาง
2. แรงที่ของเหลวกระทำต่อผนังภาชนะหรือผิววัตถุที่อยู่ในของเหลวจะอยู่ในทิศตั้งฉากกับผนังภาชนะหรือผิวของวัตถุที่ของเหลวสัมผัส
3. ความดัน ณ จุดใด ๆ ในของเหลวที่อยู่นิ่งแปรผันตรงกับความลึกและความหนาแน่นของของเหลวเมื่ออุณหภูมิคงตัว
4. ความดันในของเหลวชนิดหนึ่ง ๆ ไม่ขึ้นอยู่กับปริมาตรและรูปร่างของภาชนะที่บรรจุของเหลว และที่ความลึกเท่ากันของเหลวชนิดเดียวกันความดันจะเท่ากันเสมอ

การจำแนกชนิดของความดัน

1. ความดันบรรยากาศ (Atmospheric Pressure, Pa) เป็นความดันที่เกิดจากบรรยากาศที่ทับถมอยู่เหนือจุดที่พิจารณามีค่าเท่ากับน้ำหนักของอากาศในชั้นบรรยากาศที่ทับถมอยู่เหนือพื้นที่ 1 ตารางหน่วย ซึ่งคำนวณแล้วได้ $1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ เมื่อภาวะปกติ

2. ความดันเกจ (Gauge Pressure, P_w) หมายถึง ความดันของของเหลวเนื่องจากน้ำหนักของของเหลว

ให้ P_w แทน ความดันเกจหรือความดันของของเหลวเนื่องจากน้ำหนักของของเหลว

ρ แทน ความหนาแน่นของของเหลว

h แทน ความสูงหรือความลึกของของเหลวจากผิวของของเหลว

$$P_w = \rho gh \dots\dots\dots(17.3)$$

3. ความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure, P) หมายถึง ความดันของของเหลวเนื่องจากน้ำหนักของของเหลวรวมกับความดันบรรยากาศ จะได้ว่า

$$P = P_a + P_w \dots\dots\dots(17.4)$$

$$P = P_a + \rho gh \dots\dots\dots(17.5)$$

แรงดันน้ำที่กระทำต่อเขื่อน

ให้ F แทน แรงดันที่น้ำกระทำต่อประตูเขื่อนหรือเขื่อน

ρ แทน ความหนาแน่นของน้ำ

l แทน ความยาวของประตูเขื่อน

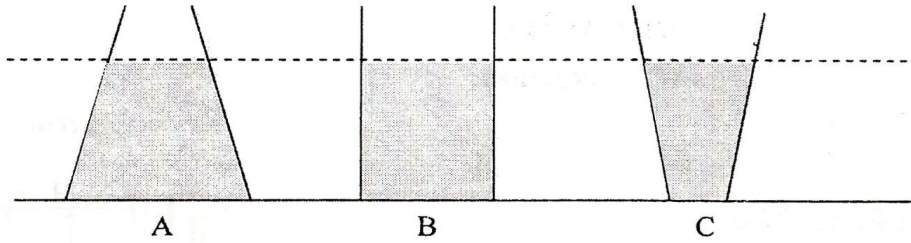
g แทน ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก h แทน ความสูงของระดับน้ำ

$$F = \frac{1}{2} \rho l g h^2 \dots\dots\dots(17.6)$$

แบบฝึกหัด 17.2.1

- 1.1 ความดันของน้ำ ตรงจุดที่ลึก 10 m มีค่าเท่าไรเมื่อความหนาแน่นของน้ำ เท่ากับ 1000 kg/m^3 (10^5 N/m^2)
- 1.2 ถ้าความดันน้ำ ปรปะาเท่ากับ 1.09×10^6 นิวตันต่อตารางเมตร เมื่อเกิดเพลิงไหม้ ณ ที่แห่งหนึ่ง พนักงานดับเพลิงจะสามารถฉีดน้ำ ขึ้นไปได้สูงสุดเท่าใด (109 เมตร)
- 1.3 ถ้าน้ำ ทะเลมีความหนาแน่น $1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ชายคนหนึ่งดำน้ำ ลงไปลึก 10 m จงหาความดันเกจ และความดันสัมบูรณ์ที่กระทำกับชายคนนี้ เมื่อความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเลเท่ากับ 10^5 N/m^2 ($1.03 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, $2.03 \times 10^5 \text{ N/m}^2$)
- 1.4 เรือดำน้ำ ลำหนึ่งได้รับการออกแบบให้ทนความดันภายนอกได้สูงสุดขนาด $4.1 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ จะสามารถนำเรือดำลงไปใต้น้ำ ทะเล ซึ่งมีความหนาแน่น $0.025 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ได้อย่างมากที่สุดเท่าไร (400 เมตร)
- 1.5 เขื่อนแห่งหนึ่งกว้าง 80 เมตร ถ้าวัดระดับน้ำ สูง 50 เมตร แรงดันของน้ำ เหนือเขื่อนมีค่าเท่าใด (10^9 N)
- 1.6 เขื่อนรูปครึ่งวงกลมรัศมี 20 เมตร ถ้าวัดระดับน้ำ สูง 25 เมตร แรงดันของน้ำ เหนือเขื่อนมีค่าเท่าใด (1.25×10^8 นิวตัน)
- 1.7 ประตูเขื่อนแห่งหนึ่งกว้าง 60 เมตร ระดับน้ำ ข้างหนึ่งอยู่สูง 40 เมตร อีกข้างหนึ่งอยู่ สูง 30 เมตร จงหาแรงดันที่กระทำกับประตูเขื่อน (2.1×10^8 นิวตัน)
- 1.8 เขื่อนกั้นน้ำ แห่งหนึ่งยาว 5 เมตร สูง 7 เมตร วิศวกรออกแบบสร้างเขื่อนได้กำหนดแรงดันทั้งหมดของน้ำ ที่ตัวเขื่อนจะรับไว้ได้ 2.25×10^6 นิวตัน จงคำนวณหาระดับน้ำ เหนือเขื่อนที่เขื่อนจะรับไว้ได้
- 2.1 (มข.50) แก้วใบหนึ่งบรรจุไว้ด้วยน้ำ กับน้ำ แข็ง ข้อความใดต่อไปนี้อยู่ได้ถูกต้องเมื่อมีน้ำ แข็งบางส่วนเริ่มละลาย
 1. ระดับน้ำ ในแก้วจะต่ำกว่าระดับเดิม
 2. ระดับน้ำ ในแก้วจะสูงกว่าระดับเดิม
 3. ระดับน้ำ ในแก้วยังคงเหมือนเดิม
 4. สรุบไม่ได้เนื่องจากข้อมูลที่ให้มาไม่เพียงพอ

2.2 (มข.51) จากรูป ภาชนะทั้ง สามบรรจุของเหลวชนิดเดียวกันและอยู่ในระดับเดียวกัน ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับความดันและแรงดัน

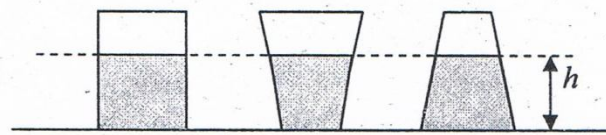


1. ความดันและแรงดันที่ก้นภาชนะ $A > B > C$
2. ความดันและแรงดันที่ก้นภาชนะ $C > B > A$
3. ความดันที่ก้นภาชนะทั้งสามเท่ากันแต่แรงดันที่ก้นภาชนะ $A > B > C$
4. ความดันที่ก้นภาชนะทั้งสามเท่ากันแต่แรงดันที่ก้นภาชนะ $B > A > C$

2.3 (มข.53) ที่ความลึก 10 เมตรในน้ำ จะมีความดันสัมบูรณ์กี่ปาสกาล เมื่อกำหนดให้ ความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 1.000×10^3 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และความดันบรรยากาศเท่ากับ 1.013×10^5 ปาสกาล

1. 1.000×10^5 ปาสกาล
2. 2.013×10^5 ปาสกาล
3. 1.013×10^7 ปาสกาล
4. 1.013×10^9 ปาสกาล

2.4 (มข.54) จากรูป ภาชนะทั้งสามใบบรรจุของเหลวชนิดเดียวกันที่ระดับความสูง เท่ากันและพื้นที่ของก้นภาชนะมีขนาดเท่ากัน ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง



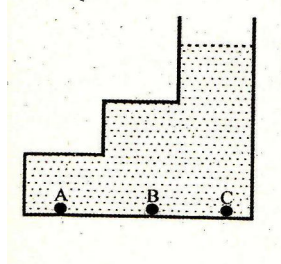
- ก. ความดันเกจที่ก้นภาชนะทุกใบเท่ากัน
- ข. ความดันสัมบูรณ์ที่ก้นภาชนะทุกใบเท่ากัน
- ค. แรงดันของเหลวกระทำต่อก้นภาชนะทุกใบเท่ากัน

1. ข้อ ก และ ข้อ ข ถูก
2. ข้อ ก และ ข้อ ค ถูก
3. ข้อ ข และ ข้อ ค ถูก
4. ถูกทุกข้อ

2.5 (มข.55) ถังฝาเปิดรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20cm สูง 60 cm บรรจุน้ำจนเต็ม จงคำนวณหาความดันสัมบูรณ์ที่ก้นภาชนะ กำหนดให้ $g = 10 \text{ m/s}^2$, $\rho_{\text{water}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$, $P_a = 10^5 \text{ N/m}^2$

1. $6 \times 10^3 \text{ N/m}^2$
2. $0.94 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
3. 1.03×10^5
4. $1.06 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

2.6 (มข.56) ภาชนะเปิดบรรจุของเหลวดังรูป ความดันที่จุด A, B และ C มีค่าตามข้อใด



1. $A = B = C$
2. $A > B > C$
3. $A < B < C$
4. $B > A > C$

2.7 (มข.56) ประตูกั้นน้ำ ตั้งอยู่ในแนวตั้งกว้าง 20 เมตร ระดับน้ำ สูงเมตร แรงลัพธ์ที่กระทำต่อประตูน้ำ เป็นกิโลตัน เมื่ออีกด้านหนึ่งของประตูกั้นน้ำ เป็นอากาศ (กำหนดให้ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง $g = 10 \text{ m/s}^2$ ความหนาแน่นของน้ำ $\rho = 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)

1. 72×10^5 2. 96×10^5 3. 144×10^5 4. 288×10^5

2.8 (มข.56) ลมในยางยนต์มีความดันเกจ 199 kPa ที่อุณหภูมิ 0°C ถ้าอุณหภูมิของลมยางเพิ่มเป็น 47°C โดยปริมาตรลมในยางคงที่ ความดันสัมบูรณ์ลมภายในยางตอนหลังจะเป็นกี่ kPa (กำหนดให้ $1 \text{ atm} = 101 \text{ kPa}$)

1. 219 2. 300 3. 320 4. 421

17.2.2 เครื่องมือวัดความดัน

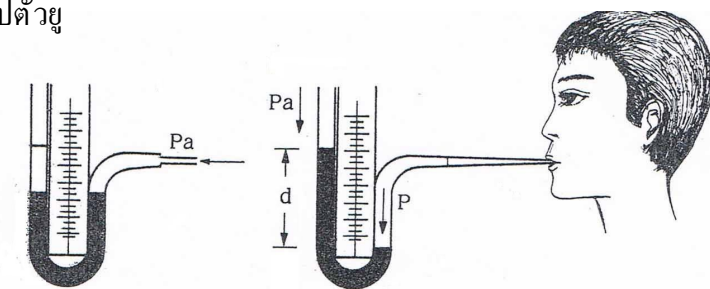
ความดันของแก๊สหุงต้มในถังแก๊ส ความดันของบรรยากาศขณะเวลาต่าง ๆ ความดันของแก๊สในยางรถยนต์ หรือความดันของน้ำประปา ล้วนเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของทุกคน ความดันของของไหลเหล่านี้ วัดค่าได้อย่างไร เครื่องวัดเหล่านี้มีหลายรูปแบบ เช่น แมนอมิเตอร์ แบรอมิเตอร์ และเครื่องวัดบูร์ดอน จะกล่าวถึงเพียงสังเขปดังนี้

บาร์อมิเตอร์ปรอท สร้างตามหลักของ ทอร์ริเชลลี โดยนำหลอดแก้วปลายเปิดข้างหนึ่ง ปลายปิดข้างหนึ่ง ทำให้เป็นสุญญากาศแล้วคว่ำด้านปลายเปิดของหลอดแก้วลงไปในอ่างปรอท เมื่อหลอดแก้วอยู่ในแนวตั้งอากาศภายนอกจะดันปรอทให้เข้าสู่หลอดแก้วเป็นลำปรอทยาว 760 มิลลิเมตร ที่ระดับน้ำทะเล ฉะนั้นที่ระดับน้ำทะเลอากาศจะมีความดันเท่ากับ 760 มิลลิเมตรปรอทเสมอ

บาร์อมิเตอร์แอนิรอยด์ ถ้าต้องการวัดความดันอากาศในที่สูง ๆ เช่น บนภูเขา หรือบนเครื่องบิน ซึ่งทำจากโลหะที่บางมากและยืดหยุ่นได้ เมื่อความดันอากาศเพิ่มขึ้นดัดลูกฟูกก็จะถูกบีบให้แฟบลงแต่เมื่อความดันอากาศลดลง ดัดลูกฟูกก็จะพองขึ้น แล้วจะมีผลต่อแขนบ่งผลไปยังเข็มชี้ ซึ่งติดสเกลบอกบนหน้าปัดไว้เรียบร้อยแล้ว สำหรับหน้าปัดบาร์อมิเตอร์แอนิรอยด์ นี้สามารถดัดแปลงเป็นความสูงจากระดับน้ำทะเลได้ เพราะว่าความดันอากาศจะลดลงตามความสูงในอัตราประมาณ มิลลิเมตรของปรอทต่อความสูงที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 11 เมตร เรียกเครื่องมือที่ดัดแปลงนี้ว่า มาตรวัดความสูง หรือแอลติมิเตอร์ ซึ่งใช้ติดตัว หรือติดในเครื่องบินเพื่อทราบระดับความสูงของเครื่องบิน

เครื่องวัดบูร์ดอน (Bourdon gauge) ประกอบด้วยท่อกลวง มีปลายปิดข้างหนึ่งและม้วนเป็นรูปวงกลม ที่ปลายปิดมีเข็มติดอยู่สามารถเลื่อนไปมาเพื่อชี้บนสเกลได้ เมื่อต้องการวัดความดันก็ให้ของไหลไหลเข้าไปในท่อทางด้านปลายเปิดจะทำให้ท่อนี้ยืดออกเข็มที่ติดกับปลายท่อก็จะชี้บนสเกลบอกความดันของไหลนั้นได้ แมนอมิเตอร์แบบนี้ นิยมใช้กับของไหลที่มีความดันสูงมาก เช่น หม้อไอน้ำของเครื่องยนต์ ถึงแก๊สหุงต้ม เป็นต้น

แมนอมิเตอร์ (Manometer) เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดความแตกต่างของความดันในของไหล โดยปกติใช้บอกความแตกต่างของความดันในรูปความแตกต่างของระดับความสูงของลำของเหลวทั้งสองข้างในหลอดแก้วรูปตัวยู



ให้ **P** แทน ความดันสัมบูรณ์ของอากาศในสายยางที่นักเรียนเป่า

P_a แทน ความดันของบรรยากาศขณะนั้น

P_w แทน ความดันเนื่องจากลำของเหลวที่สูง d

ถ้าของเหลวอยู่ในสภาพสมดุล จะได้ว่า

$$P = P_a + P_w$$

ความดันของอากาศในสายยางที่เพิ่มขึ้น

$$P - P_a = P_w = \rho g d \dots\dots\dots(17.7)$$

จะเห็นว่า ผลต่างของระดับของเหลวในหลอดแก้วรูปตัวยู หรือระยะ d จะแปรผันตรงกับความดันที่เพิ่มของอากาศในสายยาง

แสดงว่าเราสามารถใช้ระยะ d เป็นตัวแสดงความดันที่เพิ่มขึ้นที่ปลายข้างหนึ่ง ความดันที่วัดได้จากเครื่องมือวัดนี้ เรียกว่า ความดันเกจนั่นเอง

17.2.3 ความดันกับชีวิตประจำวัน

ในชีวิตประจำวัน เราต้องเกี่ยวข้องกับความดันตลอดเวลา ดังจะเห็นได้จากอุปกรณ์ต่างๆ ที่เราใช้ในการทำงานต้องอาศัยความดันบรรยากาศทั้งสิ้น ดังตัวอย่างต่อไปนี้

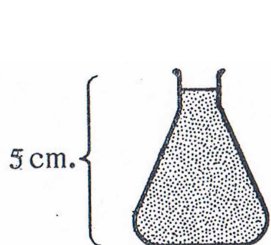
เครื่องวัดความดันโลหิต ซึ่งเรียกว่า Sphygmomanometer เป็นเครื่องมือประกอบด้วยแมนอมิเตอร์ โดยใช้แมนอมิเตอร์วัดผ่านท่อนแขน ในขณะที่หัวใจบีบตัวส่งโลหิตไปตามเส้นเลือดแดง ไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย ซึ่งเป็นค่าความดันโลหิตสูงสุด และเมื่อโลหิตในเส้นเลือดดำย้อนกลับหัวใจจะอ่านค่าความดันโลหิตต่ำสุดจากแมนอมิเตอร์ สำหรับคนปกติ ความดันโลหิตจะเป็น 20/80 หมายความว่า ค่าความดันโลหิตสูงสุดจะเป็น 120 mm.Hg และต่ำสุดเป็น 80 mm.Hg

หลอดดูดเครื่องดื่ม เมื่อใช้หลอดดูดเครื่องดื่ม อากาศในหลอดมีปริมาตรลดลง ทำให้ความดันอากาศในหลอดดูดลดลงด้วย ความดันอากาศภายนอกซึ่งมากกว่าก็จะสามารถดันของเหลวขึ้นไปแทนที่อากาศในหลอดดูดจนกระทั่งของเหลวเข้าปาก

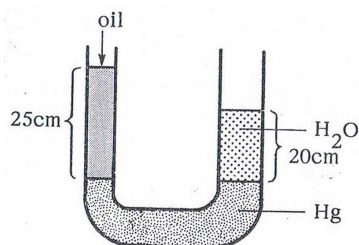
ยางติดผนังเมื่อออกแรงกดแผ่นยางติดผนังบนผิวเรียบ เช่น แผ่นกระจก อากาศที่อยู่ระหว่างแผ่นยางและกระจกจะถูกขับออก ทำให้บริเวณดังกล่าวเกือบเป็นสุญญากาศ อากาศภายนอกซึ่งมีความดันสูงกว่าก็จะกดผิวแผ่นยางให้แนบติดแผ่นกระจก

แบบฝึกหัด 17.2.2-3

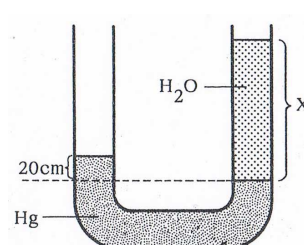
- 1.1 ถ้าของเหลวที่บรรจุในหลอดแก้วรูปตัวยู ของแมนอมิเตอร์คือ น้ำ ซึ่งมีความหนาแน่นเท่ากับ 1000 kg/m^3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อของเหลวในหลอดแก้วรูปตัวยูต่างระดับกัน 2 เซนติเมตร ความดันเกจที่อ่านได้จะเป็นเท่าไร (200 นิวตันต่อตารางเมตร)
- 1.2 น้ำจืดลึก 0.6 เมตร ให้ความดันเท่ากับน้ำทะเลลึก 0.4 เมตร จงหาความหนาแน่นของน้ำทะเล กำหนดความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 10^3 kg/m^3 ($1.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)
- 1.3 ที่ก้นบ่อแร่แห่งหนึ่งบารอมิเตอร์ ปรอทอ่านได้ 77.4 cm จงหาว่า บารอมิเตอร์นี้ น้ำมันที่วางไว้ข้างกันจะอ่านได้เท่าไร กำหนดความหนาแน่นของปรอทและน้ำมันเท่ากับ $13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ และ $0.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ตามลำดับ (11.7 m)
- 1.4 ที่ก้นบ่อแร่แห่งหนึ่งบารอมิเตอร์ ปรอทอ่านได้ 80 cm จงหาว่า บารอมิเตอร์นี้ น้ำมันที่วางไว้ข้างกันจะอ่านได้เท่าไร กำหนดความหนาแน่นของปรอทและน้ำมันเท่ากับ $13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ และ $0.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ตามลำดับ
- 1.5 ความดันที่ก้นบ่อแห่งหนึ่ง มีค่าเป็น 4 เท่าของความดันที่จุดลึกจากผิวน้ำ 10.6 เมตร จงหาความลึกของบ่อนั้น ถ้าความดันบรรยากาศมีค่าเท่า 10.2 เมตรของน้ำ (33 เมตร)



รูปข้อ 1.6



รูปข้อ 1.7



รูปข้อ 1.8

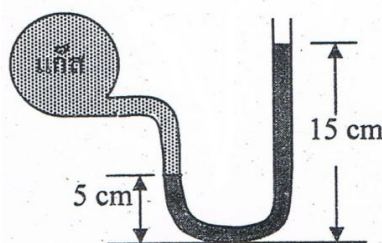
- 1.6 ขวดใส่ของเหลวดังรูปส่วนสูงของของเหลว 5 cm ก้นขวดมีพื้นที่ 100 cm^2 ถ้าของเหลวมีความหนาแน่น $13.6 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$ ความดันเกจที่ก้นขวดมีค่าเท่าไร ($6.8 \times 10^4 \text{ N/m}^2$)
- 1.7 จากรูปความหนาแน่นของน้ำมันสี่เป็นกี่เท่าของน้ำ (0.8 เท่าของน้ำ)
- 1.8 จากรูป ถ้าปรอทมีความหนาแน่นเป็น 13.6 เท่าของน้ำ X จะมีค่าเท่าไร (2.72 เมตร)
- 2.1 (มข.52) ระดับปกติของความดันโลหิต (blood pressure) ของคนทั่วไปคือความดันตัวบน 120 มิลลิเมตรของปรอทและความดันตัวล่าง 80 มิลลิเมตรของปรอท จงหาค่าความดันตัวบนนี้ ในหน่วยมาตรฐาน
 1. 0.16 atm
 2. 1.6 atm
 3. $1.6 \times 10^3 \text{ N/m}^2$
 4. $1.6 \times 10^4 \text{ pascal}$

2.2 (มข.53) เราทราบว่บรรยากาศที่ผิวโลกมีความดันประมาณ 760 มิลลิเมตรปรอท โลหิตในร่างกายของคนเราก็ดีกีมีความดันเช่นกัน ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อความที่ถูกต้อง

1. ความดันโลหิตมีค่ามากกว่าความดันบรรยากาศเสมอ
2. ความดันโลหิตมีค่าน้อยกว่าความดันบรรยากาศเสมอ
3. ความดันโลหิตมีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศเสมอ
4. ไม่แน่นอน อาจมากกว่าหรือน้อยกว่าก็ได้

2.3 (มข.54) ขาข้างหนึ่งของแอนอิมิเตอร์ถูกต่อเข้ากับภาชนะที่บรรจุแก๊สชนิดหนึ่งปรากฏว่าระดับปรอทในขาทั้งสองข้างสูง 5 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตร ดังรูป ถ้าความดันของอากาศภายนอกขณะนั้นเท่ากับ 10^5 พาสคัล แก๊สในภาชนะมีความดันเท่าใด(กำหนดให้ ความหนาแน่นปรอทเท่ากับ 3.6×10^3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และความเร่งโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 10 เมตรต่อวินาที²)

1. 0.136×10^5 พาสคัล
2. 1.36×10^5 พาสคัล
3. 1.136×10^5 พาสคัล
4. 2.36×10^5 พาสคัล

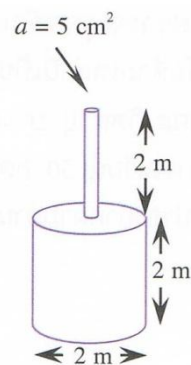
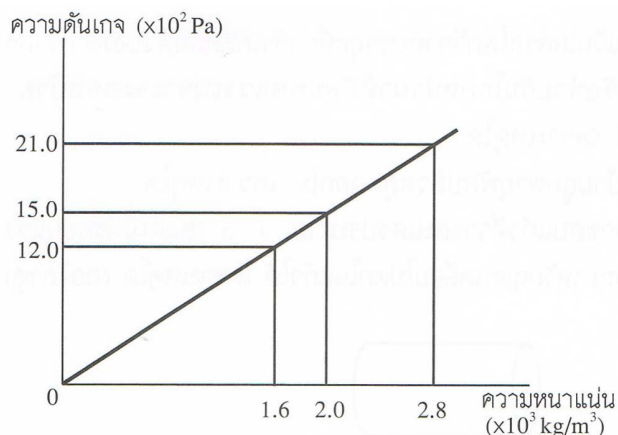


2.4 (มข.56) (กำหนดความดันบรรยากาศเป็น 760 มิลลิเมตรปรอท) ในการวัดความดันโลหิต ถ้าวัดได้ 30 มิลลิเมตรปรอท แสดงว่าในเส้นเลือดมีความดันสัมบูรณ์เป็นกี่มิลลิเมตรปรอท

1. 130
2. 630
2. 890
4. 1.00143×10^5

แบบฝึกหัด 17.2

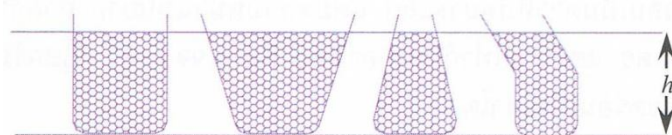
- 1.1 การเปลี่ยนอุณหภูมิของของเหลว จะมีผลต่อความดันในของเหลวหรือไม่ อย่างไร
- 1.2 นำปลายข้างหนึ่งของหลอดดูดชนิดใสไปจุ่มในน้ำ ใช้นิ้วปิดปลายบน แล้วยกหลอดให้พื้นผิวน้ำและวางตัวในแนวตั้ง จะเห็นว่าในหลอดมีน้ำ อยู่ด้านล่างและถ้าอากาศอยู่ตอนบนอากาศที่อยู่นี้ และผิวน้ำในหลอดดูดจะมีความดันมากกว่า เท่ากับ หรือน้อยกว่า ความดันบรรยากาศ(ลองทำดู)
- 1.3 จงอธิบายการทำงานของหลอดฉีดขณะดูดของเหลวเข้าไปในหลอด
- 1.4 เพราะเหตุใด จึงนิยมใช้ปรอทในหลอดแก้วของบารอมิเตอร์แทนที่จะใช้น้ำ
- 1.5 การวัดความดันในโลหิต ผู้ถูกวัดต้องนอนอยู่ในแนวราบและแขนต้องอยู่ในแนวนานกับลำตัว หรือถ้าอยู่ในท่านั่ง แพทย์ต้องพันถุงอากาศรอบแขนในระดับเดียวกับหัวใจ เพราะเหตุใด
- 2.1 เรือดำน้ำลำหนึ่งได้รับการออกแบบให้ทนความดันจากภายนอกได้ไม่เกิน 6 พาสคัลเรือดำน้ำลำนี้ จะสมารถดำลึกลงไปจากผิวน้ำทะเลได้มากที่สุดเท่าใด (89.0 m)



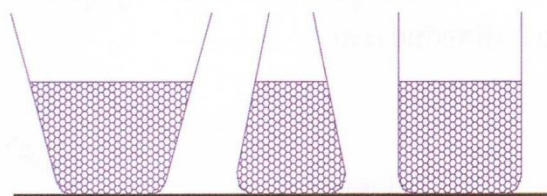
รูปสำหรับโจทย์ ข้อ2.2

รูปสำหรับโจทย์ ข้อ2.3

- 2.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับของความหนาแน่นของเหลวสามชนิดที่มีความลึกเดียวกัน ดังรูป ความลึกนั้นมีค่าเท่าใด ตอบในหน่วยเซนติเมตร (7.65 cm)
- 2.3 ภาชนะรูปทรงกระบอกรัศมี 1 เมตร สูง 2 เมตร เชื่อมติดแน่นกับท่อทรงกระบอกเล็กๆ สูง 2 เมตร พื้นที่หน้าตัด 5 เซนติเมตร ดังรูป ภาชนะนี้บรรจุ น้ำ เต็ม คำนวณหาแรงดันของน้ำ เนื่องจากความดันจากที่กระทำต่อกันภาชนะและน้ำหนักของน้ำ ที่บรรจุในภาชนะนี้ ค่าตอบต้องนี้ เท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด (ไม่คิดความดันบรรยากาศ) ($1.23 \times 10^5 \text{ N}$ และ $6.16 \times 10^4 \text{ N}$)
- 2.4 จากรูป ภาชนะทั้งสี่บรรจุของเหลวชนิดเดียวกัน ที่ระดับสูง h เท่ากัน ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูก
1. ความดันที่ก้นภาชนะทุกใบเท่ากัน
 2. ความดันสัมผัสที่ก้นภาชนะทุกใบเท่ากัน
 3. ความดันสัมผัสเฉลี่ยที่ด้านข้างภาชนะเป็นครึ่งหนึ่งของความดันสัมผัสที่ก้นภาชนะ



- 2.5 ภาชนะทั้งสามมีระดับน้ำ สูงเท่ากันและพื้นที่ก้นเท่ากัน ดังรูป จงตอบคำถามต่อไปนี้



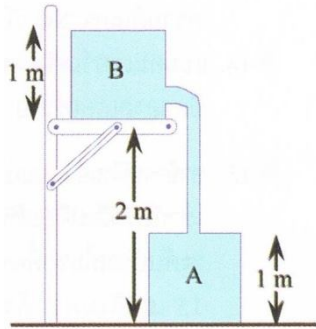
- ก. แรงที่น้ำ กระทำต่อกันภาชนะทั้งสามเนื่องจากความดันของน้ำ เท่ากันหรือไม่
 - ข. เมื่อนำน้ำ ในภาชนะทั้งสามไปชั่งจะมีน้ำ หนักเท่ากันหรือไม่
 - ค. เหตุใดคำตอบที่ได้ในข้อ ก. และข. จึงไม่เท่ากัน
- 2.6 ที่ระดับความลึกจากผิวน้ำ เท่าเท่าใด ความดันสัมผัสจึงมีค่าเท่ากับสองเท่าความดันบรรยากาศ (10.04 m)

2.7 ถังรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ที่มีความยาวด้านละ 2 เมตร เมื่อบรรจุน้ำเต็มจะมีความดันเกจที่ก้นถังเป็นเท่าใด และความดันเกจเฉลี่ยที่ด้านข้างของถังจะเป็นเท่าใด (1.96×10^4 Pa และ 9.8×10^3 Pa)

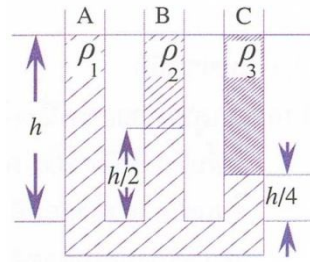
2.8 ถังรูปลูกบาศก์มีความยาวด้านละ 1 เมตร บรรจุน้ำเกลือที่มีความหนาแน่น 1.03×10^3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรไว้เต็มถัง จงหา

ก. แรงเนื่องจากความดันสัมบูรณ์ที่น้ำเกลือกระทำที่ก้นถัง (1.114×10^5 N)

ข. แรงเฉลี่ยเนื่องจากความดันสัมบูรณ์ที่ด้านข้างของถังหนึ่งด้าน (1.064×10^5 N)



รูปสำหรับโจทย์ ข้อ 2.9



รูปสำหรับโจทย์ ข้อ 2.10

2.9 ถัง A และ B มีท่อต่อถึงกันและบรรจุน้ำเต็มดังรูป ถ้าถังทั้งสองเป็นรูปลูกบาศก์มีความยาว 1 เมตร จงหา

ก. ความดันสัมบูรณ์ที่ก้นถัง B (1.111×10^5 N)

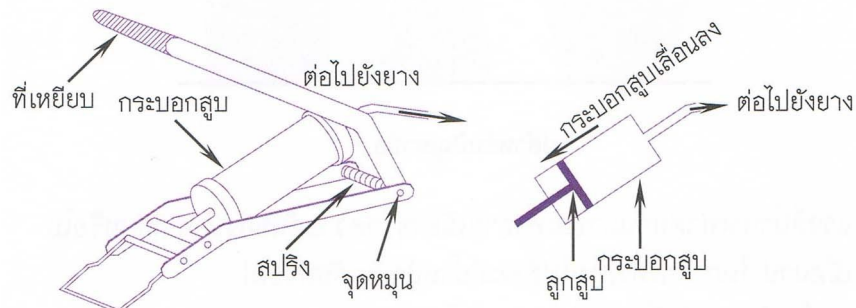
ข. แรงเนื่องจากความดันสัมบูรณ์ที่กระทำต่อก้นถัง A (1.307×10^5 N)

ค. แรงเฉลี่ยเนื่องจากความดันสัมบูรณ์ที่ด้านข้างหนึ่งด้านของถัง A (1.258×10^5 N)

2.10 ของเหลว A, B และ C มีความหนาแน่น P_1 , P_2 และ P_3 ตามลำดับ บรรจุในภาชนะที่มีท่อต่อถึงกัน ดังรูป ถ้า h , $\frac{h}{2}$ และ $\frac{h}{4}$ เป็นความสูงของของเหลว A ในท่อทั้งสาม

จงพิสูจน์ว่า $P_1 = P_2 = P_3$

2.11 เครื่องสูบลมจักรยานแบบเท้ากด ประกอบด้วยกระบอกสูบ ลูกสูบ และที่เหยียบ เมื่อออกแรงที่เหยียบ กระบอกสูบจะเคลื่อนที่เข้าหาลูกสูบและดันอากาศในกระบอกสูบให้ผ่านตามสายยางที่ต่อกับยางรถ

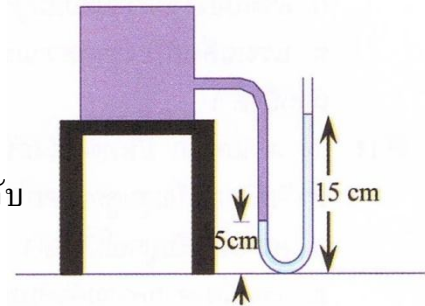


ก. ถ้าลูกสูบมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 125 ตารางเซนติเมตร และแรงที่กระทำต่อกระบอกสูบเท่ากับ 800 นิวตัน จงแสดงว่า ความดันที่ลูกสูบเท่ากับ 320 กิโลพาสคัล (320 kPa)

ข. ถ้านำเครื่องสูบลมนี้ไปสูบลมยางรถยนต์สี่ล้อที่มีมวล 600 กิโลกรัม จนยางแต่ละเส้นมีความดันเกจ 200 กิโลพาสคัล พื้นที่ของยางแต่ละเส้นที่สัมผัสถนน เป็นเท่าใด ($7.35 \times 10^{-3} \text{ m}^2$)

2.12 แมนอมิเตอร์เครื่องหนึ่งมีระดับปรอทในขาทั้งสองข้างอยู่ที่ขีดของสเกล ถ้าระยะระหว่างขีดของสเกลเท่ากับ 1 มิลลิเมตร แต่ละขีดที่อยู่เหนือขีด 0 ขึ้นไป อ่านความดันเท่าใดบ้าง (226.56 Pa, 533.12 Pa, 799.68 Pa, 1066.24 Pa, ...)

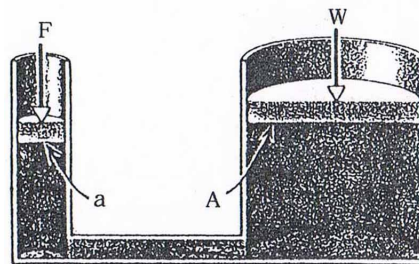
2.13 ขาข้างหนึ่งของแมนอมิเตอร์ที่มีปรอทบรรจุอยู่ ถูกต่อเข้ากับถังสี่เหลี่ยมที่บรรจุแก๊สชนิดหนึ่ง ปรากฏว่าระดับปรอทในขาทั้งสองข้างสูง เช่นติเมตร และ 15 เซนติเมตร ดังรูป ถ้าความดันของอากาศขณะนั้นเท่ากับ 10^5 พาสคัล แก๊สในถังมีความดันเท่าใด (1.133×10^5 Pa)



17.3 กฎของพาสคัลและเครื่องอัดไฮดรอลิก

กฎของพาสคัล ซึ่งกล่าวว่า เมื่อความดัน ณ ตำแหน่งใด ๆ ในของเหลวที่อยู่นิ่งในภาชนะปิดความดันที่เพิ่มขึ้นจะถ่ายทอดไปทุก ๆ จุดในของเหลวนั้น

กฎของพาสคัลสามารถอธิบายการทำงานของเครื่องกลผ่อนแรงที่รู้จักกันทั่วไปคือเครื่องอัดไฮดรอลิก ซึ่งประกอบด้วยกระบอกสูบ และลูกสูบสองชุดมีขนาดต่างกัน มีท่อต่อเชื่อมกันและมีของเหลวบรรจุอยู่ภายใน



รูปการทำงานของเครื่องอัดไฮดรอลิก

ให้ A และ a แทน พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบใหญ่และลูกสูบเล็ก

F แทน แรงกดลูกสูบด้านพื้นที่หน้าตัด

W แทน น้ำหนักที่ต้องการจะยก

จากกฎของพาสคัลจะได้ว่า

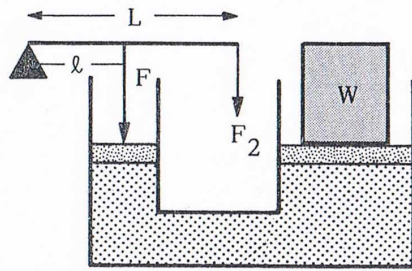
$$P_1 = P_2$$

$$\frac{F}{a} = \frac{W}{A} \dots\dots\dots(17.8)$$

$$\text{การได้เปรียบเชิงกล} \quad MA = \frac{W}{F} = \frac{A}{a} = \left(\frac{R}{r}\right)^2 = \left(\frac{D}{d}\right)^2 = \frac{h}{H} \dots\dots\dots(17.9)$$

สูตรเครื่องอัดไฮดรอลิก หรือเครื่องอัดบาร์มหัท ที่ไม่มีระบบคานโยกมาเกี่ยวข้อง สูตรนี้ใช้เมื่อเครื่องอัดมีประสิทธิภาพ 100 % ได้ $\frac{W}{F}$ เรียกว่าได้เปรียบเชิงกลตามปฏิบัติ (A.M.A.) ส่วน $\frac{A}{a}$ เรียกว่าได้เปรียบเชิงกลตามทฤษฎี (I.M.A.)

ถ้าเอาระบบคานโยกเข้ามาไว้ในเครื่องนี้ ดังรูป



จะได้ว่า

$$\frac{W}{F_2} = \frac{A}{a} \times \frac{L}{l} \dots\dots\dots(17.10)$$

$\frac{W}{F_2}$ แทน การได้เปรียบเชิงกลตามปฏิบัติของเครื่องทั้งหมด

$\frac{A}{a}$ แทน การได้เปรียบเชิงกลตามทฤษฎีของลูกสูบ

$\frac{L}{l}$ แทน การได้เปรียบเชิงกลตามทฤษฎีของคานโยก

$\frac{A}{a} \times \frac{L}{l}$ แทน การได้เปรียบเชิงกลตามทฤษฎีของเครื่องทั้งหมด

สูตรข้างต้น ใช้เมื่อเครื่องมีประสิทธิภาพ 100 %

ถ้าเครื่องมีประสิทธิภาพไม่ถึง 100 % ให้ใช้สูตรดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ (Eff)} = \left[\frac{\frac{W}{F_2}}{\frac{A}{a} \times \frac{L}{l}} \right] \times 100 \dots\dots\dots(17.11)$$

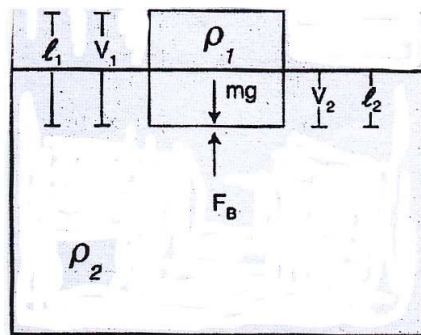
แบบฝึกหัด 17.3

- 1.1 แม่แรงยกรถยนต์เครื่องหนึ่ง ลูกสูบใหญ่มีพื้นที่เป็น 200 เท่าของลูกสูบเล็ก ถ้าต้องการให้แม่แรงยกรถมวล 1000 กิโลกรัม จะต้องออกแรงกดที่ลูกสูบเล็กเท่าไร (50 นิวตัน)
- 1.2 เครื่องยกไฮดรอลิกเครื่องหนึ่ง มีรัศมีลูกสูบใหญ่เป็น 5 เท่าของลูกสูบเล็ก จะต้องออกแรงกดที่ลูกสูบเล็กอย่างน้อยเท่าใดจึงจะสามารถยกมวล 1000 กิโลกรัมขึ้นได้ (400 นิวตัน)
- 1.3 เครื่องอัดบาร์มาห์ ลูกสูบใหญ่มีพื้นที่ 20 cm^2 พื้นที่สูบอัด 2.5 cm^2 คานโยกยาว 28 cm ระยะจากจุดพลิกครัมถึงคานสูบอัด 2 cm ถ้าออกแรงกระทำที่ปลายคาน 20 นิวตัน จะสามารถยกน้ำหนักได้เท่าใด (2240 นิวตัน)

17.4 แรงลอยตัวและหลักของอาร์คิมิดีส

ถ้าหากเราชั่งน้ำหนักวัตถุในขณะที่จุ่มอยู่ในของเหลว จะพบว่าน้ำหนักวัตถุขณะนั้นจะน้อยกว่าน้ำหนักวัตถุที่ชั่งในอากาศ ทั้งนี้เพราะของเหลวออกแรงพยุงวัตถุไว้ในทิศขึ้นซึ่งเรียกแรงนี้ว่าแรงลอยตัวของของเหลว (Buoyant Force, B)

หลักของอาร์คิมิดีส กล่าวว่าวัตถุใด ๆ ที่จุ่มอยู่ในของเหลวทั้งก้อนหรือจุ่มอยู่เพียงบางส่วน จะถูกแรงลอยตัวกระทำและขนาดของแรงลอยตัวนี้ จะเท่ากับขนาดของน้ำหนักของของเหลวที่ถูกวัตถุแทนที่
แรงลอยตัว คือ แรงที่ของเหลวพยายามยกตัววัตถุขึ้นมา



หลักสมดุล แรงรวมขึ้น = แรงรวมลง

$$F_B = mg$$

$$\rho_1 V_1 = \rho_2 V_2 \quad \dots\dots\dots(17.12)$$

$$\rho_1 \ell_1 = \rho_2 \ell_2 \quad \dots\dots\dots(17.13)$$

กำหนดให้ F_B แทน แรงลอยตัว ρ_1 แทน ความหนาแน่นวัตถุ ρ_2 แทน ความหนาแน่นของเหลว
 V_1 แทน ปริมาตรทั้งหมด V_2 แทน ปริมาตรที่จุ่ม ℓ_1 แทน ความยาวทั้งหมด
 ℓ_2 แทน ความยาวที่จุ่ม g แทน ความเร่งโน้มถ่วง

แบบฝึกหัด 17.4

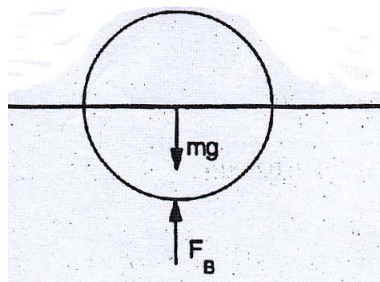
- 1.1 (ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย) วัตถุทรงกลมตันลูกหนึ่งลอยอยู่ในของเหลว โดยจุ่มลงไปครึ่งลูกพอดี กำหนดว่าของเหลวมีความหนาแน่น 1.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จงหาว่าความหนาแน่นของวัตถุมีค่าเท่าใด

1. 0.6 g/cm^3

2. 0.8 g/cm^3

3. 0.9 g/cm^3

4. 1.0 g/cm^3

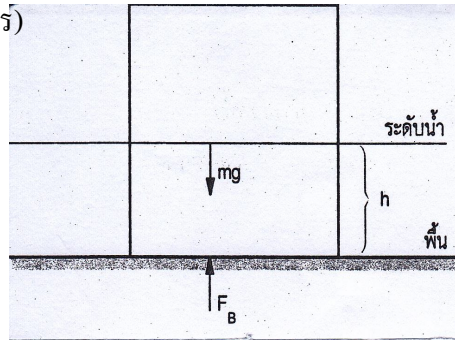


1.2 (ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย) น้ำแข็งมีความหนาแน่น $0.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ลอยอยู่ในน้ำทะเลที่มีความหนาแน่น $1.04 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ จงหาว่า น้ำแข็งจมน้ำ เป็นปริมาตรกี่เปอร์เซ็นต์

1. 86.9 เปอร์เซ็นต์ 2. 87.7 เปอร์เซ็นต์ 3. 88.5 เปอร์เซ็นต์ 4. 89.0 เปอร์เซ็นต์

1.3 (ข้อสอบเข้ามหาวิทยาลัย) ลูกบาศก์มีฟลิปดาวยอยู่บนพื้น แต่ละด้านยาว 0.5 เมตรหนัก 20 นิวตัน วันหนึ่งฝนตกน้ำท่วม ระดับน้ำ จะต้องสูงจากพื้นเท่าใดจึงเริ่มลอย (ให้ความหนาแน่นของน้ำ เท่ากับ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

1. 0.01 m
2. 0.04 m
3. 0.08 m
4. 0.25 m



- 2.1 ในการใช้เครื่องชั่งสปริงชั่งวัตถุ เหตุใดเมื่อชั่งวัตถุในของเหลว เครื่องชั่งจึงบอค่าได้น้อยกว่าเมื่อชั่งวัตถุนั้นในอากาศ
- 2.2 ตามปกติเหล็กจมน้ำ แต่เหตุใด เรือที่ทำด้วยเหล็กจึงไม่จมน้ำ
- 2.3 จงบอกวิธีหาความหนาแน่นของวัตถุ
- 2.4 เพราะเหตุใด บอลลูนตรวจอากาศที่บรรจุแก๊สฮีเลียม จึงบรรจุแก๊สเพียงร้อยละ 10 ถึง 20 ของปริมาตรทั้งหมดของบอลลูน
- 2.5 ตะกั่วมีความหนาแน่นมากกว่าเหล็กแต่ทั้งตะกั่วและเหล็กต่างก็มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ถ้านำตะกั่วและเหล็กที่มีปริมาตรเท่ากันไปวางในน้ำ แรงพยุงของน้ำ ที่กระทำต่อตะกั่วจะมากกว่าเท่ากับหรือมากกว่าแรงพยุงของน้ำ ที่กระทำต่อเหล็ก
- 3.1 เรือลำหนึ่งมีมวล 4000 กิโลกรัม ลอยในน้ำ ที่มีความหนาแน่น 1.0×10^3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จงหา
ก. ปริมาตรของเรือส่วนที่จมอยู่ใต้ผิวน้ำ (4 m^3) ข. แรงพยุงของน้ำ ที่กระทำต่อเรือ (3.92×10^4)
- 3.2 นำเหล็กและลูกบาศก์ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไปหย่อนในน้ำ แล้วน้ำมันที่มีความหนาแน่น 1000 และ 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ แรงพยุงที่กระทำต่อเหล็กทั้งสองกรณีเป็นเท่าใด (9.8×10^{-3} , 7.84×10^{-3})
- 3.3 แขนงกันอะลูมิเนียมที่มีมวล 1 กิโลกรัม และมีความหนาแน่น 2.7×10^3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ด้วยเชือก จากนั้นนำไปแช่น้ำ แรงดึงในเชือกก่อนและหลังแช่น้ำเป็นเท่าใด (2.8 N, 6.2 N)
- 3.4 นำไม้รูปลูกบาศก์มีความยาวด้านละ 0.5 เมตร มีความหนาแน่น 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไปลอยน้ำ ที่มีความหนาแน่น 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ก. ไม้จมน้ำลึกเท่าใด (0.4 m)
ข. จะต้องใช้แรงเท่าใดกดที่แท่งไม้ เพื่อให้ไม้จมนิดน้ำ พอดี (245 N)

3.5 นำวัตถุรูปลูกบาศก์ไปวางในของเหลว พบว่าปริมาตรบางส่วนของวัตถุอยู่เหนือผิวของเหลว

ถ้าให้ ρ_o เป็น ความหนาแน่นของวัตถุ

ρ_f เป็น ความหนาแน่นของของเหลว

V_o เป็น ปริมาตรวัตถุ

V_f เป็น ปริมาตรของของเหลวที่ถูกแทนที่

ก. จงพิสูจน์ว่า $\frac{\rho_o}{\rho_f} = \frac{V_o}{V_f}$ และปริมาตรวัตถุอยู่เหนือผิวของเหลวมีค่าเท่ากับ $(1 - \frac{\rho_o}{\rho_f}) V_o$

ข. ถ้าวัตถุเป็นน้ำแข็งและของเหลวเป็นน้ำที่มีความหนาแน่น 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ปริมาตรส่วนที่จมน้ำและลอยคิดเป็นร้อยละเท่าใด (91.7, 8.3)

ค. ภูเขาน้ำแข็งลูกหนึ่งลอยในน้ำทะเลที่มีความหนาแน่น 1024 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ปริมาตรของภูเขาน้ำแข็งส่วนที่จมน้ำคิดเป็นร้อยละเท่าใด (กำหนดให้ ความหนาแน่นของภูเขาน้ำแข็งเท่ากับ 917 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) (89.6)

4.1 (มข.51) วัตถุรูปลูกบาศก์ยาวด้านละ 10 เซนติเมตร ความหนาแน่น 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ลอยอยู่ในน้ำที่บรรจุในภาชนะหนึ่ง ถ้าผิวบนของวัตถุอยู่ในแนวระดับ จงหาว่าผิวบนของวัตถุนี้จะอยู่สูงกว่าผิวน้ำเท่าใดกำหนดให้ ความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

1. 8 เซนติเมตร

2. 6 เซนติเมตร

3. 4 เซนติเมตร

4. 2 เซนติเมตร

4.2 (มข.53) แท่งไม้ลอยในน้ำที่มีความหนาแน่น 1.0×10^3 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร พบว่าแท่งไม้ลอยเหนือน้ำร้อยละ 20 จงหา ความหนาแน่นของแท่งไม้

1. 80×10^3 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

2. 20×10^3 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

3. 0.8×10^3 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

4. 0.2×10^3 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร



4.3 (มข.54) นำไม้รูปลูกบาศก์มีความยาวด้านละ 0.5 เมตร มีความหนาแน่น 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไปลอยในน้ำที่มีความหนาแน่น 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะต้องใช้แรงเท่าใดกดที่แท่งไม้ เพื่อให้แท่งไม้จมมิดน้ำพอดี (กำหนดให้ ความเร่งโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 10 เมตรต่อวินาที²)

1. 125 นิวตัน

2. 250 นิวตัน

3. 375 นิวตัน

3. 500 นิวตัน

4.4 (มข.56) แท่งไม้ลอยนิ่งอยู่ในน้ำ พบว่า ปริมาตรที่ลอยเหนือน้ำเป็นร้อยละ 20 ของปริมาตรทั้งหมด เมื่อความหนาแน่นของน้ำ เป็น 1×10^3 kg/m³ ความหนาแน่นของไม้จะเป็นกี่ kg/m³

1. 0.2×10^5

2. 96×10^5

3. 20×10^3

4. 80×10^3

17.5 ความตึงผิว (Surface tension)

ความตึงผิว หมายถึง อัตราส่วนของแรงที่กระทำไปตามผิวของเหลวต่อความยาวของผิวที่ถูกแรงกระทำ ความยาวนี้ต้องตั้งฉากกับแรงด้วย มีหน่วยเป็น นิวตันต่อตารางเมตร

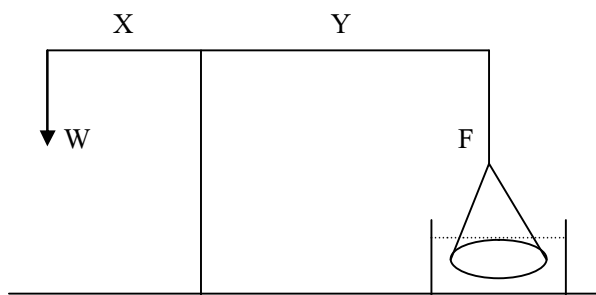
แรงตึงผิวของของเหลว หมายถึง แรงชนิดหนึ่งที่พยายามยืดผิวของเหลวไว้ แรงตึงผิวของของเหลวจะมีทิศขนานกับผิวของของเหลวและตั้งฉากกับเส้นขอบที่ของเหลวสัมผัส

ให้ F แทน ขนาดของแรงตึงผิว γ แทน แรงตึงผิวของของเหลว
 l แทน ความยาวของเส้นผิวที่ขาด

$$\gamma = \frac{F}{l} \dots\dots\dots(17.14)$$

- เพิ่มเติม
1. ค่าความตึงผิวของของเหลวแต่ละชนิดจะมีค่าไม่เท่ากัน
 2. สำหรับของเหลวชนิดเดียวกันค่าความตึงผิวจะเปลี่ยนไป เมื่อมีสารมาเจือปน เช่น น้ำสบู่ น้ำเกลือ จะมีความตึงผิวน้อยกว่าความตึงผิวของน้ำ
 3. ค่าความตึงผิวจะลดลงเมื่ออุณหภูมิของของเหลวเพิ่มขึ้น

การหาค่าความตึงผิว

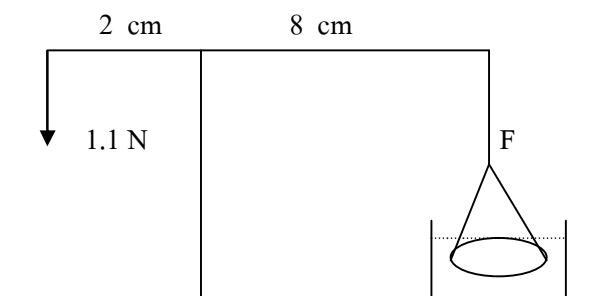


$$\gamma = \frac{F}{2l} = \frac{F}{2(2\pi r)} \dots\dots\dots(17.15)$$

หา F จาก $F.Y = W.X$

แบบฝึกหัด 17.5

1.1 ถ้ารัศมีของห่วงเท่ากับ 14 cm และห่วงหลุดจากผิวปรอทพอดีความตึงผิวของปรอทเป็นเท่าใด



2.1 ยกตัวอย่างปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับความตึงผิว

- 3.1 ในการทดลองวัดความตึงผิวของของเหลวชนิดหนึ่งโดยใช้เครื่องมือเดียวกับที่ใช้ในการทดลอง 17.3 ถ้าห่วงกลมมีรัศมี 10 เซนติเมตร พบว่าจะต้องเพิ่มมวล 139.5 กรัม ที่ห่วงสำหรับแขวนน้ำหนัก จึงทำให้ห่วงวงกลมหลุดจากผิวของเหลวพอดี จงหาความตึงผิวของของเหลวนี้ (0.363 N/m)
- 3.2 ลวดวงกลมมด m มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน d_1 และมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก d_2 ห้อยอยู่ในแนวราบโดยวงกลมแตะผิวของเหลว แรงที่ใช้ดึงลวดวงกลมให้หลุดจากผิวของเหลวพอดีมีค่าเท่าใด กำหนดให้ความตึงผิวของของเหลวเท่ากับ γ ($\gamma \pi (d_1 + d_2) + mg$)
- 3.3 ลวดโลหะรูปวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 10 เซนติเมตร และผิวน้ำพอดี จงหาแรงที่ดึงลวดโลหะนี้ให้หลุดจากผิวน้ำพอดี เมื่อลวดโลหะมีมวล 25 กรัม กำหนดให้ความตึงผิวของน้ำเท่ากับ 7.0×10^{-2} นิวตันต่อเมตร (0.289 N)

17.6 ความหนืด

แรงหนืด คือ แรงเสียดทานภายในของไหล หรือแรงต้านทานการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เกิดภายในของไหลนั้น ซึ่งจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเร็วพื้นที่ผิวของของไหล และเป็นปฏิภาคกลับความหนาของของไหล

ความหนืด (η) คือ คุณสมบัติของของไหลในการต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุในของไหลนั้น มีหน่วยเป็น นิวตันวินาทีต่อตารางเมตร (N-S / m²)

ความหนืดในของเหลวเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล ซึ่งจะมีค่าลดลงเมื่อของเหลวมีอุณหภูมิสูงขึ้น

ความหนืดในอากาศ ซึ่งโมเลกุลของมันอยู่ห่างกันมาก เกิดการถ่ายเทโมเมนตัม ซึ่งจะมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น

ของไหลที่มีความหนืดสูงจะเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าของไหลที่มีความหนืดต่ำ ในเครื่องกลชนิดต่าง ๆ เราใช้น้ำมันหล่อลื่นชนิดต่าง ๆ กัน ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นมีหน่วยเป็น SAE ย่อมาจาก The Society of Automotive Engineering

การพิจารณาแรงหนืดและความหนืด

ถ้าของเหลวสองชั้นมีพื้นที่ A เท่ากัน กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสัมพัทธ์ โดยมีระยะระหว่างชั้นมีค่าเป็น d

$$\eta = \frac{Fd}{Av} \dots\dots\dots(17.16)$$

เพิ่มเติม บางกรณีความหนืดใช้หน่วยเป็น Poise (ปอยส์) ซึ่งย่อมาจาก Poiseville

$$1 \text{ Poise} = 10^{-1} \text{ N-S / m}^2$$

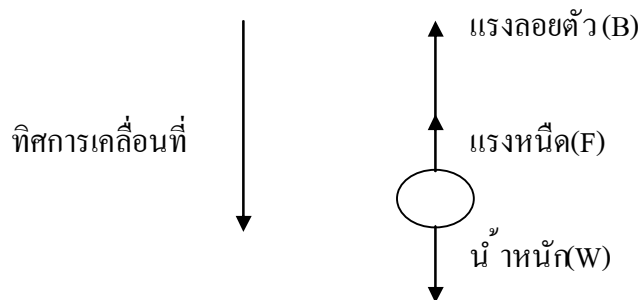
กฎของสโตกส์ (Stokes Law)

สำหรับของไหลอุดมคติ(ไม่มีความหนืด) ไหลผ่านลูกทรงกลม หรือลูกทรงกลมเคลื่อนที่ผ่านของไหลที่อยู่นิ่ง ความดันของกระแสรีบบนเท่ากับความดันกระแสรีบล่าง ทำให้แรงลัพธ์เป็นศูนย์ ถ้าของไหลมีความหนืด ก็จะมีแรงเนื่องจากความหนืดมาฉุดให้เคลื่อนที่ช้าลง

สำหรับทรงกลมรัศมี r ซึ่งเคลื่อนที่ผ่านของไหลที่มีสัมประสิทธิ์แห่งความหนืด η และ v เป็นความเร็วของทรงกลมสัมพัทธ์กับของไหล แรงต้านการเคลื่อนที่ F คือ

$$F = 6\pi\eta vr \dots\dots\dots(17.17)$$

แรงที่กระทำกับวัตถุที่เคลื่อนที่ในของไหล



เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

$$B + F = mg$$

$$\rho Vg + 6\pi\eta vr = mg$$

$$\eta = \frac{mg - \rho \frac{4}{3}\pi r^3 g}{6\pi vr} \dots\dots\dots(17.18)$$

แบบฝึกหัด 17.6

- 1.1 แผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด $0.1 \times 0.1 \text{ m}^2$ วางขนานกับผิวในแนวระดับขนาดใหญ่ระหว่างแผ่นทั้งสองของเหลวที่มีความหนืด 0.05 พาสคัล-วินาที โดยแผ่นทั้งสองอยู่ห่างกัน 1 mm เมื่อมีแรงกระทำตามแนวผิวของแผ่นบน(แรงเหวี่ยง) ขนาด $5 \times 10^{-3} \text{ N}$ จงหาว่าแผ่นสี่เหลี่ยมนี้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไร
- 2.1 ลูกกลมโลหะที่มีลักษณะเหมือนกันตกในของเหลวที่มีความหนืดต่างกัน ความเร็วปลายของลูกกลมโลหะทั้งสองจะต่างกันหรือไม่
- 2.2 ลูกกลมเหล็กเหมือนกันสองลูก ถูกปล่อยพร้อมกันลงในหลอกบรรจุที่มีอุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ลูกกลมเหล็กในหลอกใดถึงก้นหลอกก่อน
- 3.1 ในการปล่อยลูกกลมโลหะลงในของเหลวสองชนิด แล้วจับเวลาหาอัตราเร็วของลูกกลมโลหะที่ทุกระยะ 5 เซนติเมตร จะได้ข้อมูลดังตาราง จากข้อมูลของเหลวชนิดใดมีความหนืดมากกว่า

ระดับความลึก <i>cm</i>	อัตราเร็ว (<i>cm/s</i>)	
	ของเหลวชนิดที่ 1	ของเหลวชนิดที่ 2
0	0	0
5	5	4
10	7	6
15	8	7
20	8.5	7
25	8.5	7
30	8.5	7

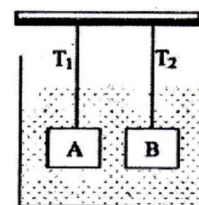
3.2 ลูกกลมเหล็กรัศมี 1 มิลลิเมตร ตกในน้ำ เชื่อม ความเร็วสุดท้ายของลูกกลมเหล็กมีค่าเท่าใด กำหนดให้ ลูกกลมเหล็กและน้ำ เชื่อมมีความหนาแน่น 7800 และ 1600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และ น้ำ เชื่อมมีความหนืด 100 มิลลิพาสคัล วินาที (0.135 m/s)

3.3 หยดน้ำมันมีรัศมี 0.1 มิลลิเมตร ตกในอากาศจนมีความเร็วสุดท้ายคงที่จงหาแรงหนืดที่อากาศกระทำต่อหยดน้ำมัน และความเร็วสุดท้ายของหยดน้ำมัน กำหนดให้ น้ำมันมีความหนาแน่น 850 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และอากาศมีความหนืด 18×10^{-4} ไมโครพาสคัล วินาที (ไม่คิดแรงพุงของอากาศ) (3.485×10^{-8} และ 1.027 m/s)

3.4 หยดน้ำมันรูปทรงกลมขนาดเท่ากันสองหยดตกในอากาศ ด้วยความเร็วสุดท้ายเท่ากัน ถ้าหยดน้ำมันทั้งสองรวมกันเป็นหยดเดียว ความเร็วสุดท้ายจะเป็นเท่าใดตอบในเทอมของ v ($2^{2/3} v$ หรือ $1.59 v$)

4.1 (มข.55) แขนงวัตถุ A และ B ด้วยเชือกเบา ปลายอีกข้างผูกติดกับเพดาน เมื่อนำวัตถุทั้งสองไปจุ่มลงในน้ำ ข้อความใดกล่าวได้ถูกต้องกำหนดให้วัตถุทั้งสองมีปริมาตรเท่ากันและความหนาแน่น $\rho_A > \rho_B > \rho_{\text{water}}$

1. แรงพยุง (buoyant force) ที่กระทำต่อ A น้อยกว่า B และ $T_1 > T_2$
2. แรงพยุง (buoyant force) ที่กระทำต่อ A เท่ากับ B และ $T_1 > T_2$
3. แรงพยุง (buoyant force) ที่กระทำต่อ A มากกว่า B และ $T_1 < T_2$
4. แรงพยุง (buoyant force) ที่กระทำต่อ A มากกว่า B และ $T_1 > T_2$



17.7 พลศาสตร์ของของไหล

เราได้ศึกษาสมบัติบางประการของของไหล เช่น ความดัน แรงลอยตัว เป็นต้น ซึ่งเป็นการศึกษาของไหลที่อยู่นิ่ง สำหรับของไหลที่มีการเคลื่อนที่ เช่น พัฒนาการไหลของน้ำในท่อ ความดันของของไหลเหล่านั้นจะเปลี่ยนอย่างไรหรือไม่ จะได้ศึกษาต่อไปนี้

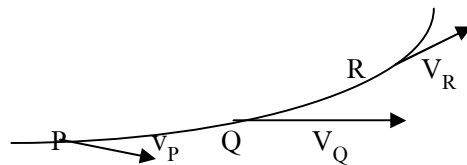
17.7.1 ของไหลอุดมคติ

การเคลื่อนที่ของของไหลเป็นการเคลื่อนที่ที่ซับซ้อน เพื่อให้การศึกษากการเคลื่อนที่ของของไหลไม่ยุ่งยาก เราจะพิจารณาของไหลอุดมคติ(ideal fluid) ซึ่งมีสมบัติดังนี้

1. มีการไหลอย่างสม่ำเสมอ (steady flow) หมายถึงความเร็วของอนุภาค ณ ตำแหน่งต่างๆ ในการไหลมีค่าคงตัวโดยความเร็วของอนุภาคของของไหลเมื่อไหลผ่านจุดต่างๆ กันจะเท่ากันหรือต่างกันก็ได้
2. มีการไหลโดยไม่หมุน (irrotational flow) กล่าวคือในบริเวณโดยรอบจุดหนึ่งๆ ในของไหลจะไม่มียุณหภูมิของของไหลเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเชิงมุมรอบจุดนั้นๆ เลย
3. มีการไหลโดยไม่มีแรงต้านเนื่องจากความหนืด (nonviscous flow) หมายความว่า ไม่มีแรงต้านใด ๆ ภายในเนื้อของของไหลมากระทำต่ออนุภาคของของไหล
4. ไม่สามารถอัดได้ (incompressible flow) หมายความว่า ของไหลมีปริมาตรคงตัวโดยปริมาตรของของไหลแต่ละส่วนไม่ว่าจะไหลผ่านบริเวณใดก็ยังคงมีความหนาแน่นเท่าเดิม

17.7.2 การไหลของของไหลอุดมคติ

พิจารณาการไหลของของไหลในอุดมคติ



จากรูป แสดงเส้นทางของอนุภาคของของไหลเมื่อมีการเคลื่อนที่ผ่านจุด P, Q, R เส้นทางเดินนี้เรียกว่า สายกระแส

- สายกระแสนานกับความเร็วของอนุภาคของของไหลที่แต่ละตำแหน่ง
- สายกระแสจะไม่ตัดกัน
- สายกระแสนวนหนึ่งประกอบกันเป็นมัดเราเรียกว่าหลอดการไหล

17.7.3 สมการความต่อเนื่อง

ให้ v_1 แทน ความเร็วของอนุภาคของของไหลที่จุดที่ 1

v_2 แทน ความเร็วของอนุภาคของของไหลที่จุดที่ 2

A_1 แทน พื้นที่หน้าตัดของหลอดที่ตั้งฉากกับสายกระแสที่จุดที่ 1

A_2 แทน พื้นที่หน้าตัดของหลอดที่ตั้งฉากกับสายกระแสที่จุดที่ 2

ρ_1 แทน ความหนาแน่นของของไหลที่จุดที่ 1

ρ_2 แทน ความหนาแน่นของของไหลที่จุดที่ 2

R_1 แทน รัศมีของท่อที่จุดที่ 1

R_2 แทน รัศมีของท่อที่จุดที่ 2

D_1 แทน เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่จุดที่ 1

D_2 แทน เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่จุดที่ 2

Q แทน อัตราการไหล

จาก $\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 \dots\dots\dots(17.19)$

$\rho A V = \text{ค่าคงตัว} \dots\dots\dots(17.20)$

แต่ $\rho_1 = \rho_2$

จะได้ $A_1 V_1 = A_2 V_2 \dots\dots\dots(17.21)$

$R_1^2 v_1 = R_2^2 v_2 \dots\dots\dots(17.22)$

$D_1^2 v_1 = D_2^2 v_2 \dots\dots\dots(17.23)$

จาก (17.21) จะได้ว่า

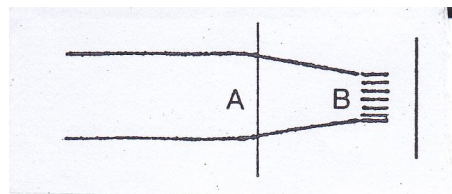
$AV = \text{ค่าคงตัว} = Q \dots\dots\dots(17.24)$

ผลคูณของ AV เรียกว่า อัตราการไหล มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร/ วินาที

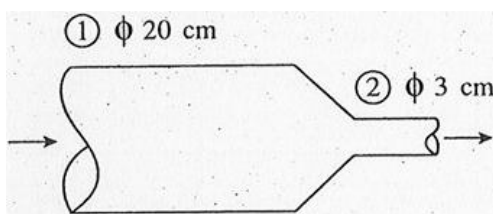
แบบฝึกหัด 17.7.3

- 1.1 น้ำมันไหลในท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร ด้วยความเร็วเฉลี่ย 4 เมตรต่อวินาที จงหาอัตราการไหล (0.018 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
- 1.2 ถ้าอัตราเร็วของน้ำในท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร ด้วยความเร็วเฉลี่ย 1.5 เมตรต่อวินาที จงหาความเร็วเฉลี่ยเมื่อน้ำผ่านท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร (6 เมตรต่อวินาที)
- 1.3 (ข้อสอบพื้นฐานวิศวะ) ท่อน้ำดับเพลิงแสดงดังรูป จงหาความเร็วของน้ำที่พุ่งออกจากปลายท่อที่ B เมื่อความเร็วของน้ำที่ A เท่ากับ 5 เมตรต่อวินาที กำหนดให้เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ A และ B เท่ากับ 8 เซนติเมตร และ 4 เซนติเมตร ตามลำดับ

1. 10 เมตรต่อวินาที
2. 15 เมตรต่อวินาที
3. 20 เมตรต่อวินาที
4. 25 เมตรต่อวินาที



- 1.4 (Ent) น้ำไหลเข้าท่อด้วยอัตราคงที่ 5 kg/s จงหาผลต่างของความเร็วเฉลี่ยที่จุดที่ 1 และจุดที่ 2 ดังรูป เมื่อความหนาแน่นของน้ำ มีค่าเท่ากับ 1000 kg/m³



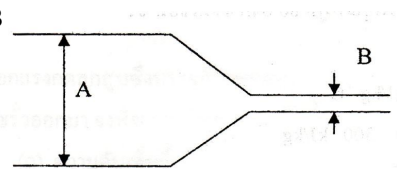
1. 1.6 m/s
2. 10.9 m/s
3. 50.8 m/s
4. 69.1 m/s

2.1 (มข.50) น้ำไหลลงมาตามสายยางที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลมขนาด 1.0 m^2 ด้วยอัตราเร็ว 4.0 m/s จงหาอัตราเร็วของน้ำในสายยางดังกล่าวถ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายยางลดลงเป็น $\frac{1}{2}$ เท่าของค่าเดิม

1. 1.0 m/s 2. 4.0 m/s 3. 8.0 m/s 4. 16 m/s

2.2 (มข.51) จากรูป หลอดการไหลหนึ่งของพื้นที่ภาคตัดขวาง ที่ A เป็น 10 เท่าของพื้นที่ภาคตัดขวางที่ B ข้อความต่อไปนี้ข้อใดกล่าวถูกต้อง

1. ความหนาแน่นของของไหลที่จุด A มีค่าเป็น 10 เท่าของที่จุด B
2. ความหนาแน่นของของไหลที่จุด A และที่จุด B เท่ากัน
3. อัตราการไหลของของไหลที่จุด B มีค่าเป็น 10 เท่าของที่จุด A
4. อัตราเร็วของของไหลที่จุด A และที่จุด B เท่ากัน



2.3 (มข.53) ท่อน้ำที่จุด A มีรัศมีเป็น 2 เท่าของจุด B ถ้าอัตราเร็วของน้ำที่จุด A เป็น 5 เมตร/วินาที อัตราเร็วที่จุด B จะเป็นกี่เมตร/วินาที

1. 10
2. 20
3. 25
4. 50

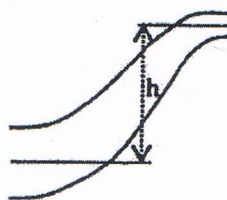


2.4 (มข.54) ถ้าน้ำในท่อประปาที่ไหลผ่านมาตรวัดเข้าบ้าน มีอัตราการไหล 10 ลิตรต่อวินาที จงหาอัตราเร็วของน้ำในท่อประปาเมื่อไหลผ่านท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร

1. $\frac{10}{\pi}$ เมตรต่อวินาที
2. $\frac{15}{\pi}$ เมตรต่อวินาที
3. $\frac{20}{\pi}$ เมตรต่อวินาที
4. $\frac{25}{\pi}$ เมตรต่อวินาที

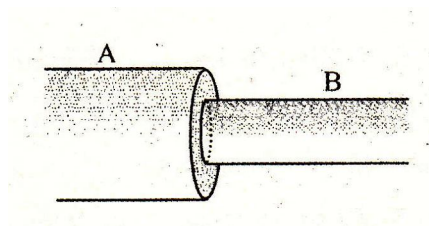
2.5 (มข.55) น้ำในท่อไหลด้วยอัตรา $3\text{ m}^3/\text{min}$ พื้นที่หน้าตัดของท่อล่างและท่อบนมีขนาด 0.05 และ 0.0125 m^2 ตามลำดับ ท่อบนสูงกว่าท่อล่างเป็นระยะ $h = 200\text{ cm}$ ถ้าท่อล่างมีความดัน 10^5 N/m^2 จงหาความดันที่ท่อบนกำหนดให้ $\rho_{\text{water}} = 10^3\text{ kg/m}^3$, $g = 10\text{ m/s}^2$

1. $5 \times 10^4\text{ N/m}^2$
2. $11 \times 10^4\text{ N/m}^2$
3. $15 \times 10^4\text{ N/m}^2$
4. $195 \times 10^4\text{ N/m}^2$

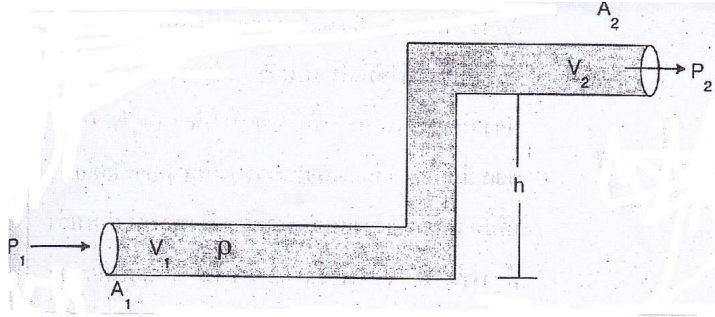


2.6 (มข.56) ท่อ A มีรัศมี 2 เท่าของท่อ B ถ้าน้ำไหลออกจากท่อ B ด้วยอัตราเร็ว 20 m/s แล้วตรงท่อ A จะมีอัตราเร็วเท่ากับเท่าไร

1. 5 m/s 2. 10 m/s
3. 40 m/s 4. 80 m/s



17.7.4 สมการของแบร์นูลลี



กำหนดให้

P แทน ความดัน

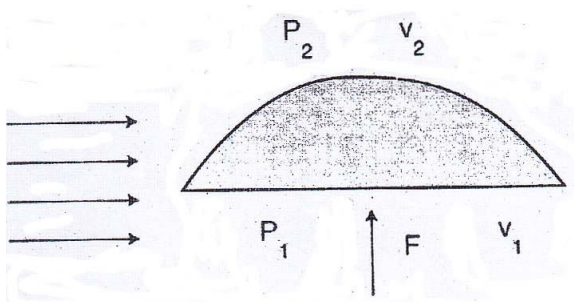
ρ แทน ความหนาแน่น

v แทน อัตราเร็ว

h แทน ความสูง

สูตร
$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \dots\dots\dots(17.25)$$

แรงยกของปีกเครื่องบิน



กำหนดให้

F แทน แรงยกปีก

v แทน ความเร็วลม

ρ แทน ความหนาแน่นอากาศ

A แทน พื้นที่ปีก

สูตร
$$F = \Delta P A$$

$$F = (P_1 - P_2) A$$

$$F = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) A \dots\dots\dots(17.26)$$

ที่ด้านบน v มาก P น้อย ที่ด้านล่าง v น้อย P มาก

17.7.5 การประยุกต์สมการแบร์นูลลี

สมการของแบร์นูลลีสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของของไหลได้หลายเรื่อง เช่น การหาอัตราเร็วของของเหลวที่พุ่งออกจากรูเล็ก ๆ การทำงานของเครื่องพ่นสี และการออกแบบปีกเครื่องบิน เป็นต้น

อัตราการไหลที่ปากท่อมีค่าเดียวกันกับอัตราเร็วของเทห์วัตถุ เมื่อปล่อยให้ตกอย่างเสรีจากที่สูง ทฤษฎีนี้เรียกว่า ทฤษฎีของทอริเชลลี ไม่จำกัดว่ารูรั่วหรือท่อจะต้องเปิดที่ก้นแท่งก็ได้ อาจให้รูรั่วข้าง ๆ แท่งก็ได้ แต่ให้รูรั่วอยู่ใต้ผิวของไหล

$$v = \sqrt{2gh} \dots\dots\dots(17.27)$$

แบบฝึกหัด 17.7.4-5

- 1.1 จงหาปริมาตรของน้ำที่ผ่านรูรั่วของถังน้ำ ต่อเวลาที่น้ำมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตรและระดับน้ำที่รูรั่วสูงจากผิวน้ำ 4.9 เมตร ใช้ $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
 ก. $0.05 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ข. $0.10 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ค. $0.29 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ง. $0.30 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
- 1.2 ในการออกแบบเครื่องบินให้มีแรงยกขึ้น 900 นิวตันต่อตารางเมตรของพื้นที่ปีกโดยถือว่าลมที่พัดผ่านสมมาตรต่อลำตัวที่พัดได้ปีกมีอัตราเร็ว 100 เมตรต่อวินาที จงหาความเร็วของลมเหนือปีกเครื่องบินเพื่อให้ได้แรงยกตามต้องการ กำหนดให้อากาศมีความหนาแน่น $1.3 \text{ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร}$
 ก. 100.6 m/s ข. 105.6 m/s ค. 1106.6 m/s ง. 106.7 m/s
- 1.3 อัตราเร็วของลมพายุที่พัดเหนือหลังคาบ้านหลังหนึ่งเป็น 30 เมตรต่อวินาที ถ้าหลังคาบ้านมีพื้นที่ 75 ตารางเมตร แรงยกที่กระทำกับหลังคาบ้านเท่าใด กำหนดให้ความหนาแน่นของอากาศขณะนั้นเท่ากับ $0.3 \text{ กิโลกรัมต่อเมตร}$ และ $g = 10 \text{ m/s}^2$
 ก. 26,352 นิวตัน ข. 25,632 นิวตัน ค. 23,625 นิวตัน ง. 23,652 นิวตัน
- 1.4 พายุไซโคลนพัดผ่านบ้านหลังหนึ่งโดยมีอัตราเร็วลมเหนือหลังคาบ้านเป็น 40 เมตรต่อวินาที โดยพื้นที่ของหลังคาบ้านเป็น 200 ตารางเมตร และความหนาแน่นอากาศเป็น $0.3 \text{ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร}$ จงหาแรงยกที่กระทำต่อหลังคาบ้าน
 ก. 24,000 นิวตัน ข. 40,000 นิวตัน ค. 48,000 นิวตัน ง. 55,000 นิวตัน
- 1.5 เครื่องบินลำหนึ่งขณะที่กำลังบินความเร็วอากาศที่พัดผ่านส่วนบนของปีกเท่ากับ 10 เมตรต่อวินาทีผ่านส่วนล่างของปีก 100 เมตรต่อวินาที จะทำให้แรงยกขึ้นมีขนาดกี่นิวตันต่อตารางเมตร กำหนดให้ความหนาแน่นของอากาศขณะนั้นเท่ากับ $1.3 \text{ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร}$
 ก. 1235.0 ข. 133.25 ค. 1365.0 ง. 2665.0
- 1.6 ถังน้ำเปิดฝาสี 2 เมตรบรรจุน้ำ อยู่เต็มถึงตั้งบนฐานสูง 8 เมตร ถ้าเจาะรูด้านข้างถึงโดยสูงจากกันถึงขึ้นมา 1.2 เมตร จงหาว่าน้ำ จะพุ่งออกจากรูที่เจาะด้วยความเร็วเท่าไร
 ก. 4.0 m/s ข. 4.9 m/s ค. 6.8 m/s ง. 10.0 m/s
- 1.7 แท่งค้ำน้ำเปิดสูง 1.5 เมตร มีน้ำ อยู่ 1.25 เมตร ที่ก้นแท่งค้ำด้านข้างมีท่อเปิดอยู่และแท่งค้ำน้ำ ตั้งอยู่สูงจากพื้น 5 เมตร จงหา ก. อัตราเร็วของน้ำ ที่พุ่งออกจากท่อด้านล่าง ข. น้ำพุ่งออกไปในแนวราบได้ไกลเท่าไร
 ก. $V_2 = 5 \text{ m/s}, S_x = 5 \text{ m}$ ข. $V_2 = 4 \text{ m/s}, S_x = 4 \text{ m}$
 ค. $V_2 = 6 \text{ m/s}, S_x = 6 \text{ m}$ ง. $V_2 = 8 \text{ m/s}, S_x = 8 \text{ m}$
- 2.1 (มข.50) เครื่องบินโบอิง -737 มีมวล $2 \times 10^4 \text{ กิโลกรัม}$ มีพื้นที่ผิวบนและผิวล่างของปีกเครื่องบินเท่ากันคือ 100 ตารางเมตร จงหาผลต่างของความดันที่กระทำต่อพื้นที่ผิวของปีกบนกับปีกล่างของเครื่องบินในขณะที่เครื่องบินกำลังบินในแนวระดับขนานกับพื้นโลก (กำหนดให้ $g = 10 \text{ m/s}^2$)
 1. 1000 N/m^2 2. 2000 N/m^2
 3. 3000 N/m^2 4. 4000 N/m^2

2.2 (มข.51) ถังน้ำ มีน้ำ ราบบรรจุอยู่เมตร ที่ข้างถังมีรูเล็กๆ ซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างระดับน้ำ กับก้นถัง เมื่อปล่อยน้ำ ให้พุ่งออกจากรูเล็กๆ นี้ อัตราเร็วของน้ำ ที่พุ่งออกมีค่ากี่เมตรต่อวินาที

1. $\sqrt{gh}$
2. $\sqrt{2gh}$
3. gh
4. $2gh$

2.3 (มข.52) ลูกสูบใหญ่ของแม่แรงยกรถยนต์เครื่องหนึ่งมีพื้นที่เป็น 300 เท่าของลูกสูบเล็ก ถ้าต้องการยกรถยนต์ที่มีมวล 1500 กิโลกรัม ให้สูงขึ้นจากเดิม 80 เซนติเมตร จะต้องออกแรงที่ลูกสูบเล็กกี่นิวตันและต้องทำงานทั้งหมดกี่จูล (กำหนดให้ $g = 10$ เมตรต่อวินาที²)

1. 5 นิวตัน และ 400 จูล
2. 50 นิวตัน และ 4000 จูล
3. 5 นิวตัน และ 1200 จูล
4. 50 นิวตัน และ 12000 จูล

2.4 (มข.54) ถังน้ำมันขนาดใหญ่มีรูรั่วที่ระยะลึก 0 เมตร จากผิวหน้า น้ำมัน ถ้าถังน้ำมัน ปิดสนิทและความดันที่ผิวหน้า น้ำมันเท่ากับ 10^5 พาสคัล และความดันบรรยากาศเท่ากับ 1.0×10^5 พาสคัลจงหาอัตราเร็วของน้ำมัน ที่พุ่งออกจากถัง(กำหนดให้ ความหนาแน่นของน้ำมันเท่ากับ 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และความเร่งโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 10 เมตรต่อวินาที²)

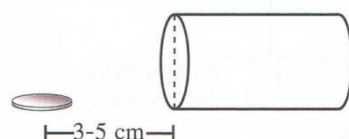
1. 10 เมตรต่อวินาที
2. $10\sqrt{10}$ เมตรต่อวินาที
3. $10\sqrt{5}$ เมตรต่อวินาที
4. $10\sqrt{2}$ เมตรต่อวินาที

2.5 (มข.56) ถังน้ำ ฝาเปิดขนาดใหญ่มีระดับสูง 15 เมตร มีรูเล็กๆ ที่ระดับสูง 10 จงหาความเร็วของน้ำ ที่ไหลออกจากรูรั่วเป็นกี่ m/s (กำหนดให้ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง $g = 10 \text{ m/s}^2$)

1. 10
2. $\sqrt{200}$
3. 100
4. 200

แบบฝึกหัด 17.7

- 1.1 เด็กๆ มักถูกผู้ใหญ่เตือนว่า ห้ามยืนใกล้รถไฟฟ้าหรือรถบรรทุกที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูงเพราะจะถูกผลักเข้าหารถ หรือห้ามยืนใกล้หน้าต่างที่มีลมพัดแรงเพราะจะตกหน้าต่างหรือห้ามเล่นปืนไปได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
- 1.2 ขณะเกิดพายุ บางครั้งหลังคาบ้านถูกพายุพัดปลิวหลุดออกไป เพราะเหตุใด
- 1.3 วางเหรียญ 50 สตางค์ ห่างจากขอบแก้วที่วางตะแคงประมาณ 3-5 เซนติเมตรออกแรงเป่าอากาศผ่านด้านบนของเหรียญ เหรียญจะเคลื่อนไปตกในแก้วได้ เพราะเหตุใด(ลองทำดู)



- 2.1 ถ้าน้ำในท่อประปาที่ไหลผ่านมาตรเข้าบ้านมีอัตราการไหล 40 ลิตรต่อวินาที จงหาอัตราเร็วของน้ำในท่อประปาเมื่อไหลผ่านท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร (2.12 m/s)
- 2.2 ท่อ M มีพื้นที่หน้าตัด 3.0×10^{-3} ตารางเมตร ต่อกับท่อ N ที่มีพื้นที่หน้าตัด 1.0×10^{-3} ตารางเมตร ให้ทั้งสองวางตัวในแนวราบ ถ้าน้ำไหลเข้าท่อ M ด้วยอัตราเร็ว 0.3 เมตรต่อวินาที จงหา
- ก. อัตราเร็วของการไหลของน้ำในท่อทั้งสอง ($9.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$)
- ข. อัตราเร็วของน้ำในท่อ N (0.9 m/s)
- 2.3 เครื่องบินลำหนึ่งต้องมีแรงยก 900 นิวตันต่อตารางเมตร จึงจะสามารถบินขึ้นได้ ถ้าอัตราเร็วของอากาศที่ผ่านส่วนล่างของปีกเท่ากับ 100 เมตรต่อวินาที จงหาอัตราเร็วของอากาศที่ผ่านส่วนบนของปีก เพื่อให้เกิดแรงยก 900 นิวตันต่อตารางเมตร กำหนดให้ความหนาแน่นของอากาศขณะนั้นเท่ากับ 1.2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (107.2 m/s)
- 2.4 ท่อยาววางตัวในแนวราบ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร บริเวณกลางของความยาวท่อ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ถ้าอัตราการไหลของน้ำในท่อเท่ากับ 0.1 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ความแตกต่างของความดันน้ำในท่อใหญ่และท่อเล็กเป็นเท่าใด ($1.30 \times 10^6 \text{ Pa}$)
- 2.5 ถ้าน้ำพุ่งออกจากปลายท่อน้ำดับเพลิงด้วยอัตราเร็ว 20 เมตรต่อวินาที ดังรูป ความดันที่จุด a ซึ่งอยู่ห่างจากปลายท่อ A เล็กน้อยมีค่าเท่าใด กำหนดให้เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ A และ B เท่ากับ 8 เซนติเมตร และ 4 เซนติเมตร ตามลำดับ ($2.9 \times 10^5 \text{ Pa}$)
- 2.6 ถังน้ำมันขนาดใหญ่มีรูรั่วที่ระยะลึก 10 เมตร จากผิวน้ำมัน ถ้าถังน้ำมันปิดสนิทและความดันที่ผิวน้ำเท่ากับ 3 เท่าของความดันบรรยากาศ จงหาอัตราเร็วของน้ำมันที่พุ่งออกจากถัง กำหนดให้ความหนาแน่นของน้ำมันเท่ากับ 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (29.5 m/s)

