

บทที่ 17 ของไหล

17.1 ความหนาแน่น (Density)

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

ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density) เป็นความหนาแน่นของสารนั้นเทียบกับความหนาแน่นของสารอ้างอิง

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. น้ำประปาที่อยู่ในถังมีมวล 20 กิโลกรัม วัดปริมาตรได้ 0.02 ลูกบาศก์เมตร อยากทราบว่าน้ำประปามีความหนาแน่นเท่าใด
2. โปรทมีความหนาแน่น $13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ จะมีความหนาแน่นสัมพัทธ์เท่าใด
3. อะลูมิเนียมมีความหนาแน่น $2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ เบนซินมีความหนาแน่น $0.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ อะลูมิเนียมมีความหนาแน่นสัมพัทธ์กับเบนซินเท่าใด

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

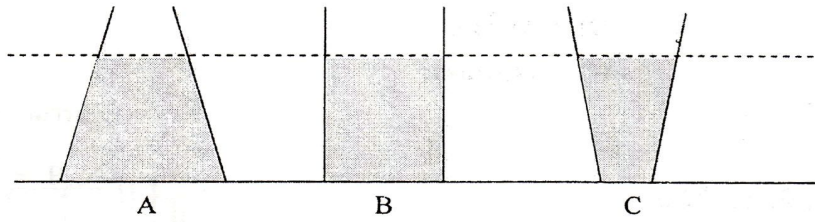
g แทน ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก h แทน ความสูงของระดับน้ำ

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

แบบฝึกหัด 17.2.1

1. เรือดำน้ำ ลำหนึ่งได้รับการออกแบบให้ทนความดันภายนอกได้สูงสุดขนาด $4.1 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ จะสามารถนำเรือดำลงไปใต้น้ำทะเล ซึ่งมีความหนาแน่น $0.25 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ได้อย่างมากที่สุดเท่าไร (400 เมตร)
2. เขื่อนแห่งหนึ่งกว้าง 80 เมตร ถ้ำระดับน้ำ สูง 50 เมตร แรงดันของน้ำเหนือเขื่อนมีค่าเท่าใด (10^9 N)
3. เขื่อนรูปครึ่งวงกลมรัศมี 20 เมตร ถ้ำระดับน้ำ สูง 25 เมตร แรงดันของน้ำเหนือเขื่อนมีค่าเท่าใด (1.25×10^8 นิวตัน)
4. ประตูเขื่อนแห่งหนึ่งกว้าง 60 เมตร ระดับน้ำข้างหนึ่งอยู่สูง 40 เมตร อีกข้างหนึ่งอยู่ สูง 30 เมตร จงหาแรงดันที่กระทำกับประตูเขื่อน (2.1×10^8 นิวตัน)
5. (มข.50) แก้วใบหนึ่งบรรจุไว้น้ำกับน้ำแข็ง ข้อความใดต่อไปนี้สรุปได้ถูกต้องเมื่อมีน้ำแข็งบางส่วนเริ่มละลาย
 1. ระดับน้ำในแก้วจะต่ำกว่าระดับเดิม
 2. ระดับน้ำในแก้วจะสูงกว่าระดับเดิม
 3. ระดับน้ำในแก้วยังคงเหมือนเดิม
 4. สรุปไม่ได้เนื่องจากข้อมูลที่ให้มาไม่เพียงพอ

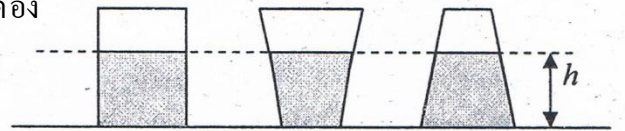
6. (มข.51) จากรูป ภาชนะทั้ง สามบรรจุของเหลวชนิดเดียวกันและอยู่ในระดับเดียวกัน ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับความดันและแรงดัน



1. ความดันและแรงดันที่ก้นภาชนะ $A > B > C$
 2. ความดันและแรงดันที่ก้นภาชนะ $C > B > A$
 3. ความดันที่ก้นภาชนะทั้งสามเท่ากันแต่แรงดันที่ก้นภาชนะ $A > B > C$
 4. แรงดันที่ก้นภาชนะทั้งสามเท่ากันแต่ความดันที่ก้นภาชนะ $A > B > C$
7. (มข.53) ที่ความลึก 10 เมตรในน้ำ จะมีความดันสัมบูรณ์กี่ปาสคาล เมื่อกำหนดให้ ความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 1.000×10^3 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และความดันบรรยากาศเท่ากับ 1.013×10^5 ปาสคาล
1. 1.000×10^5 ปาสคาล
 2. 2.013×10^5 ปาสคาล
 3. 1.013×10^7 ปาสคาล
 4. 1.013×10^9 ปาสคาล

8. (มข.54) จากรูป ภาชนะทั้งสามใบบรรจุของเหลวชนิดเดียวกันที่ระดับความสูง เท่ากันและพื้นที่ของก้นภาชนะมีขนาดเท่ากัน ข้อความต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง

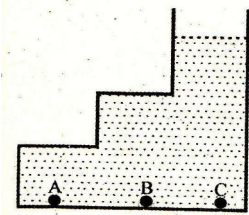
- ก. ความดันเกจที่ก้นภาชนะทุกใบเท่ากัน
- ข. ความดันสัมบูรณ์ที่ก้นภาชนะทุกใบเท่ากัน
- ค. แรงดันของเหลวกระทำต่อก้นภาชนะทุกใบเท่ากัน



1. ข้อ ก และ ข้อ ข ถูก
 2. ข้อ ก และ ข้อ ค ถูก
 3. ข้อ ข และ ข้อ ค ถูก
 4. ถูกทุกข้อ
9. (มข.55) ถังฝาเปิดรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm สูง 60 cm บรรจุน้ำ จนเต็ม 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. $1.06 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

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

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



11. (มข.56) ประตูกั้นน้ำตั้งอยู่ในแนวตั้งกว้าง 20 เมตร ระดับน้ำสูง 2 เมตร แรงลัพธ์ที่กระทำต่อประตูกั้นน้ำ เป็นกิโลตัน เมื่ออีกด้านหนึ่งของประตูกั้นน้ำเป็นอากาศกำหนดให้ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง $g = 10 \text{ m/s}^2$ 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

12. เกี่ยวกับความดัน ข้อใดถูกต้อง(มข.57)

1. ถังน้ำไม่มีฝาสูง มีรูรั่วหลายรูที่ความสูงต่างกันรูที่อยู่สูงน้ำจะพุ่งไปได้ไกลกว่ารูที่อยู่ต่ำ
2. ท่อใหญ่ต่อเข้ากับท่อเล็กทั้งคู่วางตั้งอยู่ในแนวระดับเมื่อมีน้ำไหลตามท่อความดันน้ำในท่อใหญ่มากกว่าท่อเล็ก
3. ถังน้ำไม่มีฝาสูง มีน้ำเต็ม ที่ปากถังมีความดันน้ำมากกว่าก้นถัง
4. ท่อใหญ่ต่อเข้ากับท่อเล็กเมื่อมีน้ำไหลตามท่ออัตราเร็วของน้ำในท่อใหญ่จะมากกว่าในท่อเล็ก

17.2.2 เครื่องมือวัดความดัน

ความดันของแก๊สสูงต่ำในถังแก๊ส ความดันของบรรยากาศขณะเวลาต่าง ๆ ความดันของแก๊สในยางรถยนต์ หรือความดันของน้ำประปา ล้วนเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของทุกคน ความดันของของไหลเหล่านี้ วัดค่าได้อย่างไร เครื่องวัดเหล่านี้มีหลายรูปแบบ เช่น แมนอมิเตอร์ แบริอมิเตอร์ และเครื่องวัดบูร์ดอน จะกล่าวถึงเพียงสังเขปดังนี้

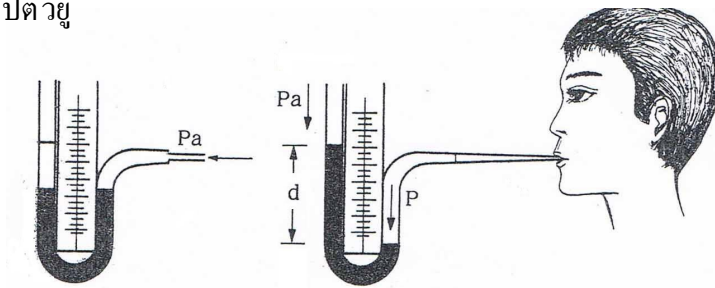
บาร์อมิเตอร์ปรอท สร้างตามหลักของ ทอร์ริเชลลี โดยนำหลอดแก้วปลายเปิดข้างหนึ่ง ปลายปิดข้างหนึ่ง ทำให้เป็นสุญญากาศแล้วคว่ำด้านปลายเปิดของหลอดแก้วลงไปในอ่างปรอท เมื่อหลอดแก้วอยู่ในแนวตั้งอากาศภายนอกจะดันปรอทให้เข้าสู่หลอดแก้วเป็นลำปรอทยาว 760 มิลลิเมตร ที่ระดับน้ำทะเล ฉะนั้นที่ระดับน้ำทะเลอากาศจะมีความดันเท่ากับ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

บาร์อมิเตอร์แอนิรอยด์ ถ้าต้องการวัดความดันอากาศในที่สูง ๆ เช่น บนภูเขา หรือบนเครื่องบิน ซึ่งทำจากโลหะที่บางมากและยืดหยุ่นได้ เมื่อความดันอากาศเพิ่มขึ้นดัดลูกฟูกก็จะถูกบีบให้แฟบลงแต่เมื่อความดันอากาศลดลง ดัดลูกฟูกก็จะพองขึ้น แล้วจะมีผลต่อแถบส่งผลไปยังเข็มชี้ ซึ่งติดสเกลบอกบนหน้าปัดไว้เรียบร้อยแล้ว สำหรับหน้าปัดบาร์อมิเตอร์แอนิรอยด์ นั้นสามารถดัดแปลงเป็นความสูงจากระดับน้ำทะเลได้ เพราะว่าความดันอากาศจะลดลงตามความสูงในอัตราประมาณ มิลลิเมตรของปรอทต่อ

ความสูงที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 11 เมตร เรียกเครื่องมือที่ดัดแปลงนี้ว่า มาตรวัดความสูง หรือแอลติมิเตอร์ ซึ่งใช้ติดตัว หรือติดในเครื่องบินเพื่อทราบระดับความสูงของเครื่องบิน

เครื่องวัดบูร์ดอน (Bourdon gauge) ประกอบด้วยท่อกลวง มีปลายปิดข้างหนึ่งและม้วนเป็นรูปวงกลม ที่ปลายปิดมีเข็มติดอยู่สามารถเลื่อนไปมาเพื่อชี้บนสเกลได้ เมื่อต้องการวัดความดันก็ให้ของไหลไหลเข้าไปในท่อทางด้านปลายเปิดจะทำให้ท่อนี้ดีออกเข็มที่ติดกับปลายท่อก็จะชี้บนสเกลบอกความดันของไหลนั้นได้ แมนอมิเตอร์แบบนี้ นิยมใช้กับของไหลที่มีความดันสูงมาก เช่น หม้อต้มดีเซล ยางรถยนต์ ถึงแก๊สหุงต้ม เป็นต้น

แมนอมิเตอร์ (Manometer) เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดความแตกต่างของความดันในของไหล โดยปกติใช้บอกความแตกต่างของความดันในรูปความแตกต่างของระดับความสูงของลำของเหลวทั้งสองข้างในหลอดแก้วรูปตัวยู



ให้ **P** แทน ความดันสัมบูรณ์ของอากาศในสายยางที่นักเรียนเป่า

Pa 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

แสดงว่าเราสามารถหาระยะ d เป็นตัวแสดงความดันที่เพิ่มขึ้นที่ปลายข้างหนึ่ง ความดันที่วัดได้จากเครื่องมือวัดนี้ เรียกว่า ความดันเกจนั่นเอง

17.2.3 ความดันกับชีวิตประจำวัน

ในชีวิตประจำวัน เราต้องเกี่ยวข้องกับความดันตลอดเวลา ดังจะเห็นได้จากอุปกรณ์หลายอย่างที่เราใช้ในการทำงานต้องอาศัยความดันบรรยากาศทั้งสิ้น ดังตัวอย่างต่อไปนี้

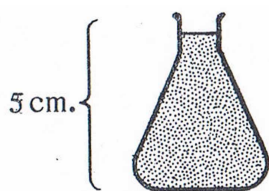
เครื่องวัดความดันโลหิต ซึ่งเรียกว่า Sphygmoanometer เป็นเครื่องมือประกอบด้วยแมนอมิเตอร์ โดยใช้แมนอมิเตอร์วัดผ่านท่อนแขน ในขณะที่หัวใจบีบตัวส่งโลหิตไปตามเส้นเลือดแดง ไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งเป็นค่าความดันโลหิตสูงสุด และเมื่อโลหิตในเส้นเลือดดำย้อนกลับหัวใจจะอ่านค่าความดันโลหิตต่ำสุดจากแมนอมิเตอร์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

หลอดดูดเครื่องดื่ม เมื่อใช้หลอดดูดเครื่องดื่ม อากาศในหลอดมีปริมาตรลดลง ทำให้ความดันอากาศในหลอดดูดลดลงด้วย ความดันอากาศภายนอกซึ่งมากกว่าก็จะสามารถดันของเหลวขึ้นไปแทนที่อากาศในหลอดดูดจนกระทั่งของเหลวเข้าปาก

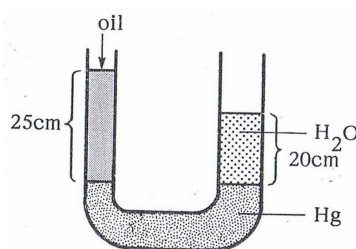
ยางติดผนัง เมื่อออกแรงกดแผ่นยางติดผนังบนผิวเรียบ เช่น แผ่นกระจก อากาศที่อยู่ระหว่างแผ่นยางและกระจกจะถูกขับออก ทำให้บริเวณดังกล่าวเกือบเป็นสุญญากาศ อากาศภายนอกซึ่งมีความดันสูงกว่าก็จะกดผิวแผ่นยางให้แนบติดแผ่นกระจก

แบบฝึกหัด 17.2.2-3

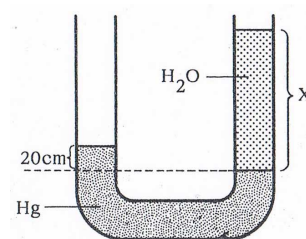
- ถ้าของเหลวที่บรรจุในหลอดแก้วรูปตัวยู ของแมนอมิเตอร์ คือ น้ำที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อของเหลวในหลอดแก้วรูปตัวยูต่างระดับกัน 2 เซนติเมตร ความดันเกจที่อ่านได้จะเป็นเท่าไร (200 นิวตันต่อตารางเมตร)
- น้ำ จืดลึก 0.6 เมตร ให้ความดันเท่ากับน้ำ ทะเลลึก 0.4 เมตร จงหาความหนาแน่นของน้ำ ทะเล กำหนดความหนาแน่นของน้ำ เท่ากับ 10^3 kg/m^3 ($1.5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)
- ที่ก้นบ่อแร่แห่งหนึ่งบารอมิเตอร์ พรอทอ่านได้ 77.4 cm จงหาว่า บารอมิเตอร์นี้ น้ำมันที่วางไว้ข้างกัน จะอ่านได้เท่าไร กำหนดความหนาแน่นของปรอทและน้ำมันเท่ากับ $3.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ และ $0.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ตามลำดับ (11.7 m)



รูปข้อ 4

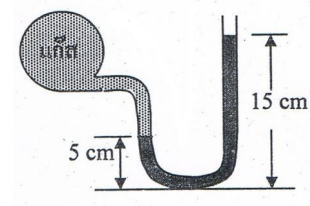


รูปข้อ 5



รูปข้อ 6

4. ขวดใส่ของเหลวครึ่งรูปทรงสูงของเหลว 5 cm ก้นขวดมีพื้นที่ 100 cm^2 ถ้าของเหลวมีความหนาแน่น $13.6 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$ ความดันเกจที่ก้นขวดมีค่าเท่าไร ($6.8 \times 10^4 \text{ N/m}^2$)
5. จากรูปความหนาแน่นของน้ำมันมีค่าเป็นกี่เท่าของน้ำ (0.8 เท่าของน้ำ)
6. จากรูป ถ้าปรอทมีความหนาแน่นเป็น 13.6 เท่าของน้ำ X จะมีค่าเท่าไร (2.72 เมตร)
7. (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. $1.6 \times 10^4 \text{ pascal}$
8. (มข.53) เราทราบว่าบรรยากาศที่ผิวโลกมีความดันประมาณ 760 มิลลิเมตรปรอท โโลหิตในร่างกายของคนเราปกติก็มีความดันเช่นกัน ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อความที่ถูกต้อง
1. ความดันโลหิตมีค่ามากกว่าความดันบรรยากาศเสมอ
2. ความดันโลหิตมีค่าน้อยกว่าความดันบรรยากาศเสมอ
3. ความดันโลหิตมีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศเสมอ
4. ไม่แน่นอน อาจมากกว่าหรือน้อยกว่าก็ได้
9. (มข.54) ขาข้างหนึ่งของแอนอมิเตอร์ถูกต่อเข้ากับภาชนะที่บรรจุแก๊สชนิดหนึ่งปรากฏระดับปรอทในขาทั้งสองข้างสูง 5 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตร ดังรูป ถ้าความดันของอากาศภายนอกขณะนั้นเท่ากับ 10^5 พาสคัล แก๊สในภาชนะมีความดันเท่าใด(กำหนดให้ ความหนาแน่นปรอทเท่ากับ 13.6×10^3 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

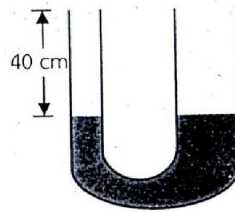


10. (มข.56) (กำหนดความดันบรรยากาศเป็น 760 มิลลิเมตรปรอท) ในการวัดความดันโลหิต ถ้าวัดได้ 30 มิลลิเมตรปรอท แสดงว่าในเส้นเลือดมีความดันสัมบูรณ์เป็นกี่มิลลิเมตรปรอท

1. 130 2. 630 2. 890 4. 1.00143×10^5

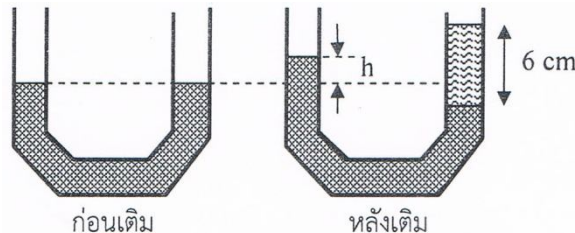
11. จากรูป หลอดแก้วรูปตัวยูมีพื้นที่หน้าตัดของขาเล็กเป็นครึ่งหนึ่งของขาใหญ่ เริ่มดันบรรจุของเหลว ความหนาแน่น 3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อยากทราบว่าจะสามารถเทของเหลวความหนาแน่น 3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จึงจะไม่มีของเหลวล้นออกมา(มข.58)

1. 10 2. 20
3. 30 4. 40



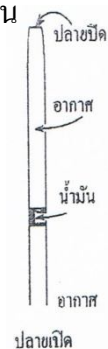
12. น้ำความหนาแน่น 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อยู่ในท่อรูปตัวยู ขนาดเท่ากันตลอดท่อ ดังรูป เมื่อเติมน้ำมันที่มีความหนาแน่น 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ลงในท่อทางด้านขวา มีความสูง 6 เซนติเมตร จงหาว่าน้ำ จะสูงขึ้นกว่าเดิม(h) เท่าไรเมื่อเทียบกับก่อนการเติมน้ำมัน(มข.59)

1. 2.4 เซนติเมตร
2. 3.6 เซนติเมตร
3. 3.75 เซนติเมตร
4. 4.8 เซนติเมตร



13. เมื่อนำหลอดแก้วเล็กที่มีปลายปิดข้างหนึ่งไปลงไฟ แล้วนำปลายนี้ ไปจุ่มลงในน้ำมัน ข้อใดไม่ถูกต้อง(มข.59)

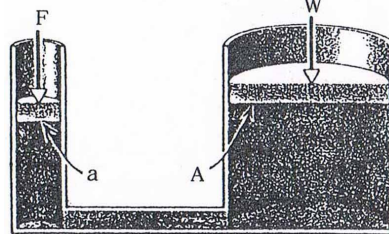
1. ในขณะที่หลอดเย็นลงน้ำมันถูกดูดเข้าไปในหลอด
2. เมื่อหลอดเย็นลงปริมาตรแก๊สที่อยู่ระหว่างน้ำมันและปลายปิดลดลง
3. เมื่อหลอดเย็นลงจำนวนโมเลกุลแก๊สที่อยู่ระหว่างน้ำมันและปลายปิดลดลง
4. ในขณะที่หลอดเย็นลงความดันแก๊สในหลอดคงที่



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

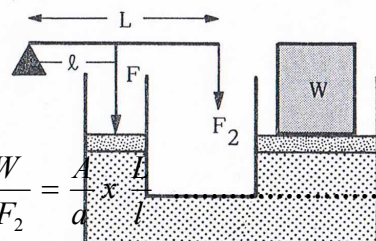
$$P_1 = P_2$$

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

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

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

ถ้าเอาระบบคานโยกเข้ามาใส่ในเครื่องนี้ ดังรูป



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

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

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

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

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

สูตรข้างต้น ใช้เมื่อเครื่องมีประสิทธิภาพ 100 %

ถ้าเครื่องมีประสิทธิภาพไม่ถึง 100 % ให้ใช้สูตรดังนี้

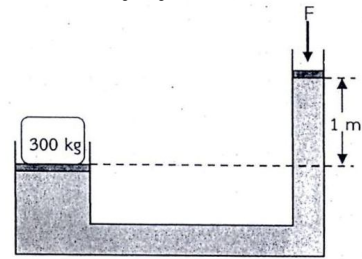
$$\text{ประสิทธิภาพ (Eff)} = \left[\frac{\frac{W}{F_2}}{\frac{A}{a} \times \frac{L}{l}} \right] \times 100 \dots\dots\dots(17.11)$$

แบบฝึกหัด 17.3

1. แม่แรงยกรถยนต์เครื่องหนึ่ง ลูกสูบใหญ่มีพื้นที่เป็น 200 เท่าของลูกสูบเล็ก ถ้าต้องการให้แม่แรงยกรถมวล 1000 กิโลกรัม จะต้องออกแรงกดที่ลูกสูบเล็กเท่าไร (50 นิวตัน)
2. เครื่องไฮดรอลิกเครื่องหนึ่ง มีรัศมีลูกสูบใหญ่เป็น 5 เท่าของลูกสูบเล็ก จะต้องออกแรงกดที่ลูกสูบเล็กอย่างน้อยเท่าใดจึงจะสามารถยกมวล 1000 กิโลกรัมขึ้นได้ (400 นิวตัน)
3. เครื่องอัดบาร์มาห์ ลูกสูบใหญ่มีพื้นที่ 20 cm^2 พื้นที่สูบอัด 2.5 cm^2 คานโยกยาว 28 cm ระยะจากจุดพลิกครัมถึงคานสูบอัด 2 cm ถ้าออกแรงกระทำที่ปลายคาน 20 นิวตัน จะสามารถยกน้ำหนักได้เท่าใด (2240 นิวตัน)
4. เครื่องอัดไฮดรอลิกเครื่องหนึ่งให้ยกน้ำหนัก 2,400 นิวตัน โดยผู้ใช้ออกแรงกดเท่ากับน้ำหนัก นิวตัน ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบใหญ่เป็น 8 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบเล็ก จงหาอัตราส่วนของแขนคานจัดที่ใช้กดลูกสูบ (7 : 1)
5. เครื่องอัดไฮดรอลิกเครื่องหนึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางสูบอัดและลูกสูบยกเป็น 1 cm และ 10 cm ตามลำดับ ที่ก้านสูบอัดมีคานอีกอันหนึ่งที่มีแขนคานเป็นอัตราส่วน 15 : 1 ถ้าออกแรงที่ปลายคาน 10 N จะสามารถยกน้ำหนักได้ 12,000 N จงหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดนี้ เป็นกี่เปอร์เซ็นต์ (80%)

6. จากรูปด้านล่าง จะต้องออกแรง F กี่นิวตัน ที่ลูกสูบเล็ก จึงจะสามารถยกวัตถุมวล 300 กิโลกรัม เมื่อไฮดรอลิก บรรจุน้ำ ความหนาแน่น 10^3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขนาดลูกสูบเล็ก 10^{-3} ตารางเมตร และ ขนาดลูกสูบใหญ่ 0.1 ตารางเมตร (มข.58)

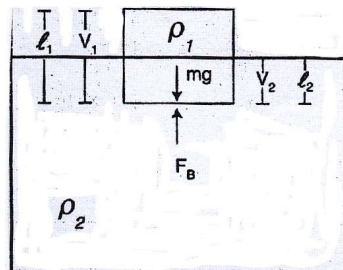
1. 10 นิวตัน
2. 20 นิวตัน
3. 30 นิวตัน
4. 40 นิวตัน



17.4 แรงลอยตัวและหลักของอาร์คิมิดีส

ถ้าหากเราชั่งน้ำหนักวัตถุขณะที่จมอยู่ในของเหลว จะพบว่าน้ำหนักวัตถุขณะนั้นจะน้อยกว่าน้ำหนักวัตถุที่ชั่งในอากาศ ทั้งนี้เพราะของเหลวออกแรงพยุงวัตถุไว้ในทิศขึ้นข้างบน เรียกแรงนี้ว่าแรงลอยตัวของของเหลว (Buoyant Force, F_B)

หลักของอาร์คิมิดีส กล่าวว่าวัตถุใด ๆ ที่จมอยู่ในของเหลวทั้งก้อนหรือจมอยู่เพียงบางส่วน จะถูกแรงลอยตัวกระทำและขนาดของแรงลอยตัวนี้ จะเท่ากับขนาดของน้ำน้ำหนักของของเหลวที่ถูกวัตถุแทนที่
แรงลอยตัว คือ แรงที่ของเหลวพยายามยกตัววัตถุขึ้นมา



หลักสมมูล แรงรวมขึ้น = แรงรวมลง

$$F_B = mg$$

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

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

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

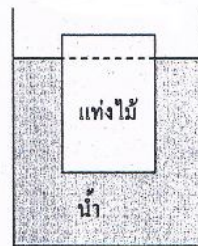
แบบฝึกหัด 17.4

1. (มข.51) วัตถุรูปลูกบาศก์ยาวด้านละ 10 เซนติเมตร ความหนาแน่น 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ลอยอยู่ในน้ำที่บรรจุในภาชนะหนึ่ง ถ้าผิวบนของวัตถุอยู่ในแนวระดับ จงหาว่าผิวบนของวัตถุนี้จะอยู่สูงกว่าผิวน้ำเท่าใดกำหนดให้ ความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

1. 8 เซนติเมตร 2. 6 เซนติเมตร 3. 4 เซนติเมตร 4. 2 เซนติเมตร

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



3. (มข.54) นำไม้รูปลูกบาศก์มีความยาวด้านละ 0.5 เมตร มีความหนาแน่น 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไปลอยน้ำที่มีความหนาแน่น 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะต้องใช้แรงเท่าใดกดที่แท่งไม้ เพื่อให้แท่งไม้จมมีค้ำาพอสุ่กำหนดให้ ความเร่งโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 10 เมตรต่อวินาที²)

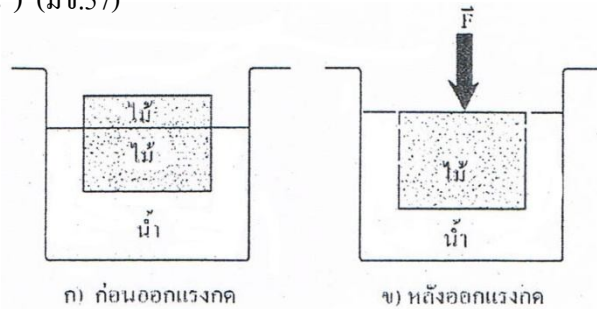
1. 125 นิวตัน 2. 250 นิวตัน
3. 375 นิวตัน 3. 500 นิวตัน

4. (มข.56) แท่งไม้ลอยนิ่งอยู่ในน้ำ พบว่า ปริมาตรที่ลอยเหนือน้ำเป็นร้อยละ 20 ของปริมาตรทั้งหมด เมื่อความหนาแน่นของน้ำเป็น 1×10^3 kg/m³ ความหนาแน่นของไม้จะเป็นกี่ kg/m³

1. 0.2×10^5 2. 0.8×10^3
3. 20×10^3 4. 80×10^3

5. นำแท่งไม้รูปทรงกระบอกไปลอยน้ำ ปรากฏว่า $\frac{2}{3}$ ของปริมาตรทั้งหมดจมอยู่ใต้ผิวน้ำ ถ้าไม้มีปริมาตร $3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ และน้ำมีความหนาแน่น $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ จะออกแรงกดไม้อย่างน้อยเท่าไรไม้จึงจะจมน้ำทั้งหมดพอดี (กำหนดให้ $g = 10 \text{ m/s}^2$) (มข.57)

1. 10 N
2. 20 N
3. 30 N
4. 40 N



6. แท่งไม้ความหนาแน่น 810 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรลอยอยู่ในของเหลวชนิดหนึ่ง มีส่วนที่ลอยอยู่เหนือของเหลวมีปริมาตร 25 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรทั้งหมด จงหาความหนาแน่นของของเหลว(มข.59)
1. 607.5 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
 2. 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
 3. 1080 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
 4. 3240 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

17.5 ความตึงผิว (Surface tension)

ความตึงผิว หมายถึง อัตราส่วนของแรงที่กระทำไปตามผิวของเหลวต่อความยาวของผิวที่ถูกแรงกระทำ ความยาวนี้ ต้องตั้งฉากกับแรงตึง มีหน่วยเป็น นิวตันต่อเมตร

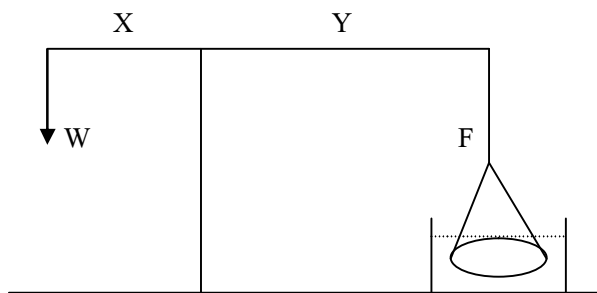
แรงตึงผิวของของเหลว หมายถึง แรงชนิดหนึ่งที่พยายามยืดผิวของเหลวไว้ แรงตึงผิวของของเหลวจะมีทิศทางกับผิวของของเหลวและตั้งฉากกับเส้นขอบที่ของเหลวสัมผัส

ให้ F แทน ขนาดของแรงตึงผิว γ แทน แรงตึงผิวของของเหลว
 l แทน ความยาวของเส้นผิวที่ขาด

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

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

การหาค่าความตึงผิว

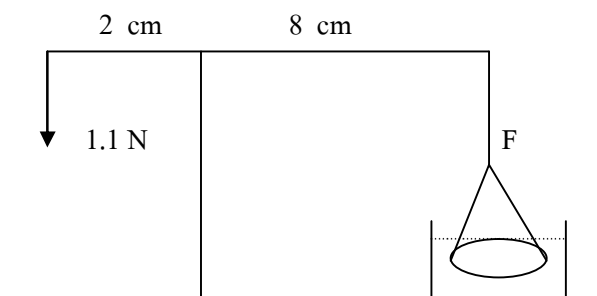


$$\gamma = \frac{F}{2l} = \frac{F}{2(2\pi r)} \dots\dots\dots(17.15)$$

หา F จาก $F.Y = W.X$

แบบฝึกหัด 17.5

1. ถ้าวัดความยาวของห่วงเท่ากับ 14 cm และห่วงหลุดจากผิวปรอทพอดีความตึงผิวของปรอทเป็นเท่าใด



2. ลวดโลหะรูปวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 10 เซนติเมตร และผิวหน้าพอดี จงหาแรงที่ดึงลวดโลหะนี้ให้หลุดจากผิวหน้าพอดี เมื่อลวดโลหะมีมวล 25 กรัม กำหนดให้ความตึงผิวของน้ำเท่ากับ 7.0×10^{-2} นิวตันต่อเมตร (0.289 N)

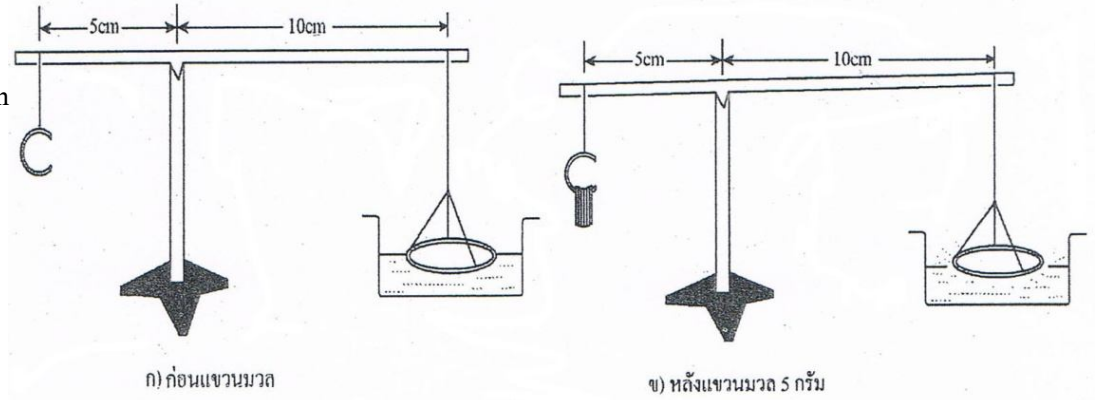
3. ตอนแรกคันอยู่ในภาวะสมดุลและห้วงลวดแต่ละฟิวของเหลวพอดีดังรูป ก) เมื่อค่อยๆ เพิ่มมวลบนตะขอทางซ้ายมือปรากฏว่าเมื่อมวลมากกว่า 5×10^{-3} kg ห่วงจะเริ่มหลุดจากฟิวของเหลวถ้าเส้นรอบวงของห่วงยาว 25 cm จงคำนวณหาค่าความตึงผิวจากการทดลองนี้ (กำหนดให้ $g = 10 \text{ m/s}^2$) (มข.57)

1. 0.25 N/m

2. 0.025 N/m

3. 5 N/m

4. 0.05 N/m



17.6 ความหนืด

แรงหนืด คือ แรงเสียดทานภายในของไหล หรือแรงต้านทานการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เกิดภายในของไหลนั้น ซึ่งจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเร็วพื้นที่ผิวของของไหล และเป็นปฏิภาคกลับความหนาแน่นของของไหล

ความหนืด (η) คือ คุณสมบัติของของไหลในการต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุในของไหลนั้น มีหน่วยเป็น นิวตันวินาทีต่อตารางเมตร ($\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$)

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

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

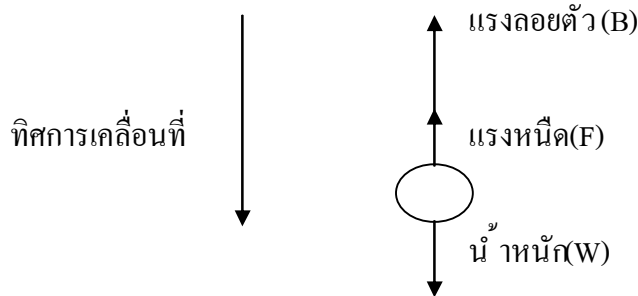
กฎของสโตกส์ (Stokes Law)

สำหรับของไหลอุดมคติ(ไม่มีความหนืด) ไหลผ่านลูกทรงกลม หรือลูกทรงกลมเคลื่อนที่ผ่านของไหลที่อยู่นิ่ง ความดันของกระแสรู้นบนเท่ากับความดันกระแสรู้นล่าง 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

$$B + F = mg$$

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

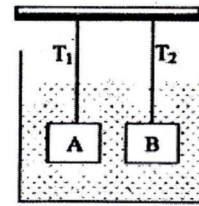
$$\eta = \frac{mg - \rho \frac{4}{3} \pi r^3 g}{6\pi vr} \dots\dots\dots(17.18)$$

แบบฝึกหัด 17.6

1. ลูกกลมเหล็กรัศมี 1 มิลลิเมตร ตกในน้ำเชื่อม ความเร็วสุดท้ายของลูกกลมเหล็กมีค่าเท่าใด กำหนดให้ลูกกลมเหล็กและน้ำเชื่อมมีความหนาแน่น 7800 และ 1600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และน้ำเชื่อมมีความหนืด 100 มิลลิพาสคัล วินาที (0.135 m/s)

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

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 $T_1 > T_2$

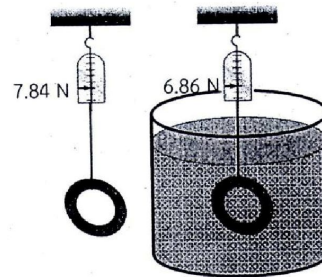


3. เมื่อปล่อยลูกเหล็กที่มี 2 mm ลงในหลอดที่ยาวมากและบรรจุกลีเซอรอลเกือบเต็ม ข้อใดไม่ถูกต้อง (มข.57)

1. ความเร็วต้นเป็นศูนย์
2. ที่ลึกมากๆ ความเร่งเป็นศูนย์
3. แรงพยุงเปลี่ยนตามขนาดลูกเหล็ก
4. แรงหนืดลดลงเมื่อความเร็วเพิ่ม

4. จากรูป จงหาความหนาแน่นของวงแหวนที่ทำมาจากทองคำ เมื่อชั่งน้ำในอากาศอ่านได้ 7.84 นิวตัน และชั่งในน้ำ อ่านได้ 6.86 นิวตัน (น้ำ มีความหนาแน่น 10^3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) (มข.58)

1. 6×10^3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
2. 7×10^3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
3. 8×10^3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
4. 9×10^3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



17.7 พลศาสตร์ของของไหล

เราได้ศึกษาสมบัติบางประการของของไหล เช่น ความดัน แรงลอยตัว เป็นต้น ซึ่งเป็นการศึกษาของไหลที่อยู่นิ่ง สำหรับของไหลที่มีการเคลื่อนที่ เช่น พัดลม การไหลของน้ำในท่อ ความดันของของไหลเหล่านั้นจะเปลี่ยนอย่างไรหรือไม่ จะได้ศึกษาต่อไปนี้

17.7.1 ของไหลอุดมคติ

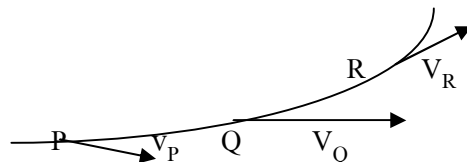
การเคลื่อนที่ของของไหลเป็นการเคลื่อนที่ที่ซับซ้อน เพื่อให้การศึกษากการเคลื่อนที่ของของไหลไม่ยุ่งยาก เราจะพิจารณาของไหลอุดมคติ (ideal fluid) ซึ่งมีสมบัติดังนี้

1. มีการไหลอย่างสม่ำเสมอ (steady flow) หมายถึงความเร็วของทุกอนุภาค ณ ตำแหน่งต่างๆ ในการไหลมีค่าคงตัวโดยความเร็วของอนุภาคของของไหลเมื่อไหลผ่านจุดต่าง ๆ กันจะเท่ากันหรือต่างกันก็ได้
2. มีการไหลโดยไม่หมุน (irrotational flow) กล่าวคือในบริเวณโดยรอบจุดหนึ่ง ๆ ในของไหลจะไม่มียุณหภูมิของของไหลเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเชิงมุมรอบจุดนั้น ๆ 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
- สายกระแสนวนหนึ่งประกอบกันเป็นมัดเราเรียกว่า **หลอดการไหล**

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 เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของท่อที่จุดที่ 1

D_2 แทน เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของท่อที่จุดที่ 2

Q แทน อัตราการไหล

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

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

$$\text{แต่ } \rho_1 = \rho_2$$

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

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

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

จาก (17.21) จะได้ว่า

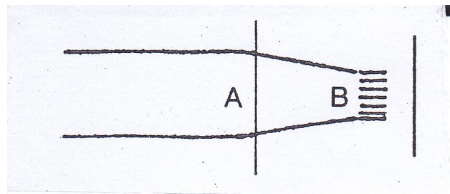
$$AV = \text{ค่าคงตัว} = Q \dots\dots\dots(17.24)$$

ผลคูณของ AV เรียกว่า อัตราการไหล มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร/ วินาที

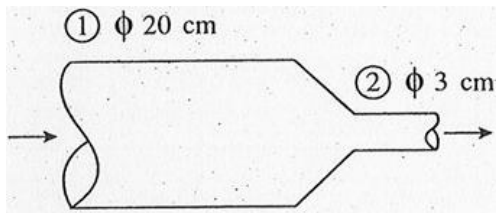
แบบฝึกหัด 17.7.3

- (ข้อสอบพื้นฐานวิศวะ) ท่อน้ำ ดังเพลิงแสดงดังรูป จงหาความเร็วของน้ำ ที่พุ่งออกจากปลายท่อ B เมื่อความเร็วของน้ำ ที่ A เท่ากับ 5 เมตรต่อวินาที กำหนดให้เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ A และ B เท่ากับ 8 เซนติเมตร และ 4 เซนติเมตร ตามลำดับ

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



- (Ent) น้ำ ไหลเข้าท่อด้วยอัตราคงที่ 50 kg/s จงหาผลต่างของความเร็วเฉลี่ยที่จุดที่ 1 และจุดที่ 2 ดังรูป เมื่อความหนาแน่นของน้ำ มีค่าเท่ากับ 1000 kg/m³



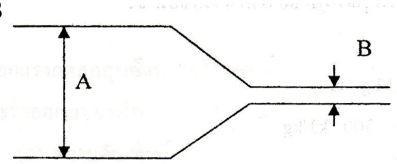
1. 1.6 m/s
2. 10.9 m/s
3. 50.8 m/s
4. 69.1 m/s

- (มข.50) น้ำ ไหลลงมาตามสายยางที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นจกกลมขนาด 1.0 cm² ด้วยอัตราเร็ว 4.0 m/s จงหาอัตราเร็วของน้ำ ในสายยางดังกล่าวถ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายยางลดลงเป็น $\frac{1}{2}$ เท่าของค่าเดิม

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

4. (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



5. (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

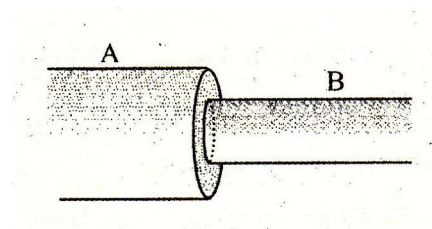


6. (มข.54) ถ้าน้ำในท่อประปาที่ไหลผ่านมาตรวัดเข้าบ้าน มีอัตราการไหล 10 ลิตรต่อวินาที จงหาอัตราเร็วของน้ำในท่อประปาเมื่อไหลผ่านท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร

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

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

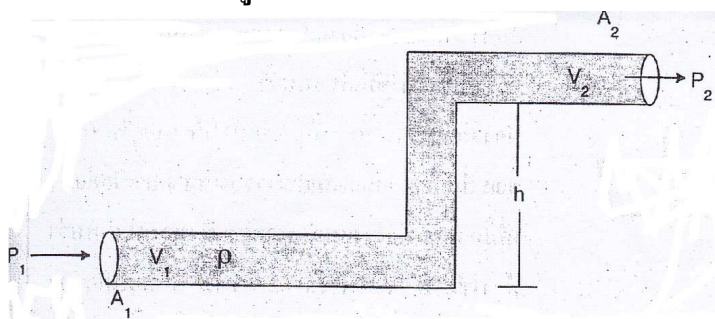
- | | |
|-----------|-----------|
| 1. 5 m/s | 2. 10 m/s |
| 3. 40 m/s | 4. 80 m/s |



8. น้ำไหลผ่านสายน้ำดับเพลิงที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.0 เซนติเมตร ด้วยอัตรา 0.02 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ปลายสายฉีดดับเพลิงมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0 เซนติเมตร จงหาอัตราเร็วที่น้ำไหลออกจากปลายดับเพลิง (มข.59)

1. 0.06 เมตรต่อวินาที
2. 0.18 เมตรต่อวินาที
3. $66.7/\pi$ เมตรต่อวินาที
4. $200/\pi$ เมตรต่อวินาที

17.7.4 สมการของแบร์นูลี



กำหนดให้

P แทน ความดัน

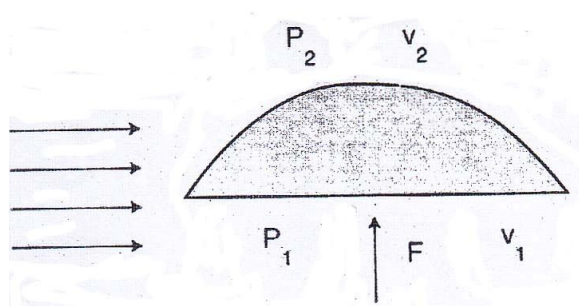
ρ แทน ความหนาแน่น

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

อัตราการไหลที่ปากท่อมีค่าเดียวกันกับอัตราเร็วของเทหวัตถุ เมื่อปล่อยให้ตกอย่างเสรีจากที่สูง ทฤษฎีนี้เรียกว่า ทฤษฎีของทอริเชลลี ไม่จำกัดว่ารูรั่วหรือท่อจะต้องเปิดที่ก้นแท็งก์ อาจใส่รูไว้ที่ข้าง ๆ แท็งก์ก็ได้ แต่ให้รูรั่วอยู่ใต้ผิวของไหล

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

แบบฝึกหัด 17.7.4-5

1. ในการออกแบบเครื่องบินให้มีแรงยกขึ้น 900 นิวตันต่อตารางเมตรของพื้นที่ปีกโดยถือว่าลมที่พัดผ่านสมมาตรต่อลำตัวที่พัดได้ปีกมีอัตราเร็ว 100 เมตรต่อวินาทีจงหาความเร็วของลมเหนือปีกเครื่องบินเพื่อให้ได้แรงยกตามต้องการ กำหนดให้อากาศมีความหนาแน่น 1.3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ก. 100.6 m/s ข. 105.6 m/s ค. 1106.6 m/s **ง. 106.7 m/s**

2. อัตราเร็วของลมพายุที่พัดเหนือหลังคาบ้านหลังหนึ่งเป็น 40 เมตรต่อวินาทีถ้าหลังคาบ้านมีพื้นที่ 75 ตารางเมตรแรงยกที่กระทำกับหลังคาบ้านเท่าใด กำหนดให้ความหนาแน่นของอากาศขณะนั้นเท่ากับ 0.3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและ $g = 10 \text{ m/s}^2$

ก. 26,352 นิวตัน ข. 25,632 นิวตัน **ค. 23,625 นิวตัน** ง. 23,652 นิวตัน

3. พายุไซโคลนพัดผ่านบ้านหลังหนึ่งโดยมีอัตราเร็วลมเหนือหลังคาบ้านเป็น 40 เมตรต่อวินาทีโดยพื้นที่ของหลังคาบ้านเป็น 200 ตารางเมตรและความหนาแน่นอากาศเป็น 0.3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรจงหาแรงยกที่กระทำต่อหลังคาบ้าน

ก. 24,000 นิวตัน ข. 40,000 นิวตัน **ค. 48,000 นิวตัน** ง. 55,000 นิวตัน

5. ถังน้ำเปิดสูง ๒ เมตร บรรจุ น้ำ อยู่เต็มถึงตั้งบนฐานสูง 3.8 เมตร ถ้าเจาะรูด้านข้างถึงโดยสูงจากกันถึง ขึ้นมา 1.2 เมตร จงหาว่า น้ำ จะพุ่งออกจากรูที่เจาะด้วยความเร็วเท่าไร
- ก. 4.0 m/s ข. 4.9 m/s ค. 6.8 m/s ง. 10.0 m/s
6. แท่งค้ำน้ำเปิดสูง 1.5 เมตร มีน้ำ อยู่ 1.25 เมตร ที่กันแท่งค้ำด้านข้างมีท่อเปิดอยู่และแท่งค้ำน้ำ ตั้งอยู่สูงจากพื้น 5 เมตร จงหา ก. อัตราเร็วของน้ำ ที่พุ่งออกจากท่อด้านล่าง ข. น้ำ พุ่งออกไปในแนวราบได้ไกลเท่าไร
- 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. $V_2 = 8 \text{ m/s}$, $S_x = 8 \text{ m}$
7. (มข.50) เครื่องบินโบอิง -737 มีมวล 2×10^4 กิโลกรัม มีพื้นที่ผิวบนและผิวล่างของปีกเครื่องบิน เท่ากันคือ 100 ตารางเมตร จงหาผลต่างของความดันที่กระทำต่อพื้นที่ผิวของปีกบนกับปีกล่างของ เครื่องบินในขณะที่เครื่องบินกำลังบินในแนวระดับขนานกับพื้นโลก (กำหนดให้ $g = 10 \text{ m/s}^2$)
1. 1000 N/m² 2. 2000 N/m²
3. 3000 N/m² 4. 4000 N/m²

8. (มข.51) ถังน้ำ มีน้ำ ราบบรรจุอยู่เมตร ที่ข้างถังมีรูเล็กๆ ซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างระดับน้ำ กับก้นถัง เมื่อปล่อย น้ำให้พุ่งออกจากรูเล็กๆ นี้ อัตราเร็วของน้ำ ที่พุ่งออกมีค่ากี่เมตรต่อวินาที

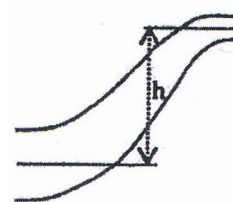
1. $\sqrt{gh}$
2. $\sqrt{2gh}$
3. gh
4. $2gh$

9. (มข..54) ถังน้ำ มีขนาดใหญ่มิรูรั่วที่ระยะลึก 10 เมตร จากผิวน้ำ มั่น ถ้าถังน้ำ มั่น ปิดสนิทและความดัน ที่ผิวน้ำ มั่นเท่ากับ $\times 10^5$ พาสคัล และความดันบรรยากาศเท่ากับ 1.0×10^5 พาสคัลจงหาอัตราเร็ว ของน้ำ มั่นที่พุ่งออกจากถัง(กำหนดให้ ความหนาแน่นของน้ำ มั่นเท่ากับ 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และความเร่งโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 10 เมตรต่อวินาที²)

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

10. (มข.55) น้ำ ไนท่อไหลด้วยอัตรา $6 \text{ m}^3/\text{min}$ พื้นที่หน้าตัดของท่อล่างและท่อนบนมีขนาด 0.05 และ 0.0125 m^2 ตามลำดับ ท่อนบนสูงกว่าท่อล่างเป็นระยะ $h = 200 \text{ cm}$ ถ้าท่อล่างมีความดัน 10^5 N/m^2 จงหาความดัน ที่ท่อนบนกำหนดให้ $\rho_{\text{water}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$, $g = 10 \text{ m/s}^2$

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. $195 \times 10^4 \text{ N/m}^2$

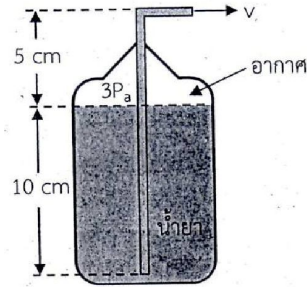


11. (มข.56) ถังน้ำ ฝาเปิดขนาดใหญ่มีระดับสูง 15 เมตร มีรูเล็กๆ ที่ระดับสูง 10 จงหาความเร็วของน้ำ ที่ไหลออกจากรูรั่ว เป็นกี่ m/s (กำหนดให้ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง $g = 10 \text{ m/s}^2$)

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

12. จากรูป กระจ้อองอัดน้ำ ซึ่งมีความหนาแน่น 4×10^3 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ด้วยความดัน 3 เท่าของความดันบรรยากาศ จงคำนวณว่าความเร็วของน้ำ ายาที่พุ่งออกมาทางด้านบนซึ่งต่อท่อลงไปเกือบถึงกัน กระจ้อองมีค่ากี่เมตรต่อวินาที (กำหนดให้ ความดันบรรยากาศ $P_a = 10^5$ นิวตันต่อตารางเมตร)(มข.58)

1. 8 เมตรต่อวินาที
2. 10 เมตรต่อวินาที
3. 12 เมตรต่อวินาที
4. 14 เมตรต่อวินาที



13. ถังน้ำใบหนึ่งบรรจุน้ำไว้สูงจากก้นถึง 2 เมตร มีรูรั่วสูงจากก้นถึง 0.75 เมตร ดังรูป น้ำพุ่งออก ด้วยอัตราเร็วเท่าไร(มข.59)

1. 5.00 เมตรต่อวินาที
2. 3.87 เมตรต่อวินาที
3. 3.54 เมตรต่อวินาที
4. 6.32 เมตรต่อวินาที

