



หน่วยที่ 9 สถิติศาสตร์ของของไหล

ตอนที่ 9.1 สถิติศาสตร์ของของไหล

ตอนที่ 9.2 แรงเชื่อมแน่นและแรงยึดติด



ตอนที่ 9.1 สถิติศาสตร์ของของไหล

- ความหนาแน่นและความดัน
 - ความถ่วงจำเพาะของสาร
 - ความดัน
 - เครื่องมือวัดความดัน
- หลักของอาร์คิมิดีส
 - วัตถุจมในของไหล
 - วัตถุลอยในของไหล
- หลักของพาสคัล



ความหนาแน่นและความดัน

ความหนาแน่นของสาร คือ มวล ต่อ ปริมาตร

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ ความหนาแน่นของสาร

m มวล

V ปริมาตร

ในระบบเอสไอ ρ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม/เมตร³ $\frac{kg}{m^3}$

น้ำมีความหนาแน่น $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$



➤ ความถ่วงจำเพาะของสาร

ความถ่วงจำเพาะของสารใด คือ $\frac{\text{ความหนาแน่นของสารนั้น}}{\text{ความหนาแน่นของน้ำ}}$

$$\text{ความถ่วงจำเพาะของสารใด} = \frac{\rho_{\text{Matter}}}{\rho_{\text{water}}}$$

หรือ ความหนาแน่นสัมพัทธ์

➤ ความดัน

ความดัน (pressure) นิยามว่า แรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

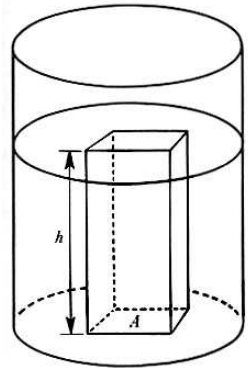
$$P = \frac{F}{A}$$

เมื่อแรง F คือ แรงที่กระทำในทิศตั้งฉากกับพื้นที่ A

ความดัน มีหน่วย นิวตัน / เมตร² หรือ พาสคัล (pascal , Pa)

ความดัน $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (lb/in^2 หรือ psi)

ความดันเนื่องจากของไหล



แรงเนื่องจากของไหลในปริมาตรสี่เหลี่ยมคือ

$$W = mg = V\rho g = Ah\rho g$$

ความดันจึงมีค่า

$$P = \frac{W}{A} = \rho gh$$

ความดันของของไหลจึงแปรผันกับความลึกและความหนาแน่นของของไหล

$$P = P_a + \rho gh$$



ความดันสัมบูรณ์ (absolute pressure)

ความดันที่รวมเอาความดันเนื่องจากบรรยากาศไว้ด้วย

ความดันเกจ (gauge pressure)

ความดันที่ไม่รวมเอาความดันเนื่องจากบรรยากาศไว้

$$P_G = P - P_a = \rho gh$$

เมื่อทำโจทย์ฟิสิกส์ ผู้อ่านต้องทำความเข้าใจให้ดีก่อนว่าโจทย์ต้องการหมายถึง ความดันสัมบูรณ์ หรือความดันเกจ

ภาชนะถึงทรงกระบอกเปิดรับความดันของบรรยากาศ P_a ณ ตำแหน่งความลึก h ใต้ผิวของไหลความดันจะมีค่า



$$P = P_a + \rho gh$$

ความดัน 1 บรรยากาศ (atmosphere, atm)

$$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 14.7 \text{ lb/in}^2$$

$$1 \text{ bar} = 1.00 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm of Hg}$$

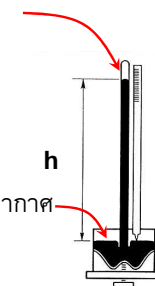
$$1 \text{ Torr} = \frac{1}{760} \text{ atm} = 1 \text{ mm of Hg}$$

➤ เครื่องมือวัดความดัน

เรียกว่า บารอมิเตอร์ (barometer)



สุญญากาศ

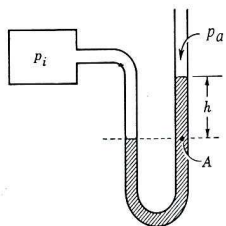


ความดันบรรยากาศ

แบบปรอท

$$\begin{aligned} P_a &= \rho gh \\ &= (13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3) \\ &\quad \times (9.8 \text{ m/s}^2)(0.760 \text{ m}) \\ &= 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \\ &= 1 \text{ atm} \end{aligned}$$

ค่าความดันเกจ เราใช้เครื่องมือที่เรียกว่า มาโนมิเตอร์ (manometer)



ความดันที่ต้องการวัด ความดันที่วัดได้คือ ความดันเกจ โดยอ่านจากความสูง h

มาโนมิเตอร์แบบปลายเปิด

หลักของอาร์คิมิดีส



เมื่อวัตถุทั้งก้อนหรือเพียงบางส่วนจมในของไหล ของไหลจะออกแรงต่อวัตถุในทิศขึ้น ซึ่งแรงนี้จะมีขนาดเท่ากับน้ำหนักของของไหลที่ถูกแทนที่ แรงนี้เรียกว่า แรงลอยตัว **B (buoyant force or buoyancy)**

$$B = m_f g = \rho_f V_f g$$

- ρ_f ความหนาแน่นของของไหล
- V_f ปริมาตรของของไหลที่ถูกแทนที่
- g ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

น้ำหนักของวัตถุเมื่อชั่งในอากาศจะเรียกว่า น้ำหนักจริง



$$W_r = mg = \rho_x V_x g$$

น้ำหนักของวัตถุเมื่อชั่งในของไหลจะเรียกว่า น้ำหนักปรากฏ

$$W_a$$

$$W_r > W_a$$

ความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักจริง น้ำหนักปรากฏ และแรงลอยตัวคือ

$$W_a = W_r - B$$

วัตถุจมในของไหล



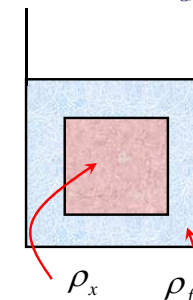
$$W_a = W_r - B$$

$$W_a = \rho_x V_x g - \rho_f V_f g$$

เนื่องจากวัตถุจม $V_f = V_x$

$$W_a = (\rho_x - \rho_f) V_x g$$

- ρ_f ความหนาแน่นของของไหล
- ρ_x ความหนาแน่นของวัตถุ
- V_f ปริมาตรของของไหลที่ถูกแทนที่ในที่
- V_x ปริมาตรของวัตถุ
- g ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง



วัตถุลอยในของไหล

$$W_a = 0$$

$$W_a = W_r - B$$

$$B = W_r$$

$$\rho_f V_f g = \rho_x V_x g$$

$$\frac{\rho_f}{\rho_x} = \frac{V_x}{V_f}$$

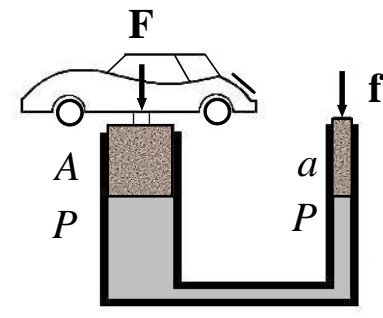
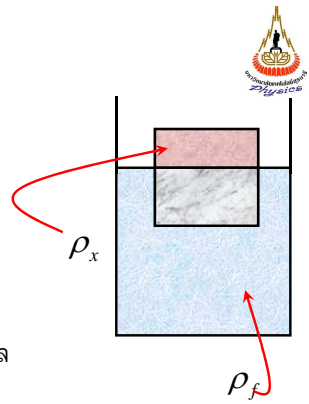
ρ_f ความหนาแน่นของของไหล

ρ_x ความหนาแน่นของวัตถุ

V_f ปริมาตรของของไหลที่ถูกแทนที่ในที่

V_x ปริมาตรของวัตถุ

g ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง



$$P = \frac{f}{a}$$

$$P = \frac{f}{a} = \frac{F}{A}$$

$$\frac{f}{a} = \frac{F}{A}$$

เราทำให้ F ใหญ่มากเท่าใดก็ได้ที่ปลอดภัยและสะดวก
แต่ถ้าลูกสูบใหญ่มากๆ ต้องใช้ของไหลมาก

หลักของพาสคัล

หลักของพาสคัล

“ถ้าให้ความดันแก่ส่วนหนึ่งส่วนใดของของไหลที่อยู่ในภาชนะปิดใด ๆ ความดันจะถูกส่งผ่านไปยังทุก ๆ ส่วนของของไหล และที่ผนังของภาชนะซึ่งบรรจุของไหลด้วยขนาดเท่ากันตลอด”

ตัวอย่างที่ 1 เมื่อเติมน้ำลงไปไหลลดรูปตัว U ซึ่งปลายข้างหนึ่งมีดินน้ำมันอุดไว้ ปรากฏว่าระดับน้ำในหลอดต่างกัน 1.5 cm ถ้าความดันบรรยากาศเท่ากับ 10^5 N/m^2 ความดัน P ภายในหลอดด้านที่อุดด้วยดินน้ำมันมีค่าเท่าใด

ตัวอย่างที่ 2 วัตถุชิ้นหนึ่งหนัก 100 กรัม เมื่อนำไปชั่งในน้ำจะหนักเพียง 85 กรัม และถ้านำไปชั่งในของเหลวชนิดหนึ่งจะหนักเพียง 70 กรัม ของเหลวชนิดนี้มีความหนาแน่นเท่าใด



ตัวอย่างที่ 4 หลอดรูปตัว U มีพื้นที่หน้าตัดหลอดด้านซ้าย $A=3.14 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ และเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่หลอดด้านขวา a เท่ากับ 0.03 m เมื่อเติมน้ำลงไประดับน้ำทั้งสองจะเท่ากันแต่ถ้าต้องการให้ระดับน้ำทางซ้ายสูงขึ้น 5 cm จะต้องออกแรงเท่าใดกดทางด้านขวามือ



ตัวอย่างที่ 3 ไม้ชิ้นหนึ่งลอยอยู่ในน้ำโดยจมอยู่ในน้ำ 5 ส่วน และโผล่พ้นน้ำ 3 ส่วน ของปริมาตร ไม้ชิ้นนี้มีความหนาแน่นเท่าใด และถ้าไม่มีปริมาตร 800 cm^3 ภาวว่าจะต้องนำก้อนหินมวล m เท่าใดวางบนไม้จึงจะทำให้ไม้จมมิดน้ำพอดี



หน่วยที่ 9 สถิติศาสตร์ของของไหล

ตอนที่ 9.1 สถิติศาสตร์ของของไหล

ตอนที่ 9.2 แรงเชื่อมแน่นและแรงยึดติด



ตอนที่ 9.2 แรงเชื่อมแน่นและแรงยึดติด



- แรงเชื่อมแน่นและแรงยึดติด
 - แรงเชื่อมแน่น
 - แรงยึดติด
- ความตึงผิว
- มุมสัมผัส
- สภาพคะปิลลา

แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด



แรงเชื่อมแน่น

คือ แรงดึงดูดของโมเลกุลของ
สารชนิดเดียวกัน

เช่น โมเลกุลของน้ำ
กับโมเลกุลของน้ำ

แรงยึดติด

แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของ
สารต่างชนิดกัน

เช่น โมเลกุลของน้ำ
กับโมเลกุลของแก้ว

ของเหลวจะเกาะติดของแข็ง ถ้าแรงยึดติดมากกว่าแรงเชื่อมแน่น
ของเหลวจะไม่เกาะของแข็ง ถ้าแรงเชื่อมแน่นมีค่ามากกว่าแรงยึดติด

แรงเชื่อมแน่นและแรงยึดติด



<http://www.nano-world.org/frictionmodule/content/0200makroreibung/0600adhesionmodel/bild1.gif>



<http://www.pantip.com/cafe/gallery/topic/G3104117/G3104117.html>

ความตึงผิว



ทำไมลวดเสียบกระดาษ
จึงลอยบนผิวน้ำได้

<http://gallery.hd.org/c/natural-science/more2006/more01/meniscus-on-water-surface-tension-supporting-steel-paperclip-in-drinking-glass-tumbler-beaker-6-AJHD.jpg.html>



ทำไมแมลงบางชนิด
สามารถเดินบนน้ำได้

<http://universe-review.ca/I12-20-surfacetension.jpg>



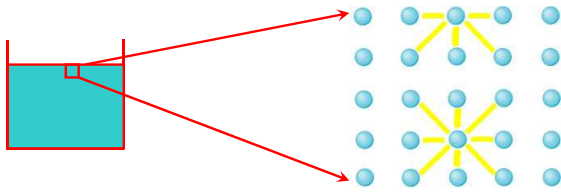
http://en.wikipedia.org/wiki/Image:2006-01-15_coin_on_water.jpg www.physics.auburn.edu/~demo/gases/2a/2a10_20.htm

สาเหตุที่หยดของของเหลวมีลักษณะกลม เนื่องจากแรงที่กระทำกับอนุภาคที่ผิวของของไหล จะพยายามทำให้พื้นที่ผิวมีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะน้อยได้ รูปร่างหรือลักษณะของของไหลที่มีพื้นที่ผิวน้อยที่สุดคือทรงกลม



ปริมาตร $\frac{4}{3}\pi R^3$ พื้นที่ผิวที่น้อยที่สุด $4\pi R^2$
 ปริมาตร ทรงกลม พื้นที่ผิวทรงกลม

ความตึงผิว



http://media.nasaexplores.com/lessons/03-048/images/surface_tension.jpg

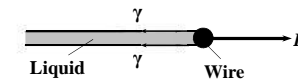
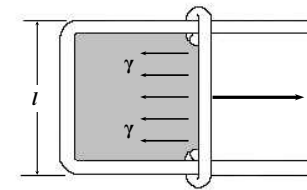


ความตึงผิว (surface tension) ซึ่งแทนด้วย γ

ความตึงผิว หมายถึง อัตราส่วนของแรงที่กระทำไปตามผิวของของเหลว ต่อความยาวของผิวที่ถูกแรงกระทำ ความยาวนี้ต้องตั้งฉากกับแรงด้วย

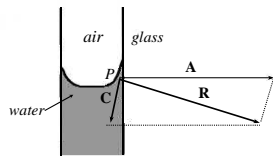
$$\gamma = \frac{F}{L}$$

ตัวอย่างที่ 1 ถ้าต้องออกแรง $F = 4.1 \times 10^{-3}$ นิวตัน ในการเคลื่อนลวดซึ่งยาว $l = 6$ เซนติเมตร ตามรางรูปเกือกม้า ดังภาพ จงหาความตึงผิวของของเหลว



มุมสัมผัส

แรงยึดติดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับโมเลกุลของแก้วมีค่ามากกว่า
แรงเชื่อมแน่นระหว่างโมเลกุลของน้ำกับโมเลกุลของน้ำมาก



(a)

แสดงมุมสัมผัสมีค่าน้อยกว่า 90°

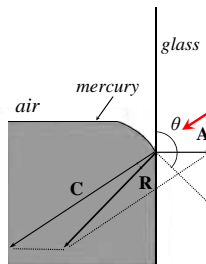


สภาพคะปิลลา

ถ้าจุ่มหลอดแก้วรูเล็กมาก (cappillary tube) ลงในของเหลวในแนวตั้ง
ผลเนื่องจากความตึงผิวของของเหลวจะเกิดปรากฏการณ์อย่างหนึ่งอย่างใดใน
2 อย่างนี้

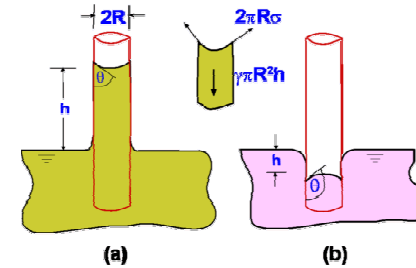


แรงยึดติดระหว่างโมเลกุลของปรอทกับโมเลกุลของแก้วมีค่าน้อยกว่า
แรงเชื่อมแน่นระหว่างโมเลกุลของปรอทกับโมเลกุลของปรอทมาก



(a)

แสดงมุมสัมผัสมีค่า $\frac{\pi}{2} < \theta < \pi$



(a)

(b)

- (a) ระดับของของเหลวในหลอดแก้วรูเล็กจะสูงกว่าระดับของของเหลวในอ่าง
เช่น น้ำ กับหลอดแก้ว
- (b) ระดับของของเหลวในหลอดแก้วรูเล็กจะต่ำกว่าระดับของของเหลวในอ่าง
เช่น ปรอท กับหลอดแก้ว

สภาพเช่นนี้เรียกว่า สภาพคะปิลลา (capillarity)



ค่าความสูง h หาได้คือ

จากแรงตึงผิว

$$\gamma = \frac{F}{L}$$

$$F = L\gamma = 2\pi r\gamma$$

แรงดึงขึ้นมีค่า

$$F_{up} = F \cos \theta \\ = 2\pi r\gamma \cos \theta$$

แรงดึงลง คือน้ำหนัก W ของของเหลวในหลอด มี

$$W = mg = V\rho g = \pi r^2 h \rho g$$

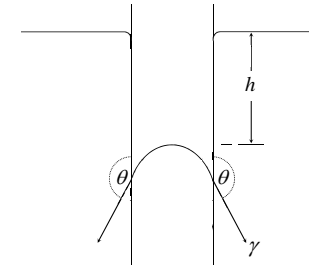
$$F_{up} = F_{down}$$

$$2\pi r\gamma \cos \theta = \pi r^2 h \rho g$$

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

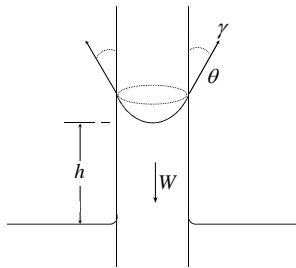


$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$



ถ้าแรงเชื่อมแน่นมีค่ามากกว่าแรงยึดติดมุมสัมผัสมีค่า $90^\circ < \theta < 180^\circ$
ระดับของของเหลวในหลอดจะสูงกว่าระดับของของเหลวในอ่าง

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$



ถ้าแรงยึดติดมีค่ามากกว่าแรงเชื่อมแน่น มุมสัมผัสมีค่า $0 < \theta < 90^\circ$
ระดับของของเหลวในหลอดจะสูงกว่าระดับของของเหลวในอ่าง

ตัวอย่างที่ 5 ฟองสบู่รูปทรงกลมกลวงรัศมี 0.8 cm ถ้าฟองสบู่มีความตึงผิว 0.08 N/m และความดันบรรยากาศเท่ากับ 10^5 N/m² จงหาความดันภายในฟองสบู่

