

## บทที่ 17 การขนส่งและการสื่อสาร

ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์มีส่วนช่วยให้การขนส่ง และการสื่อสารเจริญมากขึ้น แนวคิดหรือผลงานของนักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการของการขนส่ง และการสื่อสาร มีดังนี้

### วิวัฒนาการของการขนส่ง

การขนส่ง คือการเคลื่อนย้ายบุคคลหรือสิ่งของ จากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่ง โดยอาศัยอุปกรณ์ขนส่ง ซึ่งจำแนกเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

1. การขนส่งตามเส้นทางลำเลียง เป็นการขนส่งทางบก ทางเรือ หรือทางอากาศ และการขนส่งทางท่อ เช่นท่อน้ำมัน ท่อก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น
2. การขนส่งตามลักษณะการพาณิชย์ เช่น การขนส่งภายใน และภายนอกประเทศ
3. การขนส่งตามลักษณะการให้บริการ แบ่งเป็น การขนส่งสาธารณะ และการขนส่งเอกชน

การขนส่งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ เป็นรูปแบบใหญ่ๆ ของการขนส่ง ที่ถูกแบ่งย่อยเส้นทางการลำเลียง ในปัจจุบัน

การขนส่งทั้งสามแบบ มีวิวัฒนาการดังนี้

1. การขนส่งทางบก เปลี่ยนจากการใช้ลาเคลื่อน มีสัตว์เป็นแรงงาน มาเป็นการใช้รถบรรทุกทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ และการขนส่งทางรถไฟ
2. การขนส่งทางน้ำ วิวัฒนาการจากเรือแจว เรือนายที่ใช้แรงคนต่อ มาเป็นการใช้เรือใบ เรือสำเภา จนเรือเร็ว - เติบโตทะเล ที่ใช้เครื่องยนต์จักรกลเป็นพลังงานขับเคลื่อน
3. การขนส่งทางอากาศ เริ่มขึ้นประมาณ 100 ปีก่อน ตั้งแต่มลิ่งสองพี่น้องตระกูล Wright ประดิษฐ์เครื่องบินที่มีเครื่องยนต์เป็นแรงขับเคลื่อนได้สำเร็จ มีการสร้างทั้งเครื่องบินขนส่ง และเรือทะเลขนาดใหญ่ ปัจจุบันนี้ การเดินทางทางอากาศมีวิวัฒนาการที่ก้าวไกลมาก ตัวอย่างเช่น เครื่องบินโดยสารขนาดใหญ่ที่สามารถบินข้ามทวีปได้ เช่น MD-11 หรือ B747 หรือเครื่องบินโดยสารความเร็วเหนือเสียง Concorde เป็นต้น

เนื้อหาสำคัญเกี่ยวกับการคำนวณของบทที่ 17 ประกอบด้วยเรื่องต่างๆ ต่อไปนี้

### 1) การทดสอบแรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ

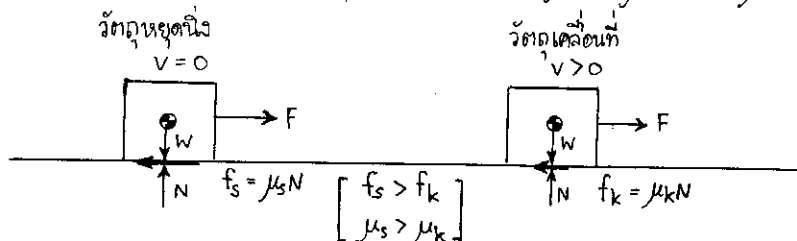
- พิจารณาสัมประสิทธิ์แล้ว หากวัตถุมีสัมประสิทธิ์ที่สั้น จะมีแรงเสียดทานน้อยกว่าวัตถุที่มีสัมประสิทธิ์สูง
- พิจารณามวลของวัตถุแล้ว วัตถุที่มีมวลมาก จะมีแรงเสียดทานมากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย

จากผลสรุปข้างต้น ทำให้ทราบได้ว่า แรงเสียดทานจะเพิ่มมากขึ้น หากแรงกดระหว่างผิวสัมผัสมีมากขึ้น การหาอัตราส่วนระหว่างแรงที่ดึงวัตถุให้เคลื่อนที่กับแรงกดบนผิวสัมผัส เรียกว่า สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ( $\mu$ )

มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 2 ชนิด คือ

1. ถ้าวัตถุมวล  $m$  อยู่นิ่ง เมื่อออกแรงดึงวัตถุจากภาวะอยู่นิ่งให้เคลื่อนที่ จะมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต ( $\mu_s$ )
2. เมื่อวัตถุมวล  $m$  เคลื่อนที่ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นกับวัตถุที่เคลื่อนที่ เรียกว่า สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ ( $\mu_k$ )

★ พิจารณาวัตถุก้อนเดียวกันแล้ว  $\mu_s > \mu_k$  หรือ  $\mu_k < \mu_s$  เสมอ ★



สูตรพื้นฐานที่ใช้คำนวณเรื่องแรงเสียดทาน คือ  $f = \mu N$  มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

เมื่อ  $\mu$  คือสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน เป็นปริมาณที่ไม่มีหน่วย

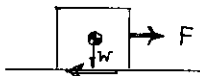
N คือแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำกับวัตถุ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N) เช่นเดียวกับ f

สมมติสถานการณ์ เมื่อออกแรงดึง  $F$  N กับก้อนไม้มวล  $m$  กิโลกรัมที่วางอยู่บนพื้น จนก้อนไม้เริ่มเคลื่อนที่ จงหาสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

จากสูตร  $f = \mu N$  หรือ  $f$  คือแรงเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นผิวสัมผัส

ไม่ว่าวัตถุจะมีมวลเท่าใด หรือพื้น / ผิววัตถุ จะเปลี่ยนแปลงไหนก็ตาม แรงเสียดทาน (f) จะเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณสูตรข้างต้น การออกแรง (F) คือวัตถุให้ขยับ

- ถ้าแรงดึง F น้อยกว่าแรงเสียดทาน f วัตถุก็ไม่ขยับ
- ถ้าแรงดึง F เท่ากับแรงเสียดทาน f วัตถุจะเริ่มขยับ และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (ความเร่ง  $a = 0$ )
- ถ้าแรงดึง F มากกว่าแรงเสียดทาน f วัตถุจะขยับ และเคลื่อนที่โดยมีความเร่ง (ความเร่ง  $a > 0$ )



$$f = \mu N$$

$$F < f$$

$$V = 0$$

$$a = 0$$

วัตถุไม่ขยับ



$$f = \mu N$$

$$F = f \text{ (Newton's 1st Law)}$$

วัตถุเริ่มขยับ และขยับ

$\mu_s$  ถูกเปลี่ยนเป็น  $\mu_k$

$$f_k < f_s$$

$$V = \text{ค่าคงที่} \text{ เพราะ } F - f = 0$$

$$a = 0$$



$$f = \mu N$$

$$F > f \text{ (Newton's 2nd Law)}$$

วัตถุขยับแบบมีความเร่งเป็นบวก

$\mu_k$  เป็นค่าคงที่

$$f_k < f_s$$

$$\text{ค่า } V \text{ เพิ่มขึ้น หรือ } V > 0$$

$$\text{และ } a > 0$$

ดังนั้น ถ้าออกแรงน้อยกว่าแรงเสียดทาน วัตถุก็ไม่ขยับ

ถ้าออกแรงอย่างหนึ่งเท่ากับแรงเสียดทาน วัตถุจะเริ่มขยับ และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ( $v = \text{const.}, a = 0$ )

เมื่อออกแรงมากกว่าแรงเสียดทาน วัตถุจะขยับ และเคลื่อนที่โดยมีความเร่งด้วย ( $v > 0, a > 0$ )

ตัวอย่างที่ 1  
วิธีทำ

เมื่อออกแรงดึง 40 นิวตัน กับก้อนไม้มวล 8 กิโลกรัม แล้วก้อนไม้เริ่มเคลื่อนที่ จงหาสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

จากสูตร  $f = \mu N$

หาค่า  $\mu$  ได้  $\mu = \frac{f}{N}$

แทนค่า  $f = 40 \text{ N}$  และ  $N = mg = 8(9.81) \text{ N}$

ดังนั้น  $\mu = \frac{40}{8(9.81)} = \frac{5}{9.81} = 0.51$  ตอบ

ตัวอย่างที่ 2  
วิธีทำ

หากแผ่นไม้ไผ่บรรทุกมวลขนาด 5.2 กิโลกรัม ดึงให้เคลื่อนที่โดยใช้แรง 150 N จงหาค่า  $\mu$  ของผิวสัมผัส

จากสูตร  $f = \mu N$

หาค่า  $\mu$  ได้  $\mu = \frac{f}{N}$

แทนค่า  $f = 150 \text{ N}$  และ  $N = mg = (5.2)(9.81) \text{ N}$

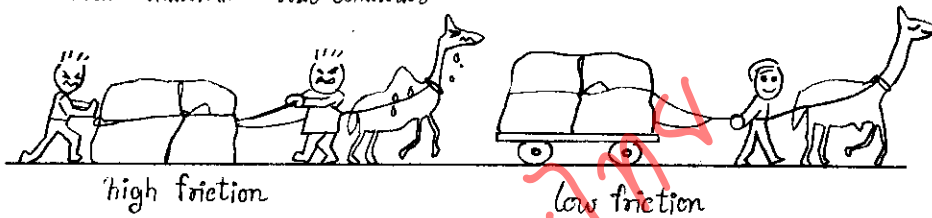
ดังนั้น  $\mu = \frac{150}{(5.2)(9.81)} = 2.94$  ตอบ

ตัวอย่างที่ 3 วัตถุมวล 25 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนพื้นราบที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นกับวัตถุ เป็น 0.3 ให้หาขนาดแรงเสียดทานที่พื้นกระทำกับวัตถุนั้น

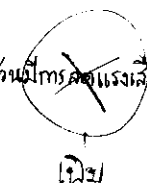
วิธีทำ แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำกับวัตถุ เท่ากับแรงที่วัตถุกดพื้น (หรือ น้ำหนัก) คือ  $= 25 \times 9.81 = 245.25 \text{ N}$   
 จากสูตร  $f = \mu N$  แทนค่า  $\mu = 0.3$  และ  $N = 245.25 \text{ N}$   
 จะได้  $f = (0.3)(245.25)$   
 $= 73.575 \text{ N}$  ตอบ

ไม่อย่างนั้น ถ้าดึง หรือ เจนวัตถุให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นนั้น จะต้องออกแรงมากเพื่อดึงวัตถุให้เคลื่อนที่ แต่มีล้อลดแรงเสียดทานแล้วนี้ได้อิทธิพลใช้ล้อ (wheel)

“ ไม่มีล้อ ออกแรงมาก ใช้ล้อ ออกแรงน้อย ”



- วัตถุชนิดเดียวกัน ถ้ายกไว้รถลาก แล้วลากไปบนพื้น จะลากง่ายกว่าไม่มีล้อ เหมาะคือเป็นล้อเดี่ยวที่สร้างแรงเสียดทานกับพื้นผิว
- แม้จะใช้ล้อ เพื่อลดแรงเสียดทาน แต่ล้อก็ต้องมียาง และมีดอกยาง เพื่อให้รถวิ่งได้ หรือเกาะถนนได้สิ่งอื่น ถ้าไม่มีแรงเสียดทานระหว่างล้อกับพื้นผิวแล้วล่ะก็ ล้อจะหมุนฟรี ทำให้รถไม่เคลื่อนที่เลย เมื่อฝนตก น้ำฝนจะเป็นตัวลดแรงเสียดทาน ทำให้รถลื่น และเกิดอุบัติเหตุได้
- จะเห็นได้ว่า บางส่วนของยานพาหนะก็มีการลดแรงเสียดทาน ในขณะที่ส่วนที่บางส่วนมีการลดแรงเสียดทาน เพื่อให้ยานพาหนะวิ่งได้เร็วขึ้น และปลอดภัย



2. การขนส่งทางน้ำ มนุษย์ใช้แพ เพื่อเดินทางทางน้ำ และเริ่มประดิษฐ์เรือ

รู้ไหมว่า ? - ถ้ามีวัตถุที่ลอยน้ำได้ เช่น แก่งไม้ มาเปรียบเทียบกับน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับแก่งไม้ น้ำจะมีมวลมากกว่า ทราบได้โดยการนำแก่งไม้ และน้ำที่มีปริมาตรเท่ากันไปชั่งน้ำหนัก

- เมื่อเปรียบเทียบมวลของวัตถุที่ลอยน้ำ กับมวลของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุก้อนนั้น จะพบว่ามวลของวัตถุมีค่าน้อยกว่า หมายถึงว่า วัตถุมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำนั่นเอง

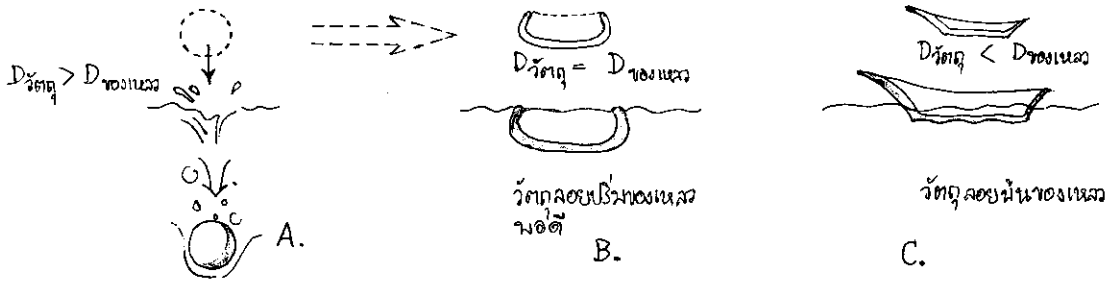
- ความหนาแน่นของวัตถุใด ๆ คือ มวลของวัตถุ หารด้วยปริมาตร ของวัตถุนั้นเอง

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{มวล}}{\text{ปริมาตร}}$$

- ทุกคนทราบว่า วัตถุที่ลอยน้ำได้เหมือนกัน โลกจะหนักกว่าน้ำ มันจึงจมน้ำ แต่ทำไมเราจึงให้โลหะมวลหนัก ๆ มีปริมาตรมากกว่าน้ำ หรือกล่าวอย่างง่าย ๆ ก็ให้มันมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ มันจะลอยน้ำขึ้นก็

★ หรือกล่าวอย่างง่าย ๆ ที่มวลเท่ากัน ถ้าต้องการให้ของแข็งลอยบนของเหลว ต้องทำให้มันมีปริมาตรมากกว่าของเหลวนั้น ๆ นี้จากรูปเศษส่วน  $\frac{\text{มวล}}{\text{ปริมาตร}}$  ถ้าปริมาตรมากขึ้นเรื่อย ๆ ผลลัพธ์จากการหาร จะยิ่งลดลงตาม ซึ่งผลลัพธ์การหารที่ลดลงก็คือ ความหนาแน่นนั่นเอง

พิจารณารูปดังนี้



ให้โลหะทรงกลม ปริมาตร  $A$  ที่ แล้ว ตักน้ำมาปริมาตร  $A$  ที่ เช่นกัน นำมาหามวลของทั้งสอง โดยการชั่งน้ำหนักปรากฏว่า  $m_{ลูกเหล็ก} > m_{น้ำ}$  (แน่นอนว่าโลหะย่อมหนักกว่าน้ำอยู่แล้ว) ที่ใช้ความหนาแน่น  $\rho_{โลหะ} > \rho_{น้ำ}$  เราได้กำหนดไว้ก่อนแล้วว่า ถ้าลูกเหล็กจมไปปล่อยลงน้ำตามรูป A. ลูกเหล็กซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ต้องจมแน่นอน พอปล่อยจากมือปั๊บ จ่อม!ทันที จมวัดเลยครั้บ

ทีนี้เราไปขอมให้มันเจม ก็เลยหาค้นหาผลใหม่เป็นรูปเรือที่กลวงตรงกลาง จากสูตร  $D = \frac{m}{V}$  เมื่อเราเพิ่มปริมาตรหรือค่า  $V$  จึงทำให้  $D$  - density หรือความหนาแน่นของมันลดทันทึ่

- ถ้าความหนาแน่นของวัตถุ มากกว่าของเหลว วัตถุจะจมในของเหลว ดังรูป A
  - ถ้าความหนาแน่นของวัตถุ เท่ากับของเหลว วัตถุจะลอยปริ่มของเหลว ดังรูป B
- กรณีที่ 2 นี้ เสร็จแล้ววัตถุมีสภาพเป็นของเหลวมันเอง (เพราะ  $D_{วัตถุ} = D_{ของเหลว}$ )
- ถ้าความหนาแน่นของวัตถุ น้อยกว่าของเหลว วัตถุจะลอยน้้นของเหลว ส่วนจะลอยน้้นมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับกรปรับเทียบ ความหนาแน่นวัตถุ กับ ความหนาแน่นของเหลว คร้บ ดังรูป C

มองในมุมกลับกัน เรือที่ลอยเหนือน้ำ เพราะ  $D_{เรือ} < D_{น้ำ}$  เมื่อเรือรั่ว น้ำไหลเข้าเรือ ทำให้มวลเรือเพิ่มขึ้น  $D_{เรือ}$  จึงเพิ่มขึ้น จนทำให้  $D_{เรือ} = D_{น้ำ}$  ตรงนี้ เรือจะจมปริ่มน้ำพอดี พอน้ำเข้าเรือจนเต็ม ทำให้  $D_{เรือ} > D_{น้ำ}$  ดังนั้นเรือรั่ว จึงจมน้ำใจครั้บ

\* แรงลอยตัว (buoyancy) เป็นแรงที่ของเหลวพุ่งวัตถุขึ้น เมื่อวัตถุอยู่ในของเหลว โต แรงลอยตัวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่วัตถุแทนที่ ดังนั้น น้ำหนักของวัตถุที่ตั้งในของเหลว จะน้อยกว่าน้ำหนักของวัตถุที่ตั้งบนพื้นโลก เพราะของเหลวมีแรงลอยตัวคอยชวยใจ ยิ่งความหนาแน่นวัตถุ < ความหนาแน่นของเหลวมากเท่าใด จะยิ่งมีแรงลอยตัวมากเท่านั้น โดยแรงลอยตัวขึ้นอยู่กับขนาด (ปริมาตร) และมวล ของวัตถุ กับความหนาแน่นของของเหลว นั้นเอง

อาร์คิมิดีส ได้กล่าวไว้ว่า “ เมื่อส่วนใดส่วนหนึ่งของวัตถุ หรือวัตถุทั้งก้อนจมอยู่ในของเหลว จะมีแรงลอยตัวกระทำกับวัตถุ นั้น เท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่ ”

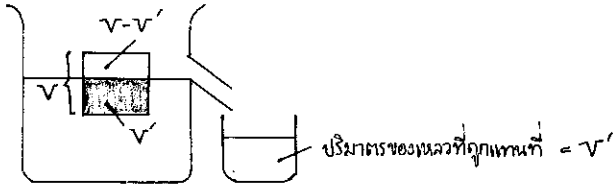
ดังนั้น เมื่อวัตถุลอยในของเหลว อาจเขียนย่อๆ ได้ดังนี้

<p>แรงลอยตัว = น้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่</p> <p>หรือ</p> <p>= น้ำหนักของวัตถุที่ตั้งในอากาศ</p> <p>ปริมาตรของวัตถุที่จมในของเหลว = ปริมาตรของของเหลวที่ถูกแทนที่</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ที่ขนาดเรา หย่อนวัตถุลงในของเหลว แล้วมันยังลอยได้ ไม่จม แสดงว่าแรงลอยตัวสามารถถ่วงน้ำหนักได้ ทั้งก่อนหรือคิดง่ายๆว่า แรงลอยตัว เท่ากับ น้ำหนักของมันที่ตั้งบนพื้นดินนั้นเอง

☑ เมื่อวัตถุลอยอยู่ในของเหลว แสดงว่า  $D_{วัตถุ} < D_{ของเหลว}$

สมมติว่า วัตถุมวล  $M$  kg มีความหนาแน่น  $D$   $\text{kg}/\text{m}^3$  ปริมาตร  $V$   $\text{m}^3$  ลอยในของเหลวที่มีความหนาแน่น  $d$   $\text{kg}/\text{m}^3$  วัตถุมีปริมาตรส่วนที่จมในของเหลวคือ  $V'$   $\text{m}^3$  (เท่ากับปริมาตรของของเหลวที่ถูกแทนที่  $= V'$   $\text{m}^3$ ) ทำให้ปริมาตรวัตถุที่โผล่พ้นของเหลวมีเพียง  $V - V'$   $\text{m}^3$



เมื่อวัตถุลอยตัวนิ่ง

มวล = ความหนาแน่น  $\times$  ปริมาตร

น้ำหนักวัตถุ = แรงลอยตัว = น้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่

$$DV = dV' \quad \text{ดังนั้น} \quad D = \frac{dV'}{V}$$

ปริมาตรของวัตถุในส่วนที่จม = ปริมาตรของของเหลวที่ถูกแทนที่

☑ เมื่อวัตถุลอยปริมาณของเหลวพอดี แสดงว่า  $D_{วัตถุ} = D_{ของเหลว}$

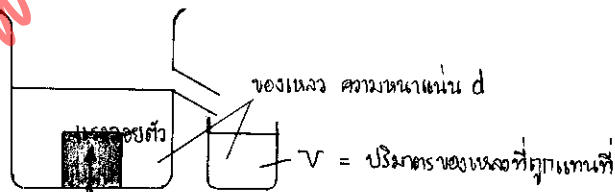
ปริมาตรของเหลวที่ถูกวัตถุแทนที่  
แรงลอยตัว = ปริมาตรของวัตถุทั้งหมดที่จมในของเหลว  
= น้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่ หรือ  
= น้ำหนักของวัตถุชิ้น (ที่ถูกจุ่มขึ้นนั้น)



☑ เมื่อวัตถุจมในของเหลว แสดงว่า  $D_{วัตถุ} > D_{ของเหลว}$

ปริมาตรของวัตถุทั้งหมดที่จม = ปริมาตรของของเหลวที่ถูกแทนที่

น้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่ = น้ำหนักของวัตถุที่ห่อไปในของเหลว



$W$  : น้ำหนักวัตถุ > แรงลอยตัว

วัตถุมวล  $M$  kg ปริมาตร  $V$   $\text{m}^3$  ความหนาแน่น  $D$   $\text{kg}/\text{m}^3$  จมในของเหลวซึ่งมีความหนาแน่น  $d$   $\text{kg}/\text{m}^3$  เมื่อจุ่มแล้ว ทงตัวนิ่งในภาชนะ:

$$\text{น้ำหนักวัตถุ} = M = DV$$

$$\text{แรงลอยตัวของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุ} = dV$$

เมื่อวัตถุจมในของเหลว แสดงว่า น้ำหนักวัตถุ > แรงลอยตัว

$$DV > dV \quad \text{หรือ} \quad D > d$$

จมมตอ้า ซึ่งวัตถุในน้ำเกลือ ซึ่ง  $D_{\text{น้ำเกลือ}} > D_{\text{น้ำ}}$  น้ำหนักวัตถุในน้ำเกลือ จะน้อยกว่าน้ำหนักวัตถุเมื่อจุ่มลงในน้ำ เพราะน้ำเกลือมีแรงลอยตัวมากกว่าน้ำ (เพราะน้ำมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำเกลือ)

เมื่อวัตถุจุ่มลงในของเหลวที่มีแรงลอยตัวกระทำกับวัตถุขึ้น น้ำหนักของวัตถุที่หายไปในช่วงเวลา จะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่ด้วยวัตถุชิ้นนี้ หลักการของแรงลอยตัวนี้ ถูกนำไปสร้างแผน เรือ โป๊ะ หรือสิ่งอื่นๆที่ลอยน้ำได้

ตัวอย่างการคำนวณเรื่อง แรงลอยตัวของวัตถุ

ตัวอย่างที่ 1 วัตถุชนิดหนึ่ง ซึ่งในอากาศมวล 800 g ปล่อยให้จุ่มในน้ำที่อุณหภูมิห้อง วัตถุจมนลงไปใต้น้ำ จนน้ำล้นออกมาได้ ปริมาตร 10 cm<sup>3</sup> จงหาความหนาแน่นของวัตถุชนิดนี้

วิธีทำ ปริมาตรของวัตถุมีค่าเท่ากับปริมาตรของน้ำที่ล้นออกมา คือ 10 cm<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} \text{ความหนาแน่นของวัตถุ} &= \frac{\text{มวลของวัตถุ}}{\text{ปริมาตรของวัตถุ}} \\ &= \frac{800}{10} = 80 \text{ g/cm}^3 \end{aligned} \quad \text{ตอบ}$$

ตัวอย่างที่ 2 โลหะชนิดหนึ่ง ซึ่งในอากาศหนัก 1,500 g ปล่อยให้จุ่มในน้ำ (ไม่ถึงก้นภาชนะ) ซึ่งได้ 1,350 g จงหาความหนาแน่นของโลหะนั้น หากนำโลหะแท่งนี้ไปจุ่มในปรอท ซึ่งมีความหนาแน่น 13.6 g/cm<sup>3</sup> โลหะแท่งนี้จะมีน้ำหนักเท่าใด

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{แรงลอยตัว} &= \text{น้ำหนักโลหะในอากาศ} - \text{น้ำหนักโลหะในน้ำ} \\ &= 1,500 - 1,350 \\ &= 150 \text{ g} \end{aligned}$$

ซึ่งแรงลอยตัว = น้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับปริมาตรของโลหะ

ใจหัดต่อการหาความหนาแน่นของโลหะ =  $\frac{\text{มวลของโลหะ}}{\text{ปริมาตรของโลหะ}}$

ซึ่งเราทราบค่า "มวล" ของโลหะแล้ว คือ 150 g แต่ยังไม่ทราบปริมาตรของมัน ทราบเพียงว่าปริมาตรของมันเท่ากับ - ปริมาตรของน้ำที่ล้นออกมา

$$\text{จากความหนาแน่นของน้ำ} = \frac{\text{มวลของน้ำ}}{\text{ปริมาตรของน้ำ}}$$

ดังนั้น • ปริมาตรของน้ำ =  $\frac{\text{มวลของน้ำ}}{\text{ความหนาแน่นของน้ำ}}$  (น้ำมีความหนาแน่น 1 g/cm<sup>3</sup>)

$$= \frac{150}{1} = 150 \text{ cm}^3$$

ดังนั้นโลหะนี้มีความหนาแน่น

$$= \frac{\text{มวลของโลหะ}}{\text{ปริมาตรของโลหะ}}$$

$$= \frac{1500}{150} = 10 \text{ g/cm}^3$$

ความหนาแน่นของโลหะคือ 10 g/cm<sup>3</sup> < ความหนาแน่นของปรอทคือ 13.6 g/cm<sup>3</sup> ดังนั้นถ้านำไปจุ่มในปรอทแล้ว น้ำหนักของโลหะจะเป็นศูนย์ หมายถึงความหนาแน่นของโลหะน้อยกว่าปรอท

ตอบ

ตัวอย่างที่ 3 ฝังวัตถุในอากาศได้หนัก (มวล) 50 g แต่ฝังในน้ำจะหนักเพียง 30 g เมื่อนำไปฝังในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง มีน้ำหนัก 34 g จงหาความหนาแน่นของของเหลวนี้

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{แรงลอยตัว} &= \text{น้ำหนักวัตถุในอากาศ} - \text{น้ำหนักวัตถุในน้ำ} \\ &= 50 - 30 = 20 \text{ g} = \text{มวลของน้ำที่ล้นออกมา} \end{aligned}$$

นี้มีความหนาแน่น  $1 \text{ g/cm}^3$  ปริมาตรของวัตถุ เท่ากับ ปริมาตรของน้ำที่ล้นออกมา

$$\text{ปริมาตรของน้ำ} = \frac{\text{มวลของน้ำที่ล้นออกมา}}{\text{ความหนาแน่นของน้ำ}} = \frac{20}{1} = 20 \text{ cm}^3 \text{ ปริมาตรของวัตถุ}$$

ถ้าฝังวัตถุปริมาตร  $20 \text{ cm}^3$  ไปฝังในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง แล้วหนัก 34 g แล้วว่าน้ำหนักหายไป  $50 - 34 = 16 \text{ g}$  น้ำหนัก 16 g (ของวัตถุปริมาตร  $20 \text{ cm}^3$ ) ที่หายไปนี้ คือแรงลอยตัวนั่นเอง และเท่ากับน้ำหนักของเหลวที่ล้นออกมาสิ้น - ปริมาตร  $20 \text{ cm}^3$  ด้วย ดังนั้น

$$\text{ความหนาแน่นของของเหลว} = \frac{\text{มวลของเหลว}}{\text{ปริมาตรของเหลว}} = \frac{16}{20} = 0.8 \text{ g/cm}^3 \quad \text{ตอบ}$$

ตัวอย่างที่ 4 วัตถุรูปทรงลูกบาศก์มีความยาวด้านละ 10 cm มีความหนาแน่น  $0.7 \text{ g/cm}^3$  เมื่อนำไปใส่ในถังที่มีน้ำเกลืออยู่เต็มเปรี๊ จงหาว่าน้ำเกลือล้นออกมาที่ลูกบาศก์กี่เซนติเมตร ถ้าความหนาแน่นของน้ำเกลือเท่ากับ  $1.4 \text{ g/cm}^3$

วิธีทำ

เพราะความหนาแน่นของวัตถุ < ความหนาแน่นของน้ำเกลือ วัตถุจึงลอยได้ในน้ำเกลือ

$$\text{ปริมาตรของน้ำเกลือที่ล้นออกมา} = \frac{\text{มวลของน้ำเกลือที่ล้นออกมา}}{\text{ความหนาแน่นของน้ำเกลือ}}$$

ซึ่ง มวลของน้ำเกลือที่ล้นออกมา = แรงลอยตัวของน้ำเกลือ

$$\text{จากสูตร } d = \frac{m}{V} \text{ ดังนั้น } m = dV$$

$$\text{มวลวัตถุ} = \text{มวลน้ำเกลือที่ล้นออกมา}$$

$$0.7 \times 10^3 = (1.4) \times V_{\text{น้ำเกลือ}}$$

$$\text{ดังนั้น } V_{\text{น้ำเกลือ}} = \frac{0.7 \times 10^3}{1.4} = 500 \text{ cm}^3$$

ดังนั้น น้ำเกลือล้นออกมา  $500 \text{ cm}^3$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 5 ไม้จันทน์มีความหนาแน่น  $0.8 \text{ g/cm}^3$  เมื่อนำไปใส่ลงในของเหลวชนิดหนึ่ง ปรากฏว่ามีจมน้ำของเหลวพอดี และมีของเหลวล้นออกมา  $12 \text{ cm}^3$  จงหา

วิธีทำ

1. แรงลอยตัวของของเหลว
  2. ความหนาแน่นของของเหลว
  3. น้ำหนักของวัตถุ
1. หาแรงลอยตัวของของเหลว = น้ำหนักของของเหลวที่ล้นออกมา (จาก  $d = \frac{m}{V}$  ดังนั้น  $m = dV$ )  
 = ความหนาแน่นของของเหลว  $\times$  ปริมาตรที่ล้นออกมาของของเหลว  
 =  $0.8 \times 12 = 9.6 \text{ g}$
  2. ความหนาแน่นของของเหลว = ความหนาแน่นของวัตถุ =  $0.8 \text{ g/cm}^3$  เพราะวัตถุจมน้ำของเหลวพอดี
  3. น้ำหนักของวัตถุ = น้ำหนักของเหลวที่ล้นออกมา  
 = แรงลอยตัว  
 =  $9.6 \text{ g}$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 6 โลหะกลวงลงในแก้วที่มีน้ำปริมาณหนึ่ง ทำให้น้ำล้นออกมา 30 cm<sup>3</sup> แต่เมื่อเอาวัตถุนี้ไปซึ่งน้ำจะยังมีมวล 200 กรัม ความหนาแน่นของโลหะเท่ากับ 8 g/cm<sup>3</sup> จงหาปริมาตรส่วนกลวงของโลหะก้อนนี้

วิธีทำ

น้ำล้นออกมา 30 cm<sup>3</sup> หมายความว่าวัตถุที่มีปริมาตร (V) = 30 cm<sup>3</sup>  
มวลของวัตถุ เท่ากับ 200 g

ดังนั้น ความหนาแน่นของวัตถุ =  $\frac{\text{มวลของวัตถุ}}{\text{ความหนาแน่น}}$

$$= \frac{200}{8} = 25 \text{ cm}^3$$

ปริมาตรโลหะทั้งก้อน = 30 cm<sup>3</sup> แต่คำนวณปริมาตรเปล่าๆ ได้เพียง 25 cm<sup>3</sup> เท่ากับน้ำที่ล้นออกมา

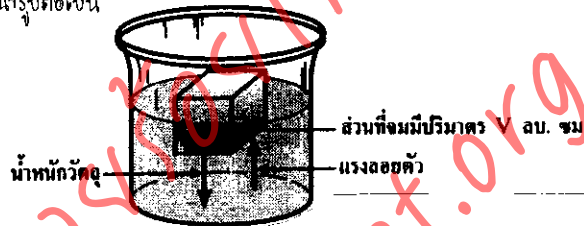
ดังนั้น ปริมาตรส่วนกลวง คือ ปริมาตรโลหะที่เท่ากับปริมาตรน้ำที่ล้นออกมา - ปริมาตรจากการคำนวณ

$$= 30 - 25 = 5 \text{ cm}^3 \quad \text{ตอบ}$$

ตัวอย่างที่ 7 วัตถุก้อนหนึ่ง มวล 200 g ปริมาตร 1,200 cm<sup>3</sup> ลอยอยู่ในน้ำ จงหาว่าวัตถุก้อนนี้ลอยอยู่ในน้ำ และจมอยู่ในน้ำเท่าใด และถ้าต้องการให้วัตถุจมปริมาณหนึ่ง ต้องกลมน้ำด้วยมวลขนาดเท่าใด

วิธีทำ

พิจารณารูปต่อไป



แรงกดเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุ = แรงลอยตัวที่เท่ากับน้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่

$$200 = \text{น้ำหนัก (มวล) ของน้ำที่ถูกแทนที่}$$

$$200 = \text{ความหนาแน่นของน้ำ} \times \text{ปริมาตรของน้ำที่ถูกแทนที่}$$

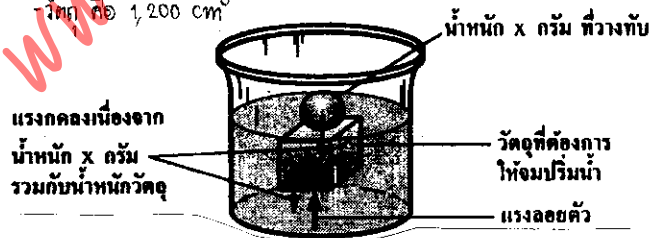
$$200 = 1 \times V_{\text{น้ำล้น}}$$

จาก  $d = \frac{m}{V}$   
จะได้  $m = dV$

ดังนั้น  $V_{\text{น้ำล้น}} = \frac{200}{1} = 200 \text{ cm}^3$

ปริมาตรน้ำที่ล้น เท่ากับปริมาตรของวัตถุที่จม เท่ากับ 200 cm<sup>3</sup> ดังนั้น วัตถุลอยมีปริมาตร 1,000 cm<sup>3</sup>

ถ้าต้องการให้วัตถุจมปริมาณหนึ่ง ต้องมีวัตถุอื่นมากลกับมัน ให้น้ำล้นออกมาเท่ากับปริมาตรของวัตถุ คือ 1,200 cm<sup>3</sup>



ให้ x เป็นน้ำหนักที่นำมาถลกับวัตถุ เพื่อให้วัตถุจมปริมาณหนึ่ง

แรงกดเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุ = แรงลอยตัวที่เท่ากับน้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่

$$200 + x = \text{ความหนาแน่นของน้ำ} \times \text{ปริมาตรของน้ำที่ถูกแทนที่}$$

$$200 + x = 1 \times 1,200$$

ดังนั้น  $x = 1,200 - 200 = 1,000 \text{ g}$

ต้องใช้น้ำหนัก 1,000 g มากลกับวัตถุนั้น จึงทำให้วัตถุจมปริมาณหนึ่ง ตอบ

ตัวอย่างที่ 8 ก้อนโลหะรูปทรงกระบอก สูง  $20 \text{ cm}^3$  พื้นี่หน้าตัด  $200 \text{ cm}^2$  เมื่อนำไปลอยในน้ำ ส่วนที่โผล่พ้นน้ำออกมา สูง  $8 \text{ cm}$  จงหาว่าปริมาตรของโลหะที่ใช้ทำก้อนมีเนื้อโลหะเท่าใด ถ้าหนักให้ ความหนาแน่นของโลหะ และน้ำ คือ  $8 \text{ g/cm}^3$  และ  $1 \text{ g/cm}^3$  ตามลำดับ

วิธีทำ

เนื่องจากก้อนโลหะ ลอยน้ำ มีมวลทั้งหมด บวส่วนโผล่พ้นน้ำ

ดังนั้น น้ำหนักของโลหะ = แรงลอยตัวที่เท่ากับ น้ำหนักของน้ำที่ล้นออก เพราะถูกแทนที่  
 มวลของเนื้อโลหะ = มวลของน้ำที่ถูกแทนที่

$$\text{เนื่องจาก } m = dV \quad ; \quad (8) V_{\text{โลหะ}} = (1) \times (200 \times (20 - 8))$$

$$8 V_{\text{โลหะ}} = 2400$$

$$\text{ดังนั้น } V_{\text{โลหะ}} = \frac{2,400}{8} = 300 \text{ cm}^3$$

ตอบ

ขณะที่วัตถุลอยอยู่ในของเหลว น้ำหนักของมันจะกลายเป็นศูนย์ เพราะน้ำหนักของวัตถุที่หายไปของเหลว มีค่าเท่ากับน้ำหนักของวัตถุที่กั้นในอากาศ แสดงว่าของเหลวมีแรงพยุงวัตถุทั้งก้อนไว้ได้ทั้งหมด



ในรูป ก. เมื่อเติมน้ำหนัก  $W_1$  ลงบนวัตถุ วัตถุจะจมลงเป็นปริมาตร  $V_2$  ส่วนที่โผล่ขึ้นมา  $V_1$  แต่เมื่อเติมน้ำหนัก  $W_2$  ลงไป วัตถุจะจมขี้นของเหลวพอดี ดังนั้น น้ำหนัก  $W_1 + W_2$  มีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตร  $V_1 + V_2$  หรือน้ำหนัก  $W_1$  มีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตร  $V_2$  และ  $W_1$  มีค่ามากกว่า  $W_2$  เพราะ  $V_2$  มีค่ามากกว่า  $V_1$

จากรูปนี้ แสดงว่า ปริมาตรส่วนที่ลอย มีมากเท่าไร สิ่งมีน้ำหนักได้มากขึ้น เช่นเดียวกับเรือบรรทุกสินค้า ที่ยิ่งเรือลอย-มากเท่าไร ก็ยิ่ง บรรทุกน้ำหนักได้มากขึ้นเท่านั้น



จากรูปบนแสดงเรือ เมื่อเรือลอยอยู่ในน้ำ จะรับน้ำหนักได้มากที่สุด  $W_1 + W_2$  โดยเรือยังไม่จม แต่ถ้าวัดน้ำหนักในทะเล จะรับน้ำหนักได้มากกว่านี้อีก เพราะน้ำทะเลมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ จึงมีแรงลอยตัวมากกว่า หากเรือบรรทุกน้ำหนักเพิ่มขึ้น จาก  $W_1$  เป็น  $W_1 + W_2$  จะทำให้ จุดศูนย์กลางของเรือจะสูงขึ้นกว่าเมื่อบรรทุกน้ำหนัก  $W_1$

# การบินทางอากาศ

มนุษย์ได้ค้นคว้าหาการบินได้เช่นนก มาชานแสนนาน จึงสร้างปีกมาติดกับแขนและโอดตกลงจากที่สูง เพื่อ "โบยบิน" แม้จะไม่ประสบความสำเร็จ แต่มนุษย์ก็ยังคิดหาวิธีบินให้ได้ จนมีการสร้างขลุ่ย เครื่องร่อน จนประสบความสำเร็จในการสร้างเครื่องบินที่ถูกขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ และมีคนบังคับ (ในวันที่ 17 ธ.ค. 1903 และครบรอบ 101 ปีในปัจจุบัน) เครื่องบินถูกมีมโนมานาจนทันสมัย ลีโอนูซีโน บินเร็วขึ้น สูงขึ้น ง่าย - และสะดวกสบาย นอกจากเครื่องบินปีกตรึง (fixed wing) แล้ว มนุษย์ยังสร้างเครื่องบินปีกหมุน (Rotary wing) หรือเฮลิคอปเตอร์ ที่สามารถบินขึ้นลงได้โดยไม่ต้องใช้ทางวิ่งอีกด้วย เราจะไปดูกันว่า เครื่องบินขึ้นได้อย่างไร

## การสร้างแรงยกของปีก

เราจะศึกษาความสัมพันธ์ง่าย ๆ ระหว่าง พื้นที่หน้าตัด ความเร็ว และความดัน ดังแสดงในรูปต่อไป

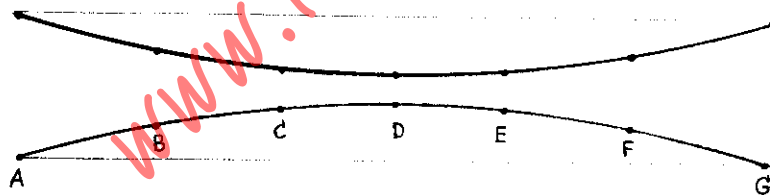


John ต้องมรดกน้ำต้นไม้ แต่สายยางของเขาสั้น ทำให้น้ำไม่ถึงต้นไม้ เขาคิดหาวิธีแก้ปัญหา ... แล้วเขาก็คิดได้ว่า ถ้าเขาเอาน้ำไปจุดที่ปลายท่อน้ำ น้ำต้องพุ่งไกล และถือต้นไม้แทนต้น เขาทำสำเร็จดังรูปต่อไปนี้



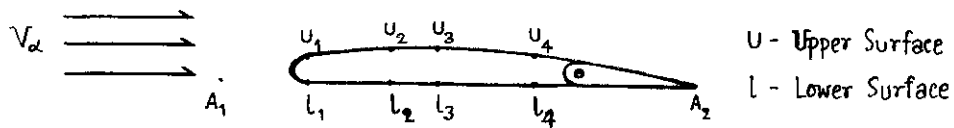
สายยางถูกน้ำอัด เหมือนพืนที่ทางออก - ของน้ำ น้อยกว่าพืนที่ทางเข้า ทำให้ - ความเร็วทางออก มากกว่าทางเข้า แม้สายน้ำจะเล็ก แต่ก็พุ่งเร็วและแรง

นักวิทยาศาสตร์ จึงทำการทดลอง โดยใช้ท่อตีบ - ท่าง (Convergent - divergent nozzle) เพื่อพิจารณา ความเร็ว และ ความดันที่เปลี่ยนไป เมื่อพืนที่หน้าตัดของท่อเปลี่ยนไป



จากท่อตีบ - ท่างข้างต้น วิเคราะห์พืนที่หน้าตัดแล้ว  $A = G$ ,  $B = F$ ,  $C = E$  โดยที่เมื่อพิจารณาขนาดของพืนที่หน้าตัดแล้ว  $A > B > C > D$  เมื่อไม่มีการไหลของอากาศผ่านท่อ ( $V=0$  และเท่ากันทุกจุด) ความดัน - ของทุกจุดก็เท่ากัน แต่เมื่อมีการไหลของกระแสอากาศเกิดขึ้น ปรากฏว่า ท่อฉีกตีบเท่าใด (จาก A ถึง D) ความเร็วยิ่งสูงขึ้น และ ความเร็วการไหลมีค่ามากที่สุดที่จุด D ( $V_A < V_B < V_C < V_D$  โดย  $V_D$  เร็วที่สุด) แต่ ถ้าพิจารณาความดันแล้ว ความดัน กลับลดลง และความดัน (สถิตย) ต่ำสุดที่จุด D ( $P_A > P_B > P_C > P_D$ ) ตรงไหนที่พืนที่หน้าตัดเท่ากัน จะมีความเร็วและ - ความดันเท่ากัน จากการทดลองดังกล่าว สรุปได้ว่า " ความเร็วเพิ่มขึ้น ความดันลดลง "

จึงมีผู้คิดสร้างรูปทรงที่สร้างความดันแตกต่าง เมื่อมีความเร็วขึ้น ดังรูป



ให้ U- Upper Surface คือผิวปีกด้านบน และ L- Lower Surface คือผิวปีกด้านล่าง อากาศซึ่งไหลเร็วเท่าใด ยิ่งทำให้ความดันที่ผิวปีกด้านบนลดลงมากเท่านั้น จากสูตร  $P = \frac{F}{A}$  เมื่อ P คือ pressure หรือความดัน

F คือ Force หรือแรง  
A คือ Area หรือพื้นที่ผิวสัมผัส

จากได้  $F = P \cdot A$  หาก P ได้จากผลต่างระหว่าง ความดันผิวปีกด้านล่าง - ความดันผิวปีกด้านบน ดังนั้น อากาศซึ่งไหลเร็วเท่าไร ผลต่างของความดันยิ่งมากขึ้นเท่านั้น เมื่อนำผลต่างนี้ไปคูณกับพื้นที่ผิวสัมผัสก็จะได้แรงลัพท์ ซึ่ง "แรงลัพท์นี้ ก็คือ แลยกนั่นเอง" เมื่อแรงยกมีค่ามากจนมากกว่าน้ำหนักของ เครื่องบินเมื่อใด เครื่องบินก็ลอยขึ้นทันที

? แล้วอะไรทำให้เกิดความเร็วล่ะครับ  $\rightarrow$  ก็เครื่องยนต์ไงครับ เครื่องยนต์สร้างการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของ เครื่องบิน และสร้างความเร็ว ความเร็วหรือ ความแตกต่างของ ความดัน ความแตกต่างของ ความดันสร้างแรงยก แรงยกมากกว่าน้ำหนักของเครื่องบินเมื่อใด...  
... ก็เข็นน้ำใจครับ ...

