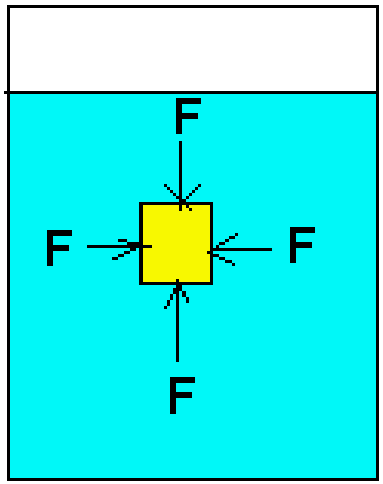
Lecture 6 : สมบัติเชิงกลของของเหลว

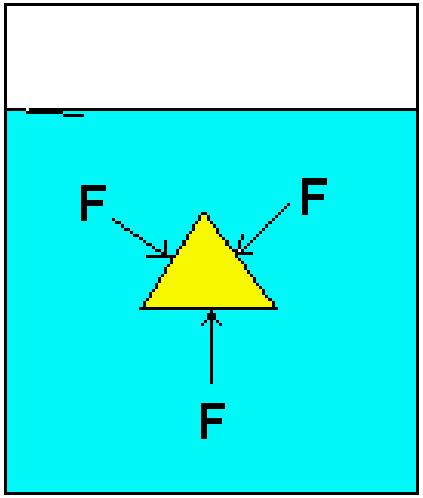
- แรงดันและความดันของของเหลว
- กฎของพาสคัล
- แรงลอยตัวและหลักของอาร์คิมีดิส
- ความตึงผิว
- ความหนืด
- หลักของแบร์นูลลี

แรงดันและความดันของของเหลว

แรงดันของของเหลว

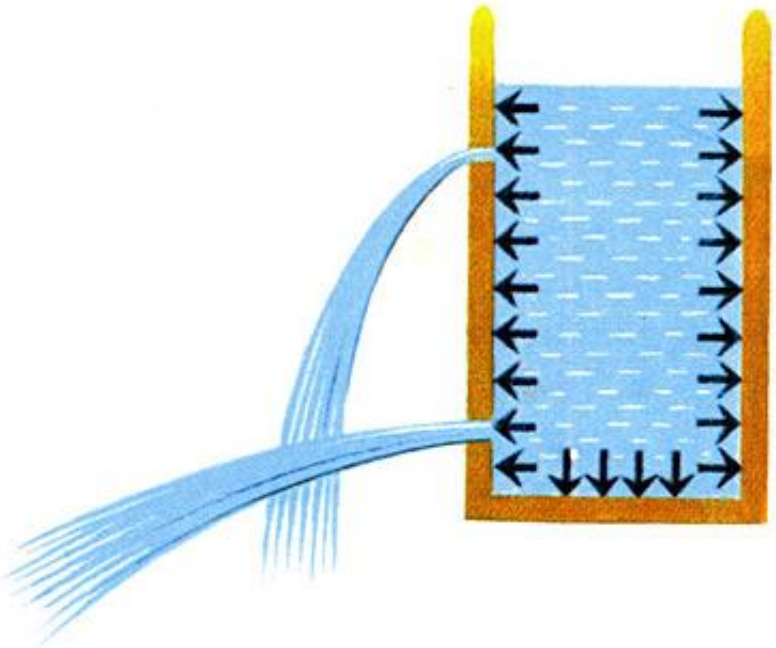
คือ แรงที่ของเหลวกระทำต่อสิ่งต่างๆ ที่ของเหลวสัมผัส เช่น ภาชนะที่บรรจุของเหลว แรงนี้เกิดขึ้นได้ทุกทิศทาง โดยจะกระทำในทิศทางที่ตั้งฉากกับพื้นที่ผิวของสิ่งที่ของเหลวสัมผัสด้วย

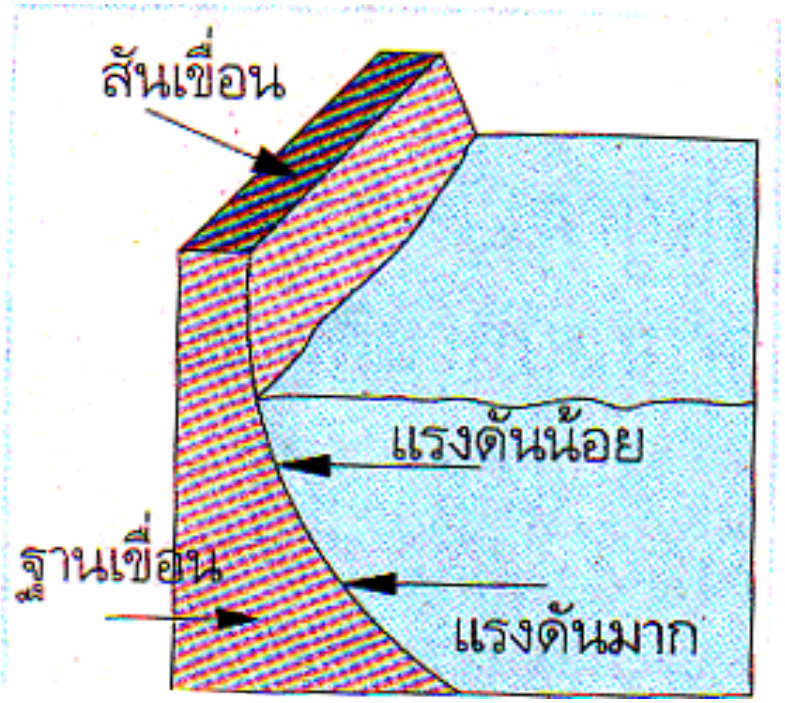




http://phys100.ccbcscience.org/lectures/pres1.gif

แรงดันของของเหลว





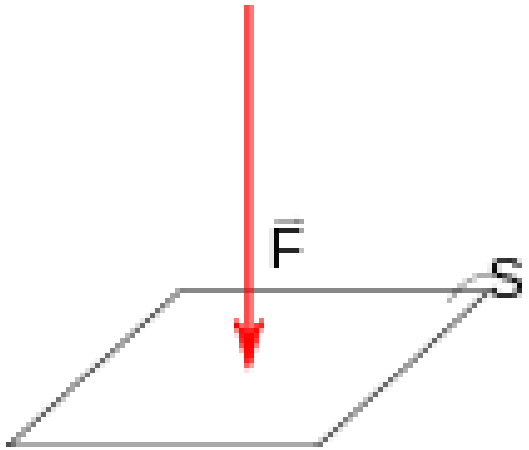
http://www.thaigoodview.com/files/u20428/n6-7_0.gif
http://www.wikipedy.com/images_p/p_3/pressure.jpg

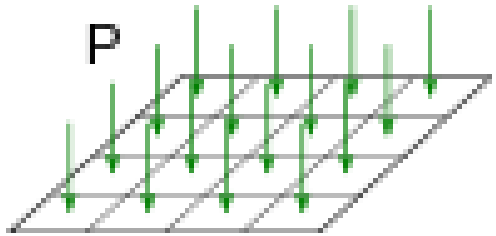
แรงดันและความดันของของเหลว

ความดันของของเหลว

คือ แรงดันของของเหลวที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

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





$\vec{P}$ = ความดัน (N/m^2)

$\vec{F}$ = แรงดันที่กระทำตั้งฉากกับพื้นที่ผิวสัมผัส (N)

A = พื้นที่หน้าตัวของผิวสัมผัส (m^2)

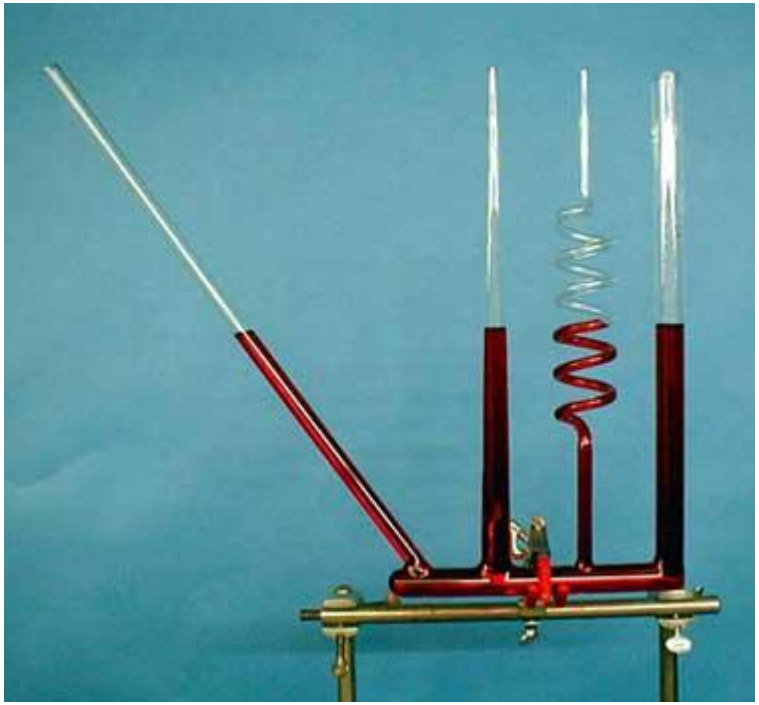
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d5/Pression_definition.svg/220px-Pression_definition.svg.png

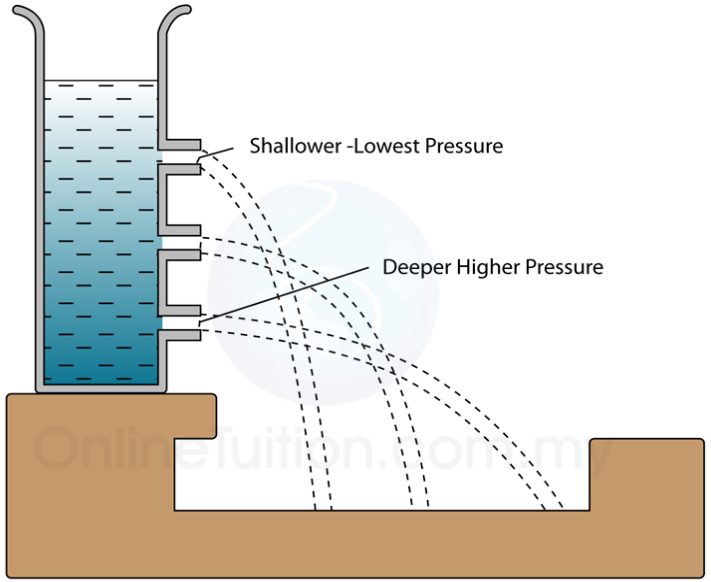
คุณสมบัติของความดัน

1. ความดันของของเหลวจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

   ก) ระดับความลึกจากผิวของของเหลว

   ข) ความหนาแน่นของของเหลว





แต่จะไม่ขึ้นกับ

"รูปร่างภาชนะที่บรรจุของเหลว"

https://www.physics.purdue.edu/demos/images/2B-03_sized.jpg
http://spmphysics.onlinetuition.com.my/2013/06/characteristics-of-liquid-pressure.html

แรงดันและความดันของของเหลว

คุณสมบัติของความดัน *(ต่อ)*

2. ความดันเป็นปริมาณเวกเตอร์ โดยจะมีทิศทางเดียวกันกับทิศทางของแรงดัน ซึ่งมีทิศตั้งฉากกับพื้นที่ผิวที่รองรับหรือผิวสัมผัส *(แต่ในบทนี้เราจะให้ความสนใจเฉพาะขนาดของความดัน)*

3. หน่วยอื่นๆ ของความดันที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ *พาสคัล (Pa)*, *บาร์ (bar)*, และ*บรรยากาศ*

$$1 \ Pa = 1 \ {}^{N}/_{m^2}$$

$$1 \ bar = 10^5 \ Pa$$

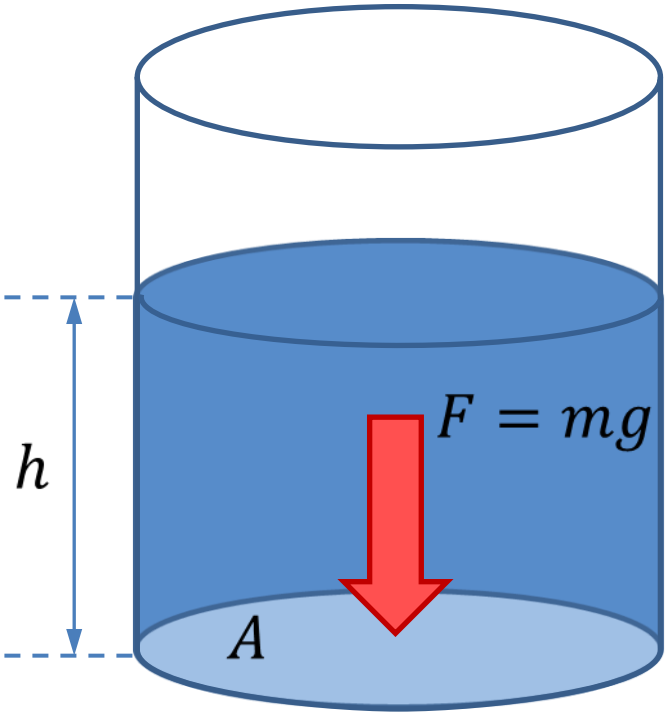
$$1 \text{ บรรยากาศ} = 1.013 \times 10^5 \ Pa$$

ความดันของของเหลว

จากคุณสมบัติความดันของของเหลว ที่จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

ก) ระดับความลึกจากผิวของของเหลว (h)

ข) ความหนาแน่นของของเหลว (ρ)



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

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

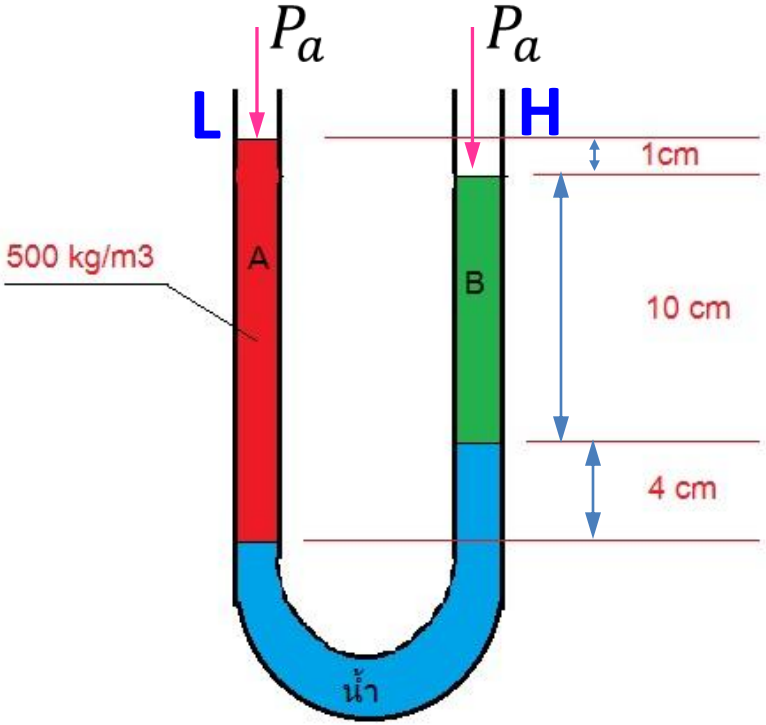
$$P = \frac{(\rho V)g}{A} = \frac{(\rho Ah)g}{A}$$

$$\therefore P = \rho gh$$

แรงดันและความดันของของเหลว

ตัวอย่างที่ 1 (หลอดรูปตัวยู)

ถ้าเทของเหลว 3 ชนิด คือ A, B และ น้ำใส่ในหลอดรูปตัวยู ดังรูป ถ้าความหนาแน่นของของเหลว A มีค่าเท่ากับ 500 kg/m^3 และน้ำมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1000 kg/m^3 ค่าความหนาแน่นของของเหลว B มีค่าเท่าใด



$$P_L = P_H$$

$$P_a + \rho_A g h_A = P_a + \rho_B g h_B + \rho_w g h_w$$

$$500 \times 0.15 = (\rho_B \times 0.1) + (1000 \times 0.04)$$

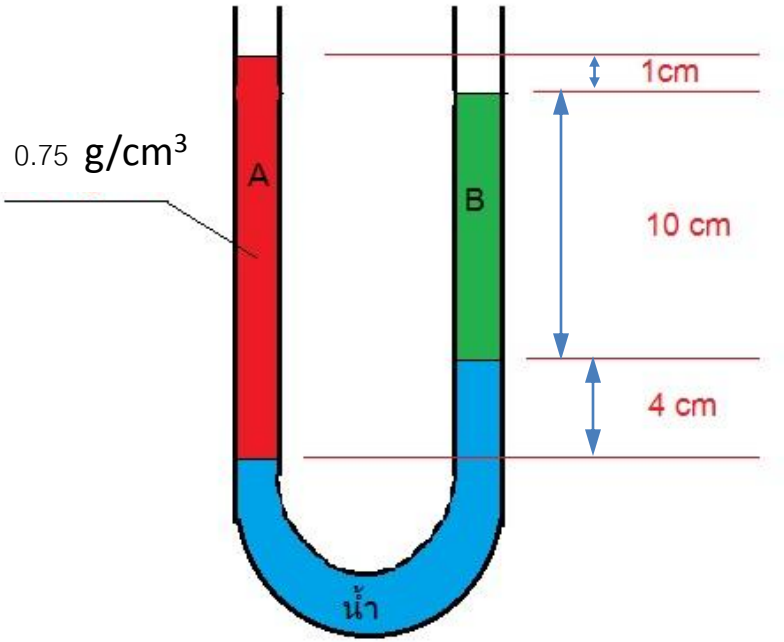
$$\rho_B = 350 \quad kg/m^3$$

Note : เพื่อความสะดวก การคำนวณโจทย์หลอดรูปตัวยู ให้ใช้ระดับต่ำสุดของรอยต่อของของเหลวเป็นระดับอ้างอิง

http://f.ptcdn.info/875/005/000/1370411809-pressurequ-o.jpg

การบ้าน 1 (หลอดรูปตัวยู)

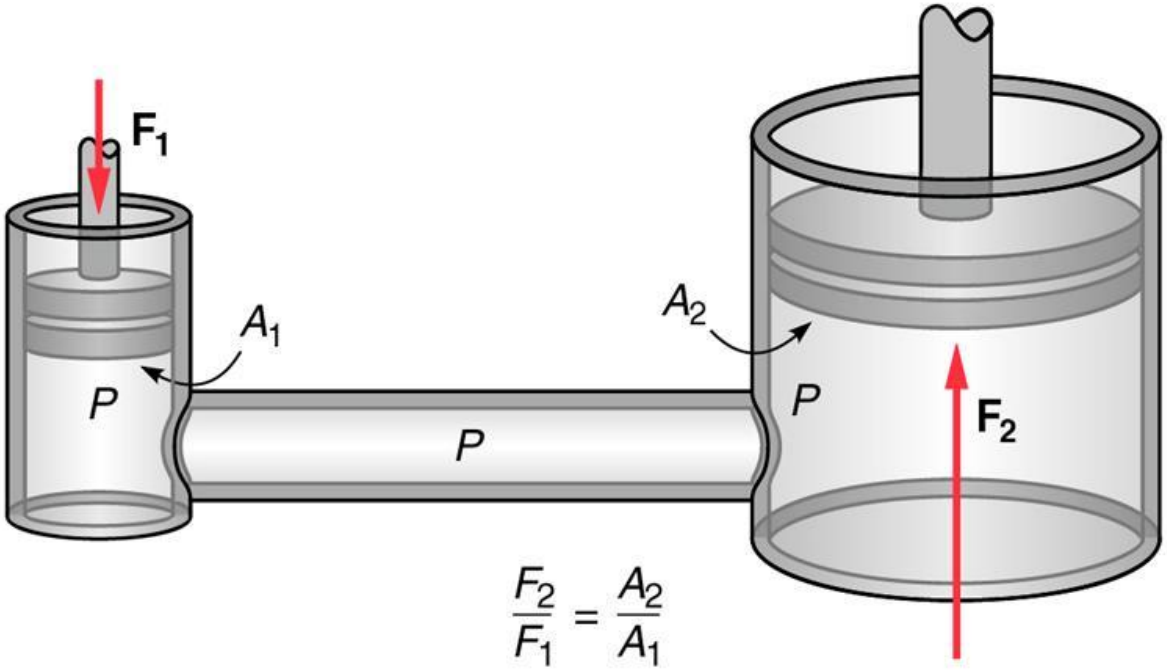
ถ้าเทของเหลว 3 ชนิด คือ A, B และ น้ำใส่ในหลอดรูปตัวยู ดังรูป ถ้าความหนาแน่นของของเหลว A มีค่าเท่ากับ 0.75 g/cm^3 และน้ำมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1 g/cm^3 ค่าความหนาแน่นของของเหลว B มีค่าเท่าใด



http://f.ptcdn.info/875/005/000/1370411809-pressurequ-o.jpg

กฎของพาสคัล

"เมื่อมีความดันภายนอกกระทำของเหลวที่อยู่ในภาชนะปิดที่จุดใดจุดหนึ่ง ความดันทำกระทำนั้นถูกส่งผ่านไปยังทุกส่วนของของเหลว โดยไม่เกิดการสูญเสีย ดังนั้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันภายในของเหลวที่ทุกๆ จุดเท่ากัน และมีค่ากับความดันภายนอกที่กระทำต่อของเหลวนั้นๆ"

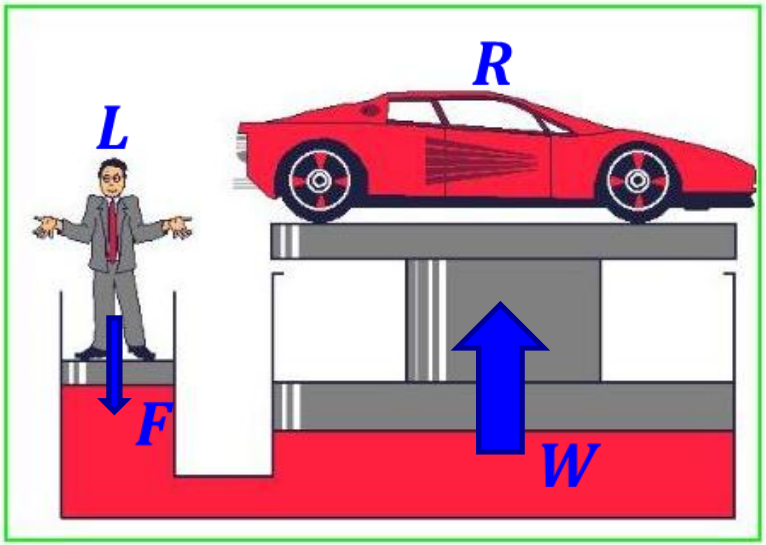


เครื่องอัดไฮดรอลิก

http://media.cheggcdn.com/media/250/2509d0e0-b0f4-44a8-b2b5-fc808ec7e815/phpjaku60.png

เครื่องอัดไฮดรอลิก

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการผ่อนแรง (ออกแรงน้อย เพื่อยกวัตถุที่หนักกว่า) ที่ทำงานโดยอาศัยหลักของพาสคัล



จากกฎของความดัน

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

จากกฎของพาสคัล

$$P_L = P_H$$

$$\therefore \frac{F}{a} = \frac{W}{A}$$

F = แรง/น้ำหนักกดทับทางลูกสูบเล็ก (L) (N)

W = แรง/น้ำหนักกดทับทางลูกสูบใหญ่ (R) (N)

A = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบใหญ่ (m^2)

a = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบเล็ก (m^2)

หรือ

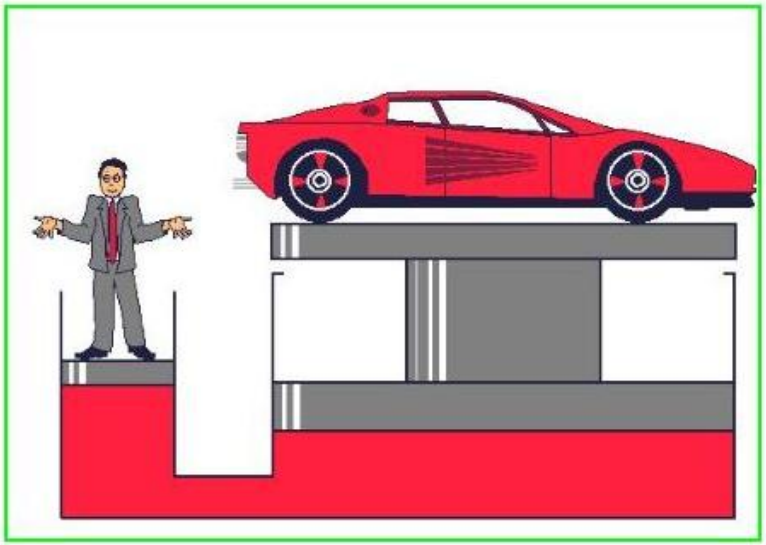
$$\therefore \frac{W}{F} = \frac{A}{a}$$

http://img.bhs4.com/44/5/44580298C750FB4C9ACE71EC8AE09E85EEB64092_large.jpg

แรงดันและความดันของของเหลว

ตัวอย่างที่ 2 เครื่องอัดไฮดรอลิก

จากรูป ถ้าชายคนหนึ่งต้องการออกแรงยกรถหนัก 1000 kg เขาจะต้องออกแรงกระทำเท่าใด ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบเล็กและลูกสูบใหญ่มีค่าเท่ากับ 20 cm และ 3 m ของพาสคัล

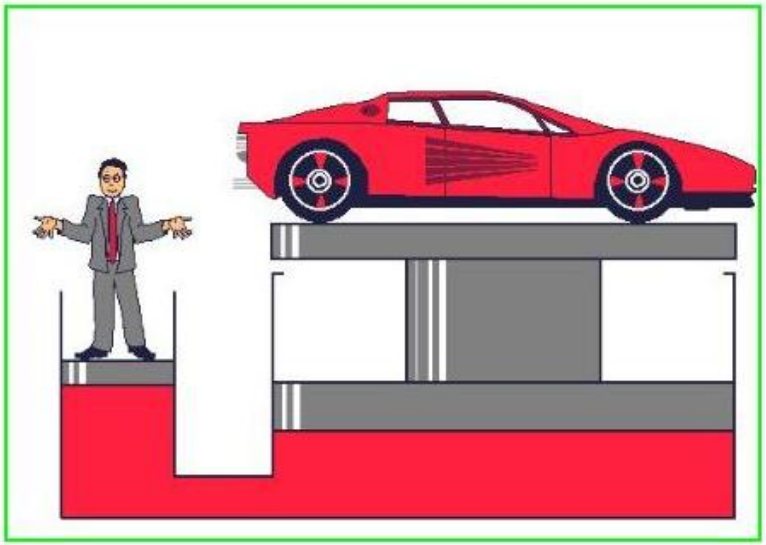


http://img.bhs4.com/44/5/44580298C750FB4C9ACE71EC8AE09E85EEB64092_large.jpg

แรงดันและความดันของของเหลว

การบ้าน 2 เครื่องอัดไฮดรอลิก

จากรูป ถ้าชายคนหนึ่งต้องการออกแรง 300 N จะสามารถยกรถหนักกี่ kg ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบเล็กและลูกสูบใหญ่มีค่าเท่ากับ 15 cm และ 2.5 m

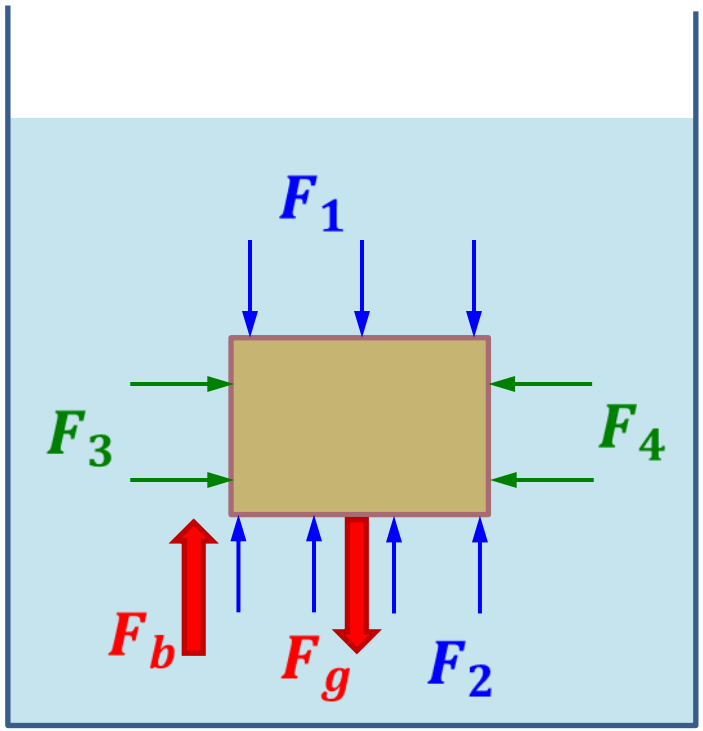


http://img.bhs4.com/44/5/44580298C750FB4C9ACE71EC8AE09E85EEB64092_large.jpg

แรงลอยตัวและหลักของอาร์คิมีดิส

แรงลอยตัว

เป็นแรงลัพธ์ (ผลรวมของแรงทั้งหมด) ที่กระทำต่อวัตถุ เมื่อวัตถุอยู่ในของเหลว เช่นน้ำ



แรงลอยตัว $\vec{F}_b$

$$\vec{F}_b = \vec{F}_2 - \vec{F}_1$$

จากสภาพสมดุล (วัตถุลอยอยู่นิ่งในน้ำ)

$$\vec{F}_b = -m\vec{g}$$

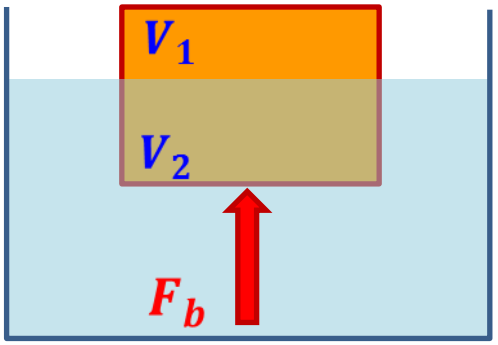
หมายถึง แรงลอยตัวมีทิศตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก หรือแรงลอยตัวจะมีทิศพุ่งขึ้น

แรงลอยตัวและหลักของอาร์คิมีดิส

หลักของอาร์คิมีดิส

"แรงลอย (bouyancy force) ตัวที่เกิดขึ้นบนวัตถุที่จมอยู่ในของของเหลว เช่น น้ำ จะมีขนาดเท่ากับน้ำหนักของของเหลว (น้ำ) ที่มีปริมาตรเท่ากับส่วนที่จม (หรือถูกแทนที่)"

โดยทั่วไปแรงลอยตัวจะมีทิศทางตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก



$$V = V_1 + V_2$$

จากหลักของอาร์คิมีดิส :

$$F_b = m_w g$$

$$F_b = \rho_w V_2 g$$

V = ปริมาตรของวัตถุทั้งหมด(m^3)

V_1 = ปริมาตรของวัตถุส่วนที่ลอย(m^3)

V_2 = ปริมาตรของวัตถุส่วนที่จม(m^3)

m_w = มวลของน้ำส่วนที่จม(kg)by

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ(kg/m^3)

F_g = แรงดึงดูดเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก /น้ำหนักของวัตถุ (N)

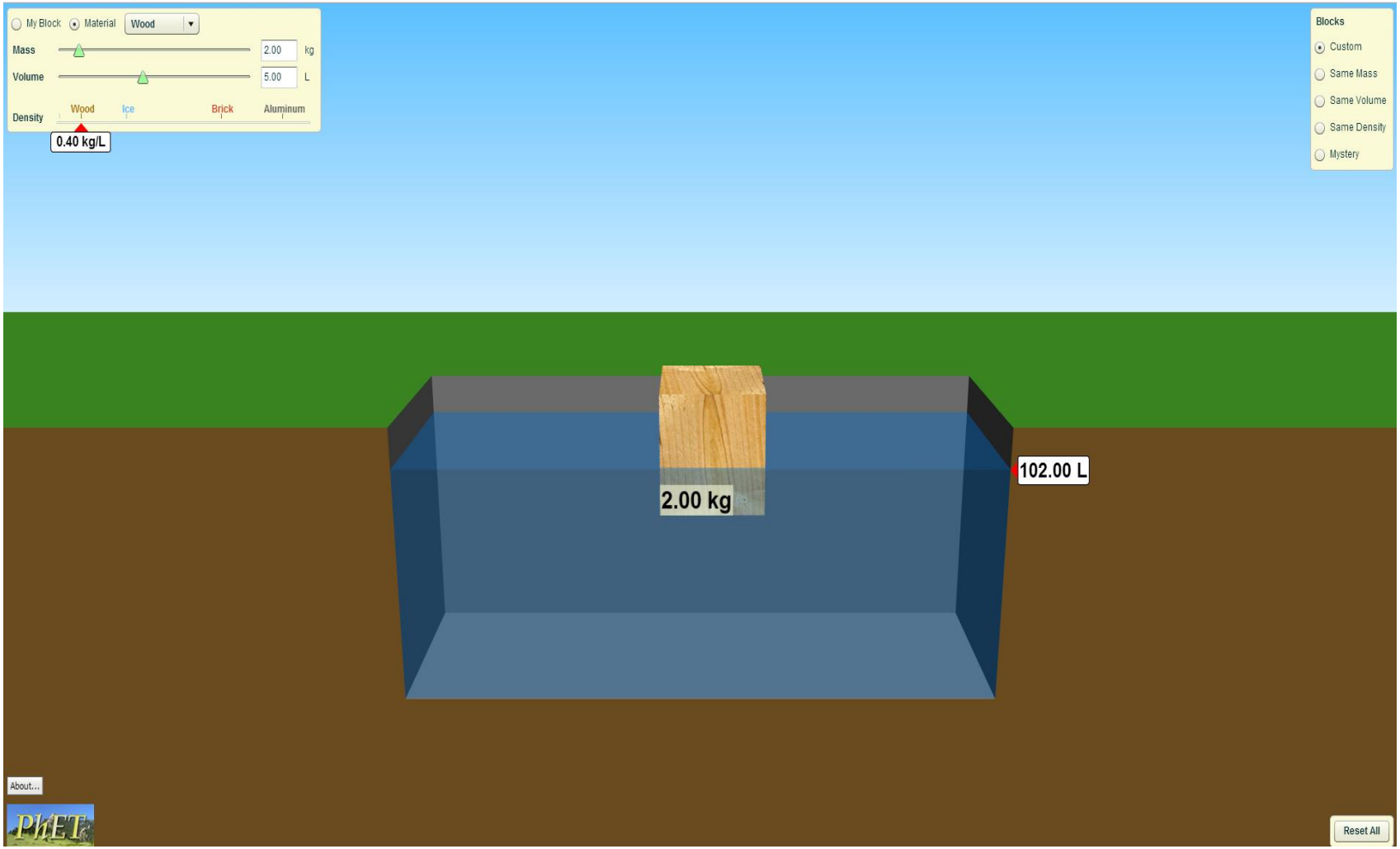
F_b = แรงลอยตัวของวัตถุ(N)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/285/13/physics/22b/22b.htm

แรงลอยตัวและหลักของอาร์คิมีดิส

หลักของอาร์คิมีดิส (ต่อ)



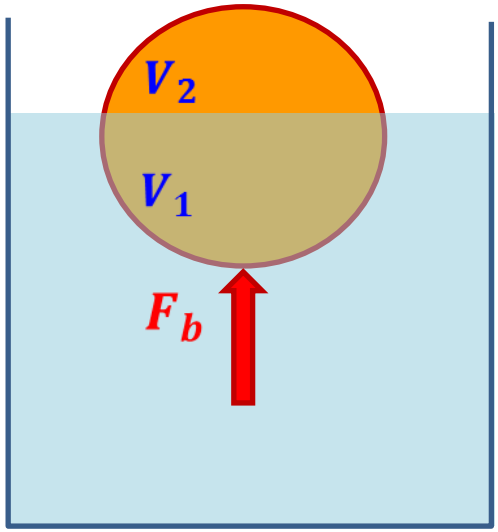
Source : http://phet.colorado.edu/sims/density-and-buoyancy/density_en.html

แรงลอยตัวและหลักของอาร์คิมีดิส

หลักของอาร์คิมีดิส (ต่อ)

A : วัตถุลอยน้ำ

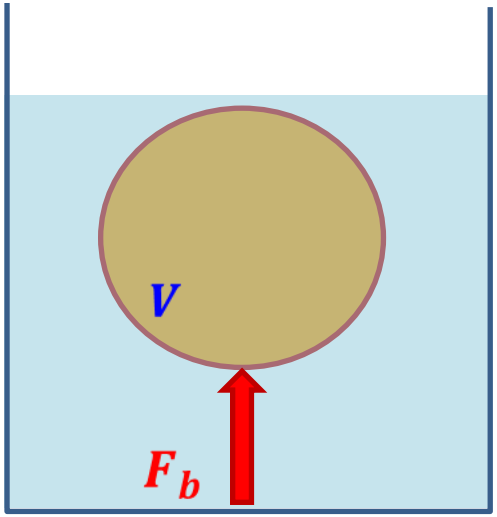
$\rho_{สาร} < \rho_{น้ำ}$



$F_b = \rho_w V_1 g$

B : วัตถุปริ่มน้ำ

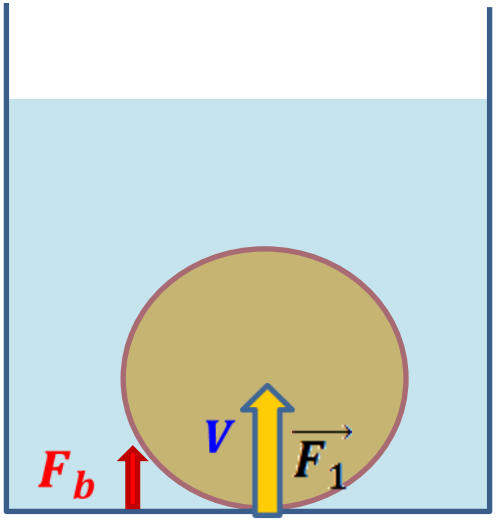
$\rho_{สาร} = \rho_{น้ำ}$



$F_b = \rho_w V g$

C : วัตถุจมน้ำ

$\rho_{สาร} > \rho_{น้ำ}$



$F_b = \rho_w V g$

ข้อแตกต่างระหว่าง B กับ C คือ

B : วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลที่ $\vec{F}_g = \vec{F}_b$

C : วัตถุอยู่ในสภาพสมดุลที่ $\vec{F}_g = \vec{F}_b + \vec{F}_1$ เมื่อ $\vec{F}_1$ = แรงที่กันภาชนะกระทำต่อวัตถุ

แรงลอยตัวและหลักของอาร์คิมีดิส

ตัวอย่างที่ 3 แรงลอยตัวและหลักของอาร์คิมีดิส

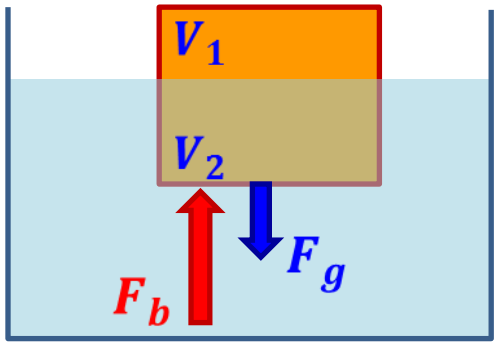
วัตถุก้อนสี่เหลี่ยมลูกบาศก์แห่งหนึ่งมีมวล 50 g มีความยาวด้านละ 10 cm ถ้านำวัตถุนี้ไปทิ้งลงในน้ำ พบว่าวัตถุนี้จะลอยน้ำดังรูป ถามว่า

ก) ความหนาแน่นของวัตถุนี้มีค่าเท่าใด

ข) ค่าแรงลอยตัวที่เกิดบนวัตถุนี้ในน้ำมีค่าเท่าใด ถ้าวัตถุนี้จมลงไปในน้ำเป็นระยะ 7 cm (ถ้าความหนาแน่นของน้ำมีค่าเท่ากับ 1 g/cm^3)

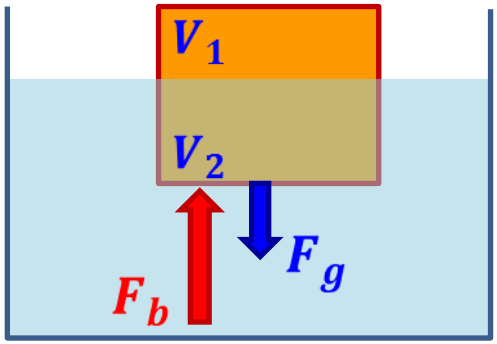
ค) น้ำหนักของวัตถุนี้ในอากาศมีค่าเท่าใด

ง) น้ำหนักของวัตถุนี้ในน้ำจะมีค่าเท่าใด



แรงลอยตัวและหลักของอาร์คิมีดิส

ตัวอย่างที่ 3 แรงลอยตัวและหลักของอาร์คิมีดิส (ต่อ)



แรงลอยตัวและหลักของอาร์คิมีดิส

การบ้าน 3 แรงลอยตัวและหลักของอาร์คิมีดิส

วัตถุก้อนสี่เหลี่ยมลูกบาศก์แท่งหนึ่งมีมวล 150 g มีความยาวด้านละ 2 cm ถ้านำวัตถุนี้ไปทิ้งลงในน้ำ ถามว่า

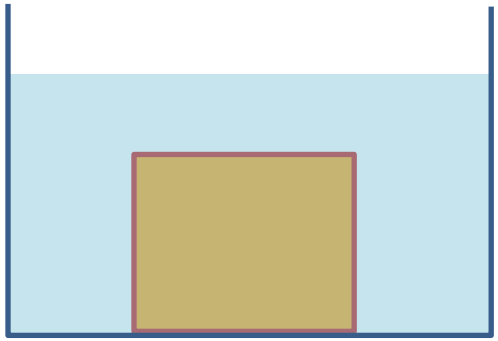
ก) วัตถุนี้จะลอยน้ำหรือจมน้ำ เพราะเหตุใด

ข) ค่าแรงลอยตัวที่เกิดบนวัตถุนี้ในน้ำมีค่าเท่าใด

(ถ้าความหนาแน่นของน้ำมีค่าเท่ากับ 1 g/cm^3)

ค) น้ำหนักของวัตถุนี้ในอากาศมีค่าเท่าใด

ง) น้ำหนักของวัตถุนี้ในน้ำจะมีค่าเท่าใด (คำตอบไม่เท่ากับ 0)



Note : *การหาคำตอบแต่ละข้อ โดยเฉพาะข้อ ง) สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากเวปไซด์*

http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/285/13/physics/22b/22b.htm