Lecture 6 : สมบัติเชิงกลของของแข็ง

- ความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะ

  (Density and Specific gravity)

- สมบัติความยืดหยุ่นของของแข็ง

  (Elasticity of Solid)

  - ความเค้น (stress)
  - ความเครียด (Strain)
  - มอดุลัสของยัง (Young's Modulus)

ความหนาแน่นของสาร (Density)

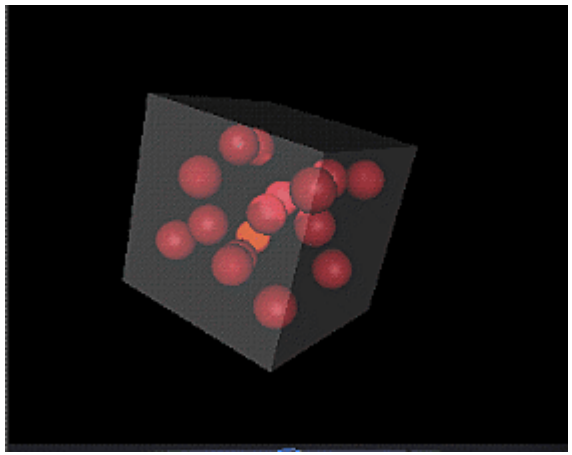
คือ มวลของสารต่อ1 หน่วยปริมาตรของสารนั้นๆ

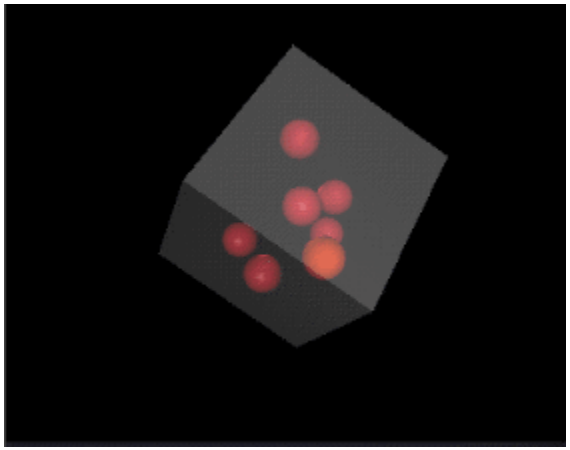
$$\rho = \frac{m}{V}$$

ρ = ความหนาแน่น (g/cm^3)

m = มวลของสาร (g)

V = ปริมาตร (cm^3)





Source : http://www.nyu.edu/pages/mathmol/modules/water/dpart3.html

ความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของสาร

ตัวอย่างที่ 1

ไม้แท่งหนึ่งขนาด 100 cm^3 มีมวล 40 g

ไม้แท่งนี้มีค่าความหนาแน่นเท่าใด

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

$$\rho = \frac{40\ g}{100\ cm^3}$$

$$= 0.4\ {}^{g}/_{cm^3}$$

ตัวอย่างที่ 2

ทองขนาด 100 cm^3 มีมวล 1930 g

ทองแท่งนี้มีค่าความหนาแน่นเท่าใด

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

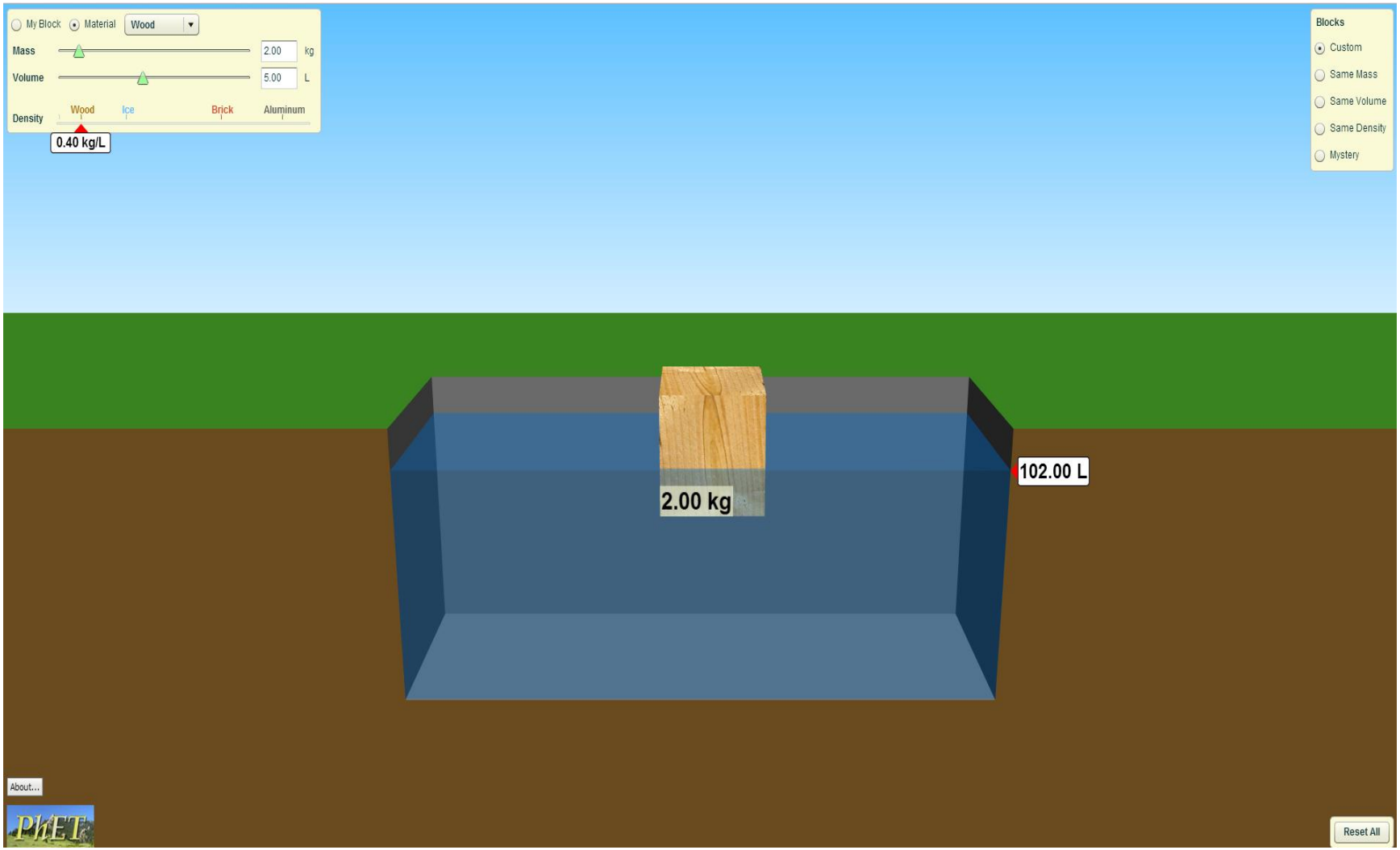
$$\rho = \frac{1930\ g}{100\ cm^3}$$

$$= 19.3\ {}^{g}/_{cm^3}$$

คำถาม

1. แท่งไม้กับทอง อันไหนหนักกว่ากัน ถ้าทั้งสองมีขนาดเท่ากัน
2. แท่งไม้กับทอง อันไหนมวลสารอยู่กันอย่างหนาแน่นมากกว่ากัน

ความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของสาร



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

ตารางค่าความหนาแน่นของวัตถุ (Density Table)

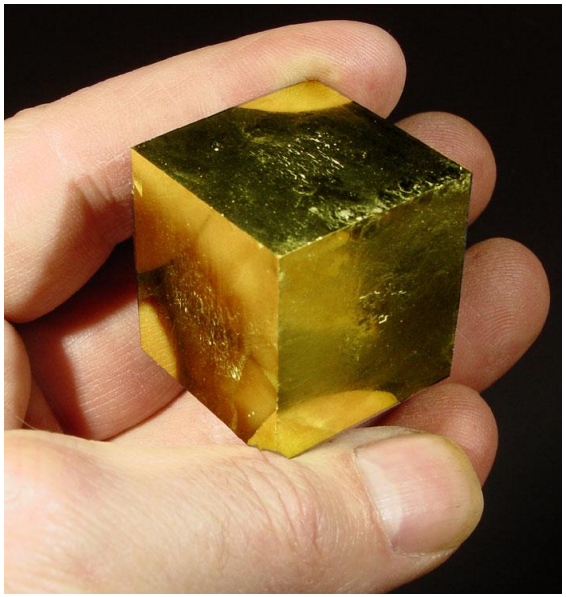
Densities of Various Materials

Material	Density (kg/L)
Wood	0.40
Apple	0.64
Gasoline	0.70
Ice	0.92
Water	1.00
Aluminum	2.70
Diamond	3.53
Lead	11.3
Gold	19.3

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

ความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของสาร

ตัวอย่างที่ 3 วัตถุสี่เหลี่ยมลูกบาศก์สีทองก้อนหนึ่งยาวด้านละ 2 cm และมีมวล 40 g ถามว่าวัตถุก้อนนี้เป็นทองหรือไม่ (ถ้าความหนาแน่นของทองมีค่าเท่ากับ 19.3 g/cm^3)



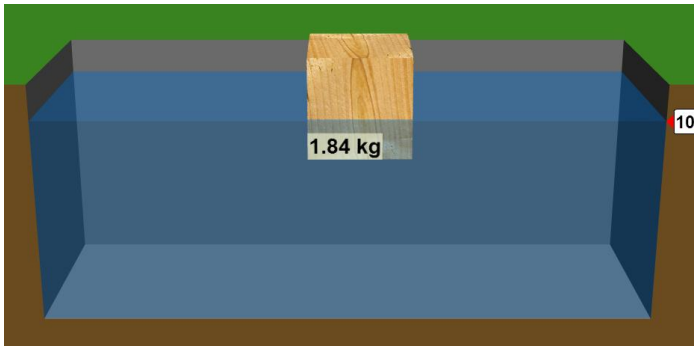
$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = 2cm \times 2cm \times 2cm = 8\ cm^3$$

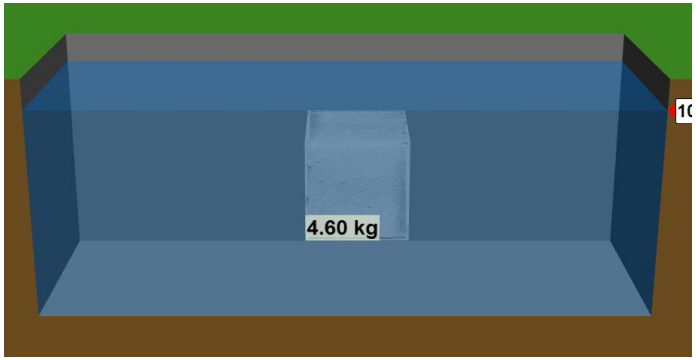
$$\therefore \rho = \frac{40\ g}{8\ cm^3} = 5.0\ {}^{g}/_{cm^3}$$

คำตอบ : วัตถุนี้ไม่ใช่ทอง เพราะค่าความหนาแน่นของวัตถุนี้มีค่าไม่เท่ากับ 19.3 g/cm^3

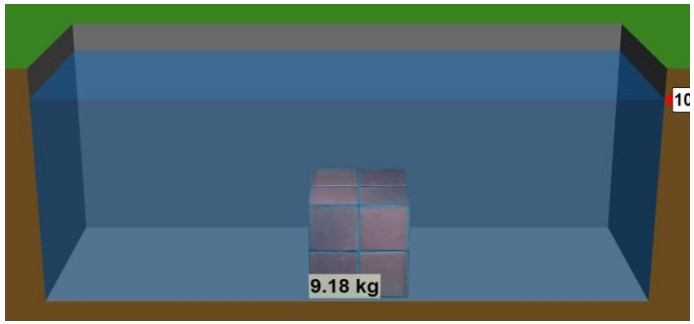
ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)



วัตถุลอยน้ำ : $\rho_{สาร} < \rho_{น้ำ}$



วัตถุปริ่มน้ำ : $\rho_{สาร} = \rho_{น้ำ}$



วัตถุจมน้ำ : $\rho_{สาร} > \rho_{น้ำ}$

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

ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)

คือ อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของสารหนึ่งๆ ต่อความหนาแน่นของน้ำ (เมื่อทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน)

$$S = \frac{\rho_{\text{สาร}}}{\rho_{\text{น้ำ}}}$$

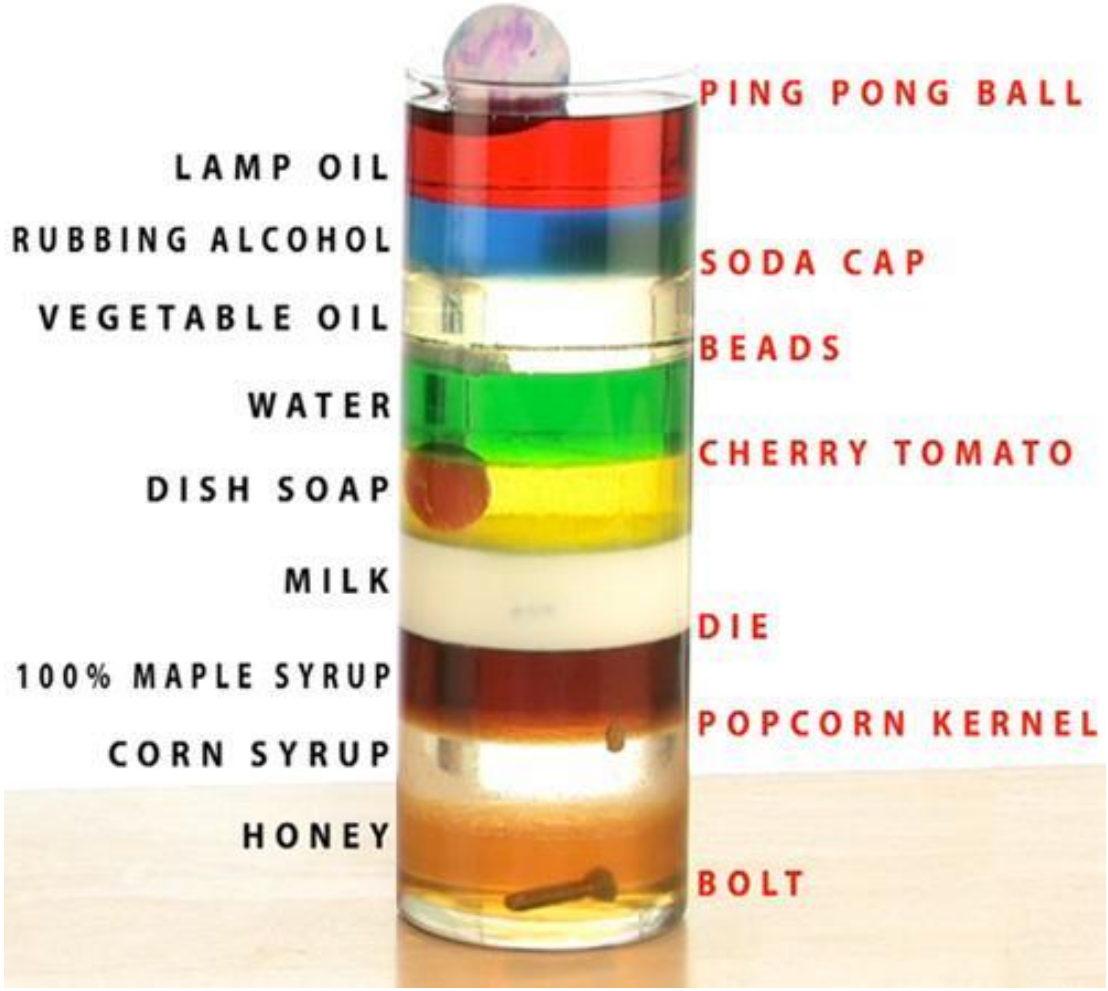
S = ความถ่วงจำเพาะของสาร (เท่า)

$\rho_{\text{สาร}}$ = ความหนาแน่นของสาร (g/cm^3)

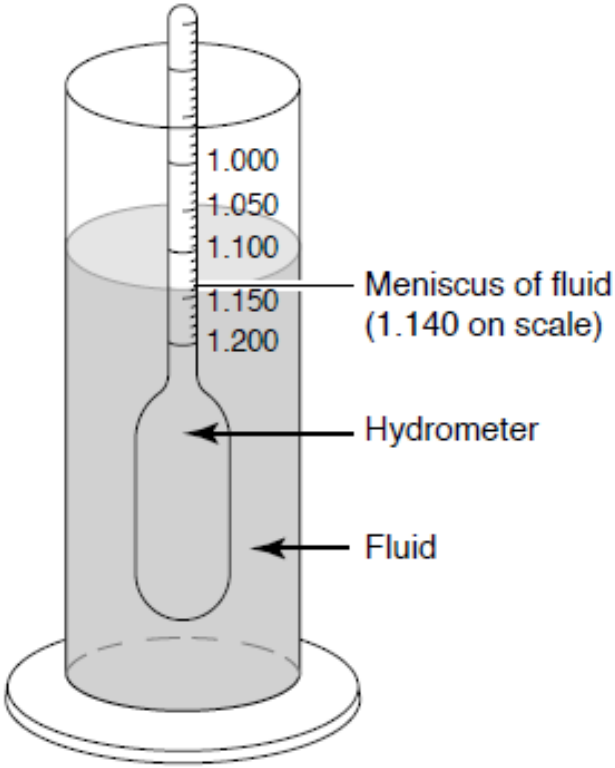
$\rho_{\text{น้ำ}}$ = ความหนาแน่นของน้ำ (g/cm^3)

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

ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)



ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)



ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer) คือ อุปกรณ์วัดความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) หรือความหนาแน่น (density) ของของเหลว โดยอาศัยหลักการลอยตัวของวัตถุ (buoyant force)

ความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของสาร

ตัวอย่างที่ 4 ทองบริสุทธิ์แท่งหนึ่งมีค่าความหนาแน่น 19.3 g/cm^3 จะมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับเท่าใด

$$S = \frac{\rho_{สาร}}{\rho_{น้ำ}}$$

$$\therefore S = \frac{19.3\ g/cm^3}{1\ g/cm^3} = 19.3 \text{ เท่า}^*$$

** กล่าวคือทองบริสุทธิ์แท่งหนึ่งจะมีน้ำหนักเป็น 19.3 เท่าของน้ำหนักของน้ำ เมื่อมีปริมาตรเท่ากัน*

Department of Physics

ความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของสาร

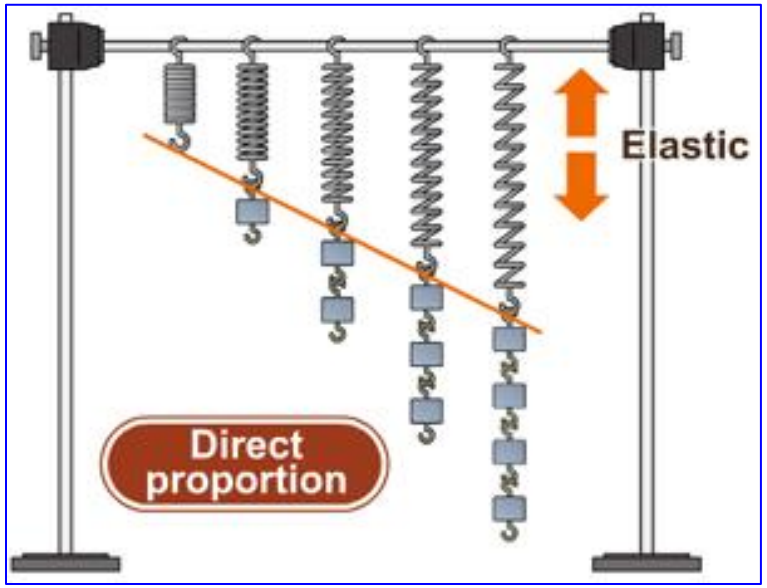
การบ้าน 1 ของเหลวชนิดหนึ่งจะหนัก 125 g เมื่อมีปริมาตร 100 cm3 ถามว่า

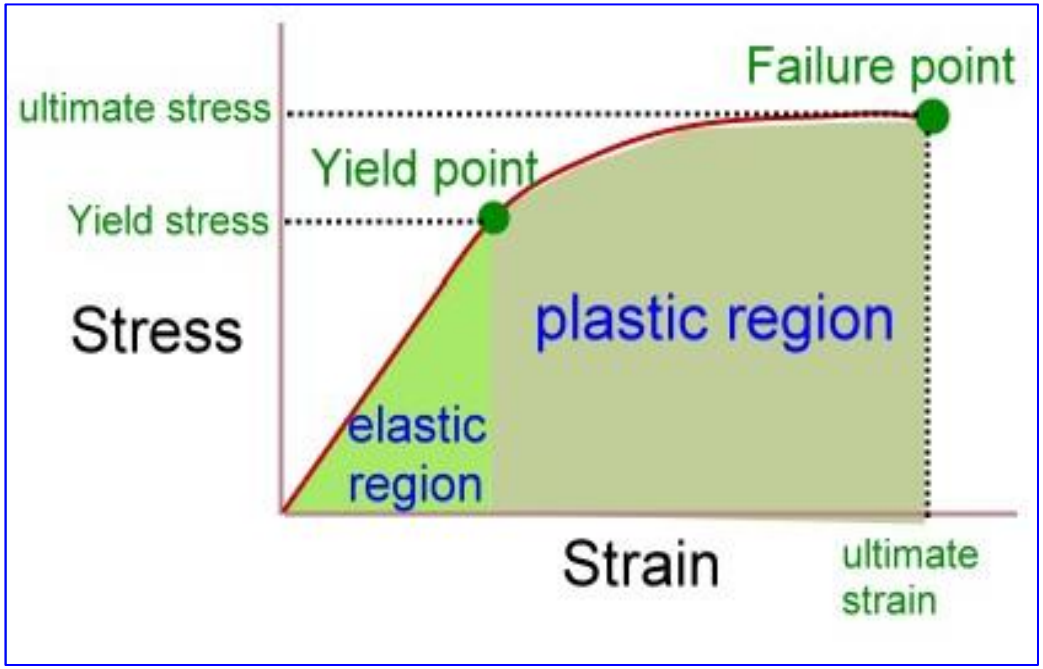
1. ความหนาแน่นของของเหลวชนิดมีค่าเท่าใด
2. ค่าความถ่วงจำเพาะของของเหลวชนิดมีค่าเท่าใด
3. ถ้านำของเหลวชนิดนี้ไปผสมรวมในภาชนะเดียวกับน้ำ จะเกิดอะไรขึ้น

สมบัติความยืดหยุ่นของของแข็ง

กฎของฮุค (Hooke's Law) :

เมื่อมีแรงกระทำต่อเส้นโลหะ ความยาวของเส้นโลหะที่ยืดออกจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับขนาดของแรงกระทำ



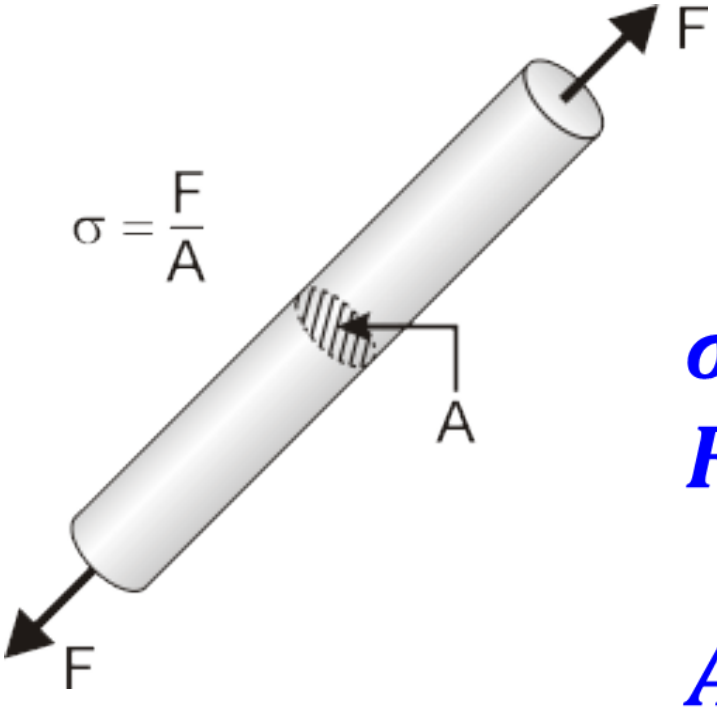


http://www.ishida.com/technologies/loadcell/img/en/tec_load_04.jpg
http://www.pt.ntu.edu.tw/hmchai/Biomechanics/BMmeasure/StressMeasure.files/StressStrainCurve.jpg

สมบัติความยืดหยุ่นของของแข็ง

ความเค้น (Stress, σ) :

อัตราส่วนของแรงที่กระทำตั้งฉาก (F) กับพื้นที่ภาคตัดขวางของเส้นโลหะ (A)



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

σ = ความเค้น (N/m^2)

F = แรงที่ดึง/อัดกระทำตั้งฉากกับพื้นที่ตัดขวางของเส้นโลหะ (N)

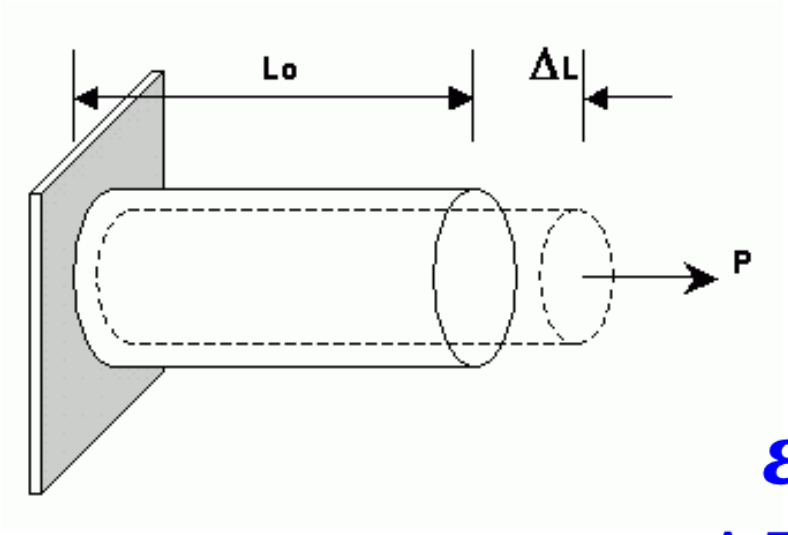
A = พื้นที่ตัดขวางของเส้นโลหะ(m^2)

http://people.virginia.edu/~pjm8f/engr162/beam/images/stress_pic2.gif

สมบัติความยืดหยุ่นของของแข็ง

ความเครียดตามยาว (Strain, ε) :

อัตราส่วนของความยาวของเส้นโลหะที่เปลี่ยนไป (ΔL) ต่อความยาวเริ่มต้น (L_0)



$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

ε = ความเครียด (เท่า)

ΔL = ความยาวที่ยืดขึ้น/หดสั้นลง(m)

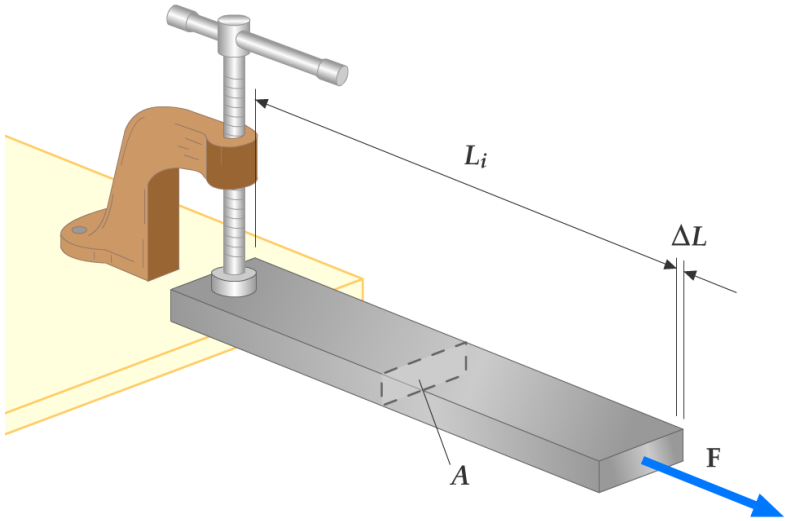
L_0 = ความยาวเริ่มต้น(m)

http://www.scimath.org/images/uploads/upload2/strain2.gif

สมบัติความยืดหยุ่นของของแข็ง

โมดูลัสของยัง (Young's Modulus, Y) :

อัตราส่วนของความเค้น (σ) ต่อความเครียด (ε)



Thomas Young
(13 June 1773 – 10 May 1829)

$$Y = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Y = ค่าโมดูลัสของยัง (N/m^2)

σ = ความเค้น(N/m^2)

ε = ความเครียด (–)

http://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Young_(scientist)

สมบัติความยืดหยุ่นของของแข็ง

Young's Modulus Table

Material	Young's modulus ($N\ m^{-2}$)
Steel	2.10×10^{11}
Aluminium	6.90×10^{10}
Lead	1.70×10^{10}
Glass	6.00×10^{10}
Concrete	3.00×10^{10}
Water	2.30×10^{9}
Air (at 20°C)	1.43×10^{5}
Beech wood (along the grain)	1.40×10^{10}
Beech wood (across the grain)	8.80×10^{8}

http://m.eet.com/media/1064378/sound1_tab1.1.jpg

ตัวอย่างที่ 5

ถ้าใช้ลวดเส้นหนึ่งยาว 2 m มีพื้นเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 mm แขวนวัตถุมวล 2000 kg ไว้กับเพดาน

1. ความเค้นของลวดเส้นนี้มีค่าเท่าใด
2. ถ้าลวดเส้นยืดออกจากเดิม 2 cm ความเครียดของลวดเส้นนี้มีค่าเท่าใด
3. โมดูลัสของยังของลวดเส้นนี้มีค่าเท่าใด

http://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Young_(scientist)

สมบัติความยืดหยุ่นของของแข็ง

การบ้าน 2

ถ้าใช้ลวดทองแดงมีค่าโมดูลัสของยังเท่ากับ 1.1×10^{11} ยาว 3 m มีพื้นเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 mm แขวนวัตถุมวล 5000 kg ไว้กับเพดาน ถามว่าความเค้นที่เกิดขึ้นบนลวดเส้นนี้มีค่าเท่าใด และลวดทองแดงนี้จะยืดออกจากเดิมเป็นระยะเท่าใด