บทที่ 1

มิติและหน่วยวัด (Dimension and Unit)

มิติและหน่วยเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับงานทางด้านวิศวกรรมเพราะปริมาณต่าง ๆ ที่ใช้ในทางวิศวกรรมจะแสดงค่าในรูปตัวเลข ซึ่งทั้งมิติและหน่วยที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีหลายระบบด้วยกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของงานที่ใช้ เช่น ในห้องปฏิบัติการ หรือห้องทดลองนิยมใช้ระบบเมตริก ขณะที่วงการอุตสาหกรรมหรือในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปนิยมใช้ระบบวิศวกรรม สำหรับในประเทศไทยพบว่า มีการใช้ระบบหน่วยหลายระบบปะปนกันไป ดั้งนั้น จึงมีความจำเป็นจะต้องเรียนรู้ถึงระบบต่าง ๆ ที่นิยมใช้กัน และต้องทราบถึงความสัมพันธ์ของระบบเหล่านี้ด้วย เพื่อที่จะสามารถเปลี่ยนจากระบบหนึ่งไปเป็นอีกระบบหนึ่งได้เมื่อต้องการ

1.1 มิติ (Dimension)

คือ พื้นฐานทางกายภาพที่สามารถวัดได้ โดยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. Primary dimension หรือ มิติหลัก (Fundamental dimension) มิติหลักหรือ มโนทัศน์พื้นฐานเช่น มวล ความยาว และแรง เป็นต้น ซึ่งมวล ความยาว เวลา และอุณหภูมิ จัดเป็นมิติพื้นฐานเพราะคุณสมบัติต่าง ๆ ของสารสามารถเขียนในรูปของมิติเหล่านี้ได้ดังนี้

มิติพื้นฐาน	ชื่อมิติ	ตัวย่อ
มวล	Mass	M
ความยาว	Length	L
เวลา	Time	T
อุณหภูมิ	Temperature	θ or t
แรง	Force	F
พลังงาน	Energy	E

การวัดค่ามิติ (Fundamental Unit)

SI Unit = International System of Unit

cgs. Unit = Centimetre gram of Unit

Imperial = The Imperial System of Unit

1) *Mass Unit* = kilogram (kg) ; gram (g) ; pound (lb)

2) *Length Unit* = metre (m)

6.058×10^{-3} m = Wavelength from pure isotop ของ Kryton ที่ 63 ^{o}K

3) *Time Unit* = second (s) กำหนดโดยนักดาราศาสตร์ คำนวณวันตามระบบสุริยะ

4) *Temperature Unit* = Fahrenheigt (F) ; Celsius (C) กำหนดจุดหลอมเหลว และจุดเดือดของน้ำ

น้ำแข็งหลอมเหลวที่ 0 ^{o}C : 32 ^{o}F

น้ำเดือดที่ 100 ^{o}C : 212 ^{o}F

การเปลี่ยนหน่วย

^{o}C	=	(F-32) (5/9)
^{o}F	=	(9/5)(C) + 32

หน่วยวัดอุณหภูมิ kelvin (^{o}K) กำหนดจากอุณหภูมิที่โมเลกุลสารไม่เคลื่อนที่ ณ จุดนี้ Kinetic energy ของโมเลกุลมีค่า เป็น 0 ^{o}K อุณหภูมิ 273.15 ^{o}K ดังนั้น น้ำแข็งตัวที่ 273.15 ^{o}K และเดือดที่ 283.15 ^{o}K

หน่วยวัดอุณหภูมิ Rankin (^{o}R)

การเปลี่ยนหน่วย

^{o}K	=	273.15 + ^{o}C
^{o}R	=	^{o}F + 459.67

2. Secondary unit หรือมิติผสม ได้แก่

คุณสมบัติ	ชื่อมิติ	สัญลักษณ์	
พื้นที่	Area	L^2	m^2
ปริมาตร	Volume	L^3	m^3
ความหนาแน่น	Density	MI^3	kg m^{-3}
	Velocity	LT^{-1}	m s^{-1}
โมเมนตัม	Momentum	MLT^{-1}	kg m s^{-1}
	Acceleration	LT^{-2}	m s^{-2}
แรง	Force	MLT^{-2}	kg m s^{-2}
ความดัน	Pressure	$ML^{-1} T^{-2}$	kg m^{-1} s^{-2} or Nm^{-2}
งาน	Work	$ML^2 T^{-2}$	kg m^2 s^{-2} or J
กำลัง	Power	$ML^2 T^{-3}$	kg m^2 s^{-3} or W
พลังงาน	Energy	$ML^2 T^{-2}$	J

ตัวอย่างของหน่วยวัดค่า มิติผสม เช่น พื้นที่ Area (m^2)

พื้นที่รูปวงกลม = πr^2 = $\frac{\pi D^2}{4}$

พื้นที่ผิวของทรงกลม = $4\pi r^2$ = πD^2

พื้นที่ผิวกระป๋องทรงกระบอก = $2\pi rh$ = $2\pi r^2$

3. Dimensional Analysis เป็นการวิเคราะห์ตัวแปรไร้มิติ เช่น Reynold's Number ซึ่งเป็นตัวบอกว่าเมื่อไรของไหลในท่อจะไหลแบบ Larminar flow หรือไหลแบบ Turbulant flow ตัวเลขที่มีค่า

NRe < 2000 จะเป็นการไหลแบบ Larminar

NRe > 4000 จะเป็นการไหลแบบ Turbulant

$$\text{Reynold's Number (NRe)} = \frac{\rho \times D \times V}{\mu}$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่นของของไหลในท่อ = มวล/ปริมาตร

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ

V = ความเร็วของของไหลในท่อ

μ = ความหนืดของของไหล

1.2 หน่วย (Units)

คือการบอกขนาดของมิติต่าง ๆ เช่น กิโลกรัม เมตร วินาที เป็นต้น การระบุหน่วยตามหลังตัวเลขทุกครั้งมีประโยชน์ เช่น ช่วยไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงหน่วยระหว่างการคำนวณโดยมิได้ตั้งใจ แก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลแทนที่จะต้องจำสูตรยาก ๆ และการระบุหน่วยยังเป็นการแสดงความหมายของตัวเลขที่ใช้อยู่ หน่วยได้จากกระบวนการวัด ซึ่งการกำหนดค่ามาตรฐานของการวัดที่แตกต่างกัน ทำให้ได้หน่วยที่แตกต่างกัน ระบบการวัด (Measurement system) ที่ใช้อยู่ทั่วไปมี 4 ระบบ ด้วยกัน ดังนี้

1. FPS System หรือระบบอังกฤษ ซึ่งประกอบด้วยหน่วยพื้นฐานต่าง ๆ ดังนี้

หน่วยพื้นฐาน	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์
ความยาว	ฟุต (Foot)	ft
มวล	ปอนด์ (Pound)	lb
เวลา	วินาที (Second)	s
อุณหภูมิ	องศาฟาเรนไฮท์ (Farenheit), เรนคิน (Rankine)	^oF, ^oR
แรง	เปาน์ดัล (Poundal)	lbf

2. CGS System หรือระบบเมตริก ประกอบด้วยหน่วยพื้นฐานต่าง ๆ ดังนี้

หน่วยพื้นฐาน	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์
ความยาว	เซนติเมตร (Centimetre)	cm
มวล	กรัม (Gram)	g
เวลา	วินาที (Second)	s
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส, (Degree Celsius), องศาฟาเรนไฮท์ (Farenheit), เรนคิน (Rankine)	^{o}C, ^{o}F , ^{o}R
พลังงาน	เอิร์ก (erg), จูล(joule), แคลอรี(calories)	erg, j, Cal
แรง	ไดน์ (Dyne)	Dyne

3. SI System เป็นระบบใหม่ได้จากการประชุมของ " General Conference on Weights and Measures" เมื่อปี พ.ศ. 1960 เป็นหน่วยสากลสำหรับใช้กันทั่วโลก ประกอบด้วยหน่วยพื้นฐานดังนี้

หน่วยพื้นฐาน	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์
ความยาว	เมตร (Metre)	m
มวล	กิโลกรัม (Kilogram)	kg
เวลา	วินาที (Second)	s
อุณหภูมิ	เคลวิน (Kelvin)	k
พลังงาน	จูล (Joule)	j
แรง	นิวตัน (Newton)	n
ความดัน	ปาสคาล (Pascal)	Pa

นอกจากนี้ในหน่วยเอส ไอ ยังแบ่งออกเป็นหน่วยย่อย ๆ ดังนี้

a. *Base units* ซึ่งมีทั้งหมด 7 หน่วย ดังนี้

หน่วย	ชื่อ	สัญลักษณ์
มวล	กิโลกรัม (kilogram)	kg
ความยาว	เมตร (Metre)	m
เวลา	วินาที (Second)	s
อุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์	เคลวิน (Kelvin)	^{o}K
กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์ (ampere)	A
จำนวนของสาร	โมล (mole)	mol
ความเข้มของการส่องสว่าง	*แคนเดลา (candela)*	*cd*

b. Derived Units เกิดจากหน่วยพื้นฐานรวมกันมีหลายหน่วยด้วยกัน เช่น

ปริมาณ	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์	หน่วยพื้นฐาน
แรง	นิวตัน (Newton)	N	$Kg.ms^{-2}$
ความดัน	ปาสคาล (Pascal)	Pa	$kg.m^{-1}s^{-2}$
งานพลังงาน,ความร้อน	จูล (joule)	J	$kg.m^{-2}s^{-2}$
กำลังงาน	วัตต์ (watt)	W	$kg.m^{-2}\ s^{-3}$
ความถี่	เฮิร์ท (Hertz)	Hz	s^{-1}
ประจุไฟฟ้า	คูลอมบ์ (Coulomb)	C	A.S
ศักย์ไฟฟ้า	โวลท์ (Volt)	V	W/A
ความจุไฟฟ้า	ฟารัด (Farad)	F	C/A
ความต้านทานไฟฟ้า	โอร์ม (Ohm)	Ω	V/A
สนามแม่เหล็ก	เวเบอร์ (veber)	Wb\	V.S

c. Supplementary Units มี 2 หน่วย คือ Radian (Plane angle, rad) เป็นหน่วยวัดมุมระนาบ และ Steradian (solid angle, Sr) เป็นหน่วยวัดมุมตัน

ในระบบ SI มักจะเกิดความสับสนระหว่างหน่วยของแรง พลังงาน และมวลสาร ถ้าหากมีการเพิ่มหรือลดขนาดของหน่วย การแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยการเติมคำนำหน้า (prefix) เข้าไป เพื่อแสดงถึงกำลังของหน่วย โดยไม่ต้องเปลี่ยนชื่อหน่วยเดิม ดังนั้นระบบ SI สามารถผสมคำนำหน้าต่าง ๆ กับหน่วยต่าง ๆ ได้ เช่น mega joule (MJ) หมายถึง 10^6 Joule หรือ micro meter (μm) หมายถึง 10^{-6} meter คำนำหน้าที่นิยมใช้ในระบบ SI มีดังนี้

คำนำหน้า	ตัวคูณ	สัญลักษณ์
Exa	10^{18}	E
Peta	10^{14}	P
Tera	10^{12}	T
Giga	10^{9}	G
Mega	10^{6}	M
Kilo	10^{3}	K
Milli	10^{-3}	M
Micro	10^{-6}	μ
Nano	10^{-9}	N
Pico	10^{-12}	P
Femto	10^{-15}	F
Atto	10^{-18}	a

4. <u>British Engineering System</u> เป็นระบบที่ใช้กับงานด้านวิศวกรรมโดยเฉพาะ ประกอบด้วยหน่วยพื้นฐานดังนี้

ปริมาณ	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์
ความยาว	ฟุต (Foot)	ft
มวล	ปอนด์มวล (Pound mass)	lbm
แรง	ปอนด์แรง (Pound force)	lmf
เวลา	วินาที (Second)	s
พลังงาน	บีทียู (BTU)	BTU

จะเห็นได้ว่าหน่วยของมวลและหน่วยของแรงในระบบวิศวกรรมมีหน่วยเป็นปอนด์เหมือนกัน แต่เขียนเป็น Pound mass (lbm) และ Pound force (lbf) ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยดังกล่าวได้ดังนี้

จากกฎของนิวตัน $F = \text{มวล} \times \text{อัตราเร่ง}$

$$F = M.\ L/\theta^2.$$

ดังนั้นหน่วยของแรงจะเป็นหน่วยเดียวกันกับหน่วยของมวลไม่ได้ lbf มีความสัมพันธ์กับ lbm ดังนี้

$$Lbf = lbm\ .\ g/g_c$$

เมื่อ g = แรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 32.2 ft/s^2

g_c = ตัวดัดแปลง (Dimensional constant)

ถ้าให้ มวล = 1 ปอนด์มวล

และ ความเร่ง = แรงโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 32.2 ft/s^2

จาก แรง = มวล x อัตราเร่ง

ดังนั้นจะได้แรงหรือน้ำหนักของมวลมีค่า = (1 ปอนด์)(32.2 ft/s^2)

เนื่องจาก $lbf = lbm\ .\ g/\ g_c$

ดังนั้น $g_c = g\ .\ lbm/\ lbf = 32.2\ (ft/s^2)(lbm/lbf)$

ดังนั้นสรุปได้ว่า

> ถ้าต้องการเปลี่ยนค่า <u>lbf เป็น lbm</u> ให้*คูณ*ด้วย g_c
> ถ้าต้องการเปลี่ยนค่า <u>lbm เป็น lbf</u> ให้*หาร*ด้วย g_c

<u>ตัวอย่างที่ 1</u> จงหาว่าเนื้อ 800 กรัม จะหนักกี่ปอนด์

ตัวอย่างที่ 2 จงหาอัตราการไหลของนมในหน่วยฟุตต่อวินาที เมื่อกำหนดให้ท่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ¾ นิ้ว และในเวลา 1 นาที นมไหลไปได้ 5 ลิตร

1.3 หน่วยโมล และหน่วยน้ำหนักหรือมวล (Mole Unit , and Weight or Mass Unit)

มีวิธีหลายวิธีที่จะแสดงองค์ประกอบ (composition) ต่างๆ ในก๊าซ ของเหลว และของแข็ง วิธีหนึ่งที่นิยมให้กันมาก คือหน่วย โมลาร์ ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีและกฎของก๊าซนั้นจะมีความง่ายที่จะแสดงในเทอมของหน่วยโมลาร์ และสารบริสุทธิ์ จำนวน 1 โมล จะถูกนิยามว่าคือปริมาณสารนั้นซึ่งมวลของสารมีค่าเท่ากับน้ำหนักโมเลกุลของสารเอง ดังนั้น ก๊าซมีเทน 1 kg mol จะประกอบด้วยมวลของมีเทนหนัก 16.04 kg หรือ 1.0 lb mol ก็จะประกอบด้วยมวลเท่ากับ 16.04 lb_m

ค่าสัดส่วนโดยมวล (mole fraction) ของสารเฉพาะบางตัว ก็คือจำนวนโมลของสาร (moles of substance) นั้นหารด้วยจำนวนโมลทั้งหมด (total moles) ในทำนองเดียวกันค่าสัดส่วนโดยมวลหรือโดยน้ำหนัก (weight or mass fracetion0 ก็หมายถึงมวลของสาร (mass of substance) นั้นหารด้วยจำนวนมวลทั้งหมด (total mass) วิธีแสดงปริมาณขององค์ประกอบด้วยทั้งสองวิธีเหล่านี้ซึ่งใช้ได้ทั้งก๊าซ ของเหลว และ ของแข็ง สามารถเขียนแสดงด้วยความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้ เช่น การแสดงปริมาณขององค์ประกอบ A ในสารผสม

X_A (mole fraction of A) = moles of A / total moles (1)

W_A (mass or wt fraction of A) = mass A / total mass (2)

1.4 หน่วยความเข้มข้นสำหรับของเหลว (Concentration Unit for Liquids)

โดยทั่วไปเมื่อของเหลวหนึ่งถูกผสมเข้ากับอีกของเหลวหนึ่งที่ละลายเข้ากันได้ดีปริมาตรรวมของสารละลายนั้นจะไม่คงที่ ดังนั้นการแสดงปริมาณขององค์ประกอบของของเหลวปกติจะไม่แสดงในรูปเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรขององค์ประกอบ แต่จะแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักหรือเปอร์เซ็นต์โดยมวล(weight or mole percent) อีกวิธีหนึ่งที่สะดวกในการการแสดงความเข้มข้นขององค์ประกอบในสารละลายคือในรูปของโมลาร์ (กรัมโมลขององค์ประกอบต่อลิตรของสารละลาย) (g mol of a component per liter of solution) สำหรับวิธีอื่นๆ ที่ใช้คือ kg / m^3 , g/liter , g/ cm^3, lb_m/ft^3 , lb_m / gallon เป็นต้น

1.5 กฎของก๊าซและความดันไอ (Gas Laws and Vapor Pressure)

ความดัน (Pressure) มีหลายวิธีในการแสดงค่าความดันที่ถูกกระทำโดยของไหลหรือระบบ

- ค่าความดันสมบูรณ์ (absolute pressure) 1 บรรยากาศ (atm) มีค่าเท่ากับ 760 mmHg ที่ 0 ^{0}Cหรือเท่ากับ 29.921 in.Hg หรือเท่ากับ 14.696 lb_f/in^2 (psia)
- ค่าความดันเกจ (gage pressure) คือค่าความดันเหนือความดันสมบูรณ์ ดังนั้นค่าความดัน 21.514.696 lb_f/in^2 gage (psig) จะมีค่าเท่ากับ 21.5 +14.7 หรือเท่ากับ 36.2 psia ในหน่วยเอสไอค่าความดัน 1 psia มีค่าเท่ากับ 6.89476 x 10^3 Pa หรือเท่ากับ 6.89476 x 10^3 N/m^2 เช่นเดียวกัน 1 atm = 1.01325 x 10^5 Pa

ในบางกรณี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการระเหย อาจจะแสดงค่าของความดันเป็นนิ้วของสุญญากาศปรอท ซึ่งหมายความว่าความดันในหน่วยของนิ้วปรอทที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าค่าความดันบารอเมตริกสมบูรณ์ (absolute barometric pressure) ตัวอย่างเช่นค่าที่อ่านได้ 25.4 in.Hg สุญญากาศจะมีค่าเท่ากับ 29.92-25.4 หรือเท่ากับ 4.52 in.Hg abs pressure

กฎของก๊าซอุดมคติ (Ideal Gas) ก๊าซอุดมคติถูกนิยามว่า คือ ก๊าซที่เป็นไปตามกฎอย่างง่าย นอกจากนี้ในก๊าซอุดมคติ โมเลกุลของก๊าซถูกพิจารณาว่ามีลักษณะเป็นทรงกลมแข็งซึ่งปริมาตรขึ้นอยู่กับภาชนะที่บรรจุ และไม่มีแรงกระทำซึ่งกันและกัน ในทางปฏิบัติไม่มีก๊าซใดประพฤติตัวเป็นไปตามกฎนี้อย่างสมบูรณ์ แต่ที่อุณหภูมิและความดันปกติที่มีค่าไม่มากนัก กฎของก๊าซสมบูรณ์จะให้ค่าที่แตกต่างจากค่าจริงเพียงมีมากนัก

กฎของก๊าซอุดมคติ ที่ถูกนิยามขึ้นโดย Boyle กล่าวไว้ว่า ปริมาตรของก๊าซเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าอุณหภูมิสมบูรณ์ และเป็นสัดส่วนผกผันกับค่าความดันสมบูรณ์ ซึ่งแสดงได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$PV = nRT$$

P คือ ค่าความดันสมบูรณ์ (N/m^2)

V คือ ปริมาตรของก๊าซ (m^3)

N คือ กิโลกรัมโมลของก๊าซ (kg mol of gas)

T คือ อุณหภูมิสมบูรณ์ (K)

R คือ ค่าคงที่ของก๊าซ ซึ่งมีค่า 8314.3 kg m^2/kg mol s^2 K

ก๊าซผสมอุดมคติ (Ideal Gas Mixtures)

กฎของ Dalton สำหรับก๊าซผสมอุดมคติได้ให้ไว้ว่าความดันรวมของก๊าซผสมจะมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าความดันย่อยของก๊าซแต่ละชนิด

$$P = p_A + p_B + p_C + \text{.....}$$

โดย P หมายถึงค่าความดันรวม p_A ,p_B,p_C,…. หมายถึงค่าความดันย่อยขององค์ประกอบ A,B,C…. ในของผสม

เนื่องจากจำนวนโมลขององค์ประกอบ มีค่าเป็นสัดส่วนกับค่าความดันย่อยของมันเอง ดังนั้นค่าของสัดส่วนโดยโมลขององค์ประกอบจึงมีค่าเป็น

$$x_A = \frac{p_A}{P} = \frac{p_A}{p_A + p_B + p_{C+\text{.....}}}$$

ค่าสัดส่วนโดยปริมาตร (Volume fraction) มีค่าเท่ากับค่าสัดส่วนโดยโมล ก๊าซผสมจึงมักแสดงในเทอมของค่าสัดส่วนโดยโมล และจะไม่ใช้ในเทอมของสัดส่วนโดยน้ำหนัก (weight fraction) สำหรับวัตถุประสงค์ทางวิศวกรรม การใช้กฎของ Dalton ก็ให้ความถูกต้องในการคำนวณอย่างเพียงพอที่จะใช้กับของผสมจริงที่ค่าความดันรวมของบรรยากาศมีค่าต่ำ ๆ

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงเปลี่ยนหน่วยต่อไปนี้

   1.1 หน่วยวัดแรง lb ให้เป็น N

   1.2 หน่วยค่ากำลังงาน W ให้เป็น BTU/hr

   1.3 หน่วยพื้นที่ n^2 ให้เป็น m^2

   1.4 หน่วยความหนาแน่น lb_m/ft^3 ให้เป็น kg/m^3

   1.5 หน่วยปริมาตร ft^3 ให้เป็น liter

2. กำหนดให้ความหนืดของน้ำที่ 60 ^{0}F เป็น 1.16 เซนติพอยส์ (cP) ให้หาความหนืดในหน่วยของปอนด์ต่อฟุตต่อวินาที

3. ให้หาพลังงานจลน์ของน้ำ 100 ปอนด์ ไหลผ่านท่อด้วยความเร็ว 10 ฟุตต่อวินาที
กำหนดให้ พลังงาน = แรง (ปอนด์แรง) x ระยะทาง (ฟุต) และพลังงานจลน์ (E) = ½ mv^2

4. ความดันของไอน้ำมีค่าเป็น 10 บรรยากาศ (atm) จงหาความดันในหน่วยต่าง ๆ ต่อไปนี้

   4.1 มม.ปรอท (mm.Hg)

   4.2 ปาสคาล (Pa)

   4.3 ปอนด์แรงต่อตารางนิ้ว (psi)

   4.4 บาร์ หรือกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm^2)

5. ถ้าความดันเกจของก๊าซในถังเก็บเป็น 22.4 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ให้หาความดันสมบูรณ์ของก๊าซในถังเก็บเป็นดังข้อย่อยต่าง ๆ ด้านล่าง โดยกำหนดให้ความดันของบรรยากาศเป็น 28.6 นิ้วปรอท

   5.1 ปอนด์ต่อตารางฟุต

   5.2 นิ้วปรอท

   5.3 นิวตันต่อตารางเมตร