

## take note : IceBorwornat บหนা

ຮຽນພາຍໃຕ້ຂອງວິຊາພິສິກສ



ການວັດ ແລະ ການແປຣຄວາມໝາຍຂໍ້ມູນທາງພິສິກສ

ເທັກໂນໂລຢີ (technology) ມາຍຄືວິທາການທີ່ເກີ່ວກັບສິລະປະໃນການສ້າງ ພລິຕ ອີເອໄຈຸປະໂຫຍດຕ່າງໆ ເພື່ອຈຳນວຍ ປະໂຍໜ໌ຕ່ອມນຸ່ມຍື່ດີຕຽດ ອ້ອນສິ່ງຕ່າງໆ ທີ່ມີນຸ່ມຍື່ສອຍໄດ້

## ວິທາຄາສຕ່ວ Science

ທີ່ວິທາຄາສຕ່ວຮຽນພາຍໃຕ້ (Natural science) ມາຍຄື່ອງ ອົງຄໍຄວາມຮູ້ແລະ ວິຊີກາຮາຄວາມຮູ້ດ້ວຍວິທີທາງວິທາຄາສຕ່ວ (Scientific method) ແບ່ງເປັນ

1. ວິທາຄາສຕ່ວຊີວາພ ( Biological science) ຈຶ່ງສຶກສາເກີ່ວກັບສິ່ງມີชົວ
2. ວິທາຄາສຕ່ວກາຍກາພ (Physics science) ຈຶ່ງສຶກສາເກີ່ວກັບສິ່ງມີມີ້ວິວ ໂດຍພິສິກສ Physics ຈັດໝູໃນ ວິທາຄາສຕ່ວກາຍກາພ

## ພິສິກສ ( Physics)

ພິສິກສ ( Physics) ມາຈາກພາກຊາກຣີກ ທີ່ມີຄວາມໝາຍວ່າ ຮຽນພາຍໃຕ້ (Nature) ດັ່ງນັ້ນ ພິສິກສ ມາຍຄື່ອງຮາວທີ່ເກີ່ວກັບ ປຽກງູກຮຽນທາງຮຽນພາຍໃຕ້ທີ່ໜ້າ ຄວາມສັນພັນຈົບຂອງສາຮາກັບພັດງານໂດຍສ່ວນໃໝ່ເກີ່ວຂອງກັບສິ່ງທີ່ມີມີ້ວິວ ໂດຍສຶກສາຈາກ ການສັ່ງເກົດ ຮົບຮມຂໍ້ມູນຕ່າງໆ ເພື່ອຫາຄວາມສັນພັນຮ່ວາງສິ່ງຕ່າງໆ ຈນສຸປເປັນທຸກໆກົງແລະກູງ ນອກຈາກນີ້ຄວາມຮູ້ທາງພິສິກສຍັງ ໄດ້ມາຈາກຈິນຕາກຮຽນໂດຍການສ້າງແບບຈຳລອງ (model) ທາງຄວາມຄິດໂດຍໃໝ່ຫຼັກການຂອງພິສິກສສິ່ງນຳໄປສູ່ການສຸປເປັນທຸກໆກົງ ແລະ ມີການທດລອງເພື່ອຕຽບສອບທຸກໆກົງນັ້ນໆ

ຄວາມຮູ້ທາງພິສິກສເກີດຈາກ

1. ຄືອຈາກການສັ່ງເກົດປຽກງູກຮຽນຮຽນພາຍໃຕ້ແລະ ການທດລອງ
2. ການສ້າງແບບຈຳລອງທາງຄວາມຄິດ ອ້ອນສິ່ງທີ່ມີມີ້ວິວ ເຊັ່ນ ແບບຈຳລອງອະຕອມ ການສ້າງແບບຈຳລອງຂອງຮອຍນິຕ ປະໜັດພັດງານ ແລ້ວທດລອງໃຊ້ຈົນໄດ້ຜລ ຈຶ່ງນຳໄປປະຕິໜູ້ ອ້ອນສ້າງເປັນຮອຍນິຕ

ຄວາມຮູ້ - ທຸກໆກົງ ຄືອສົມມຕິຖານທີ່ໄດ້ພິສູນໄວ້ແລ້ວວ່າເປັນຈິງແລະ ມີຄວາມຄຸກຕ້ອງກາຍໃຕ້ເຈື່ອນໄຂນັ້ນ  
- ກູງ ຕົວທຸກໆກົງທີ່ເປົ້າແລະເປັນຈິງເສມອ ເຊັ່ນ ກູງກາຮະທ້ອນແສງ ກູງກາຮະເຄລືອນທີ່  
ຂອງນິວຕັນ

ຂອບເຂດຂອງວິຊາພິສິກສ

ຂອບເຂດຂອງວິຊາພິສິກສ ມາຍຄື່ອງ ຄວາມເຂົ້າຄື້ອງໄດ້ຂອງຄວາມຮູ້ພິສິກສໃນເວລາໄດ້ເວລານິ່ງນັ້ນ ຫັ້ນຍູ້ກັບປິດຈຳກັດຂອງການສັ່ງເກົດ ແລະ ປະສິທິພາພຂອງເຄື່ອງນິ້ວມື້ອ ເຊັ່ນ ການໃຊ້ເຄື່ອງນິ້ວມື້ອ ເຊັ່ນ ການໃຊ້ເຄື່ອງນິ້ວມື້ອ ໄດ້ລະເອີ້ນວ່າເຄື່ອງນິ້ວມື້ອ ໄດ້ລະເອີ້ນວ່າເຄື່ອງນິ້ວມື້ອ

ສາຂາຕ່າງໆທາງພິສິກສຈ້າງແບ່ງໄດ້ເປັນ 2 ກລຸມຄື້ອ

1. ພິສິກສແພນເດີມ Classical physics ເປັນຄວາມຮູ້ທີ່ເກີດຂຶ້ນກ່ອນໄດ້ແກ່ ຄວາມຮອນ (heat) ແລະ (light) ເສີຍງ sound ແມ່ເໜັກໄຟຟ້າ Electromagneticsm ແລະ ກລັດສາສຕ່ວ Mechanics ເປັນຕົ້ນ
2. ພິສິກສແພນໃໝ່ Modern physics ເຊັ່ນພິສິກສອະຕອມແລະ ພິສິກສນິວເຄລີຍ໌ ເປັນຕົ້ນ

## ปริมาณทางฟิสิกส์

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาฟิสิกส์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

- 1.1 **ข้อมูลเชิงคุณภาพ** (Qualitative data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการบรรยายสภาพของสิ่งที่สังเกตได้ตามขอบเขตของการรับรู้ เช่น การระบุลักษณะรูปทรง ลักษณะพื้นผิว สี กลิ่น รส เป็นต้น **ไม่มีมีค่า**  $\rightarrow$  **เชิงคุณภาพ**
- 1.2 **ข้อมูลเชิงปริมาณ** (Quantitative data) เป็นปริมาณที่สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือโดยตรงหรือทางอ้อม เป็นปริมาณที่มีความหมายเฉพาะเจาะจงอย่างเดียวอย่างหนึ่ง เช่น ปริมาตร มวล น้ำหนัก ความเร็ว อุณหภูมิ เวลา เป็นต้น ปริมาณเหล่านี้จะต้องมีหน่วยกำกับชัดเจน เช่น ปริมาตรอาจมีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร ลูกบาศก์ฟุต ลิตร เป็นต้น

การบันทึกข้อมูลเชิงปริมาณ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ปริมาณการวัดตัวเลขและผลการวัด และหน่วย ดังนี้

ปริมาณที่วัด	ตัวเลข	หน่วย
ระยะทาง	200	เมตร
เวลา	30	วินาที

หน่วย ; -;

## \* หน่วย ปริมาณและหน่วยของปริมาณ

เพื่อให้การใช้หน่วยเป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก โดยเฉพาะวงการวิทยาศาสตร์ องค์กรระหว่างชาติเพื่อการมาตรฐาน ( International Organization for Standardization) ได้กำหนดให้กำหนดระบบหน่วยมาตรฐานที่เรียกว่า ระบบเอสไอ ( SI Unit ซึ่งย่อมาจาก Systeme Internationals Unit) ให้ทุกประเทศใช้เป็นมาตรฐาน ระบบเอสไอ ประกอบด้วย หน่วยฐาน หน่วยเสริม หน่วยอนุพันธ์ และคำอุปสรรค

1. **ปริมาณฐาน ( Base quantites ) และหน่วยฐาน (Base units)** เป็นปริมาณที่ถูกกำหนดขึ้นเป็นพื้นฐาน การวัด มี 7 ปริมาณ 7 หน่วย ได้แก่

ความยาว , มวล , เวลา , กระแสไฟฟ้า , ปริมาณสาร , อุณหภูมิอุณหพลวัต และความเข้มของการส่องสว่าง

ตาราง แสดงปริมาณฐานและหน่วยในระบบ SI **System International Units** **มาตรฐานสากล**

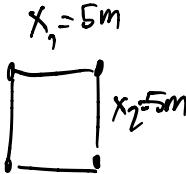
ปริมาณฐาน "ตัวตั้งต้น" Base quantites	สัญลักษณ์ปริมาณ "สัญลักษณ์ตัวตั้งต้น"/ "สัญลักษณ์ตัวตั้งต้น"	ชื่อหน่วย Units	สัญลักษณ์ Symbols
Length = ความยาว	$L$ (length)	metre = เมตร	m
mass = มวล	$m$ (mass)	kilogram = กิโลกรัม	kg
time = เวลา	$t$ (time)	second = วินาที	s
Electric current = กระแสไฟฟ้า	$I$	ampere = แอมเปอร์	A
Thermodynamic temperature = อุณหภูมิ อุณหพลวัต	$T$	kelvin = เคลวิน	K
Amount of substance = ปริมาณสาร	$n$	mole = โมล	mol (mole)
Luminous intensity = ความเข้มของการส่องสว่าง	$I$	candela = แคนเดลา	cd

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} = \frac{R}{4} = \frac{K-273}{5}$$

$$C = K - 273$$

→ ลักษณะของตัวตั้งต้น →  
ไม่ต้องคำนวณ !!

ต้องคำนวณตัวตั้งต้น →  
ไม่ต้องคำนวณ !!



ร่องรอย = บริจกานต์ฐานอยู่บนดิน = บริจกานต์มีการอ้างอิง

2. ปริมาณอนุพัทธ์ (Derived quantities) และหน่วยอนุพัทธ์ (Derived Units)
- เป็นปริมาณที่เกิดจาก ปริมาณฐานคูณกัน หรือหารกัน เช่น พื้นที่ปริมาตร อัตราเร็ว ฯลฯ
2. ความเร็ว = ระยะ / เวลา
- $= \frac{m}{s}$

$$\text{Area} = x_1 x_2 (5) = 25 \text{ m}^2$$

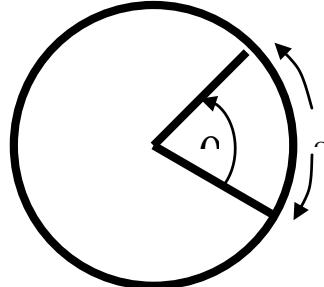
ตาราง แสดงปริมาณอนุพัทธ์ และหน่วยในระบบ SI

ชนิดของอนุพัฒน์ Quantity	ปริมาณ Quantity	สัญลักษณ์ Symbol	หน่วย Unit	สัญลักษณ์ Symbol	หน่วยอื่นที่เทียบเท่า Equivalent units
Frequency ความถี่	$f_x$	Hertz เฮิรตซ์	Hz		$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
Force แรง	F	Newton นิวตัน	N		$1 \text{ N} = 1 \text{ m kg s}^{-2}$
Pressure ความดัน	P	pascal พาสคัล	Pa		$1 \text{ Pa} = 1 \text{ m}^{-1} \text{ kg s}^{-2}$ $= 1 \text{ N/m}^2$
energy, work, quantity of head พลังงาน, งาน, ปริมาณความร้อน	E	Joule จูล	J		$1 \text{ J} = 1 \text{ m}^2 \text{ kgs}^{-2} = 1 \text{ Nm}$

### 3. หน่วยเสริม (Supplementary Units) มี 2 หน่วยคือ

วงศาศистемองศาสตร์

3.1 เรเดียน (Radian : rad) เป็นหน่วยวัดมุมบนระนาบ (plane angle)



กำหนดให้

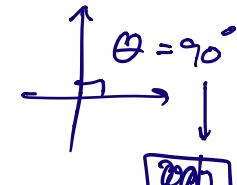
r คือรัศมีของวงกลม

$\theta$  คือมุมบนระนาบที่จุดศูนย์กลางของวงกลม

s คือ ความยาวส่วนโค้งของวงกลมที่องรับมุมบนระนาบ  $\theta$

← ดูดู [rad]

Boxed text:  
Newton (Force)  
Joule (Energy)  
Pascal (Pressure)



โดย  $\theta$  มีหน่วยเป็นเรเดียน (rad)

$$2\pi \text{ rad} = 360^\circ$$

$2\pi \text{ rad}$  เท่ากับ  $360^\circ$

ข้อสังเกต

- มุม 1 เรเดียน คือมุม  $\theta$  ที่องรับความยาวส่วนโค้ง s ที่มีความยาวเท่ากับรัศมีของวงกลม

- มุ่รอบจุดศูนย์กลางวงกลม 1 รอบ คือ  $2\pi$  หรือ 6.28 เรเดียน ซึ่งก็คือ  $360^\circ$

3.2 สเตเรเดียน (steradian : sr) เป็นหน่วยวัดมุมตัน (solid angle)

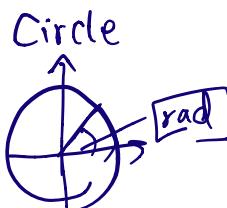
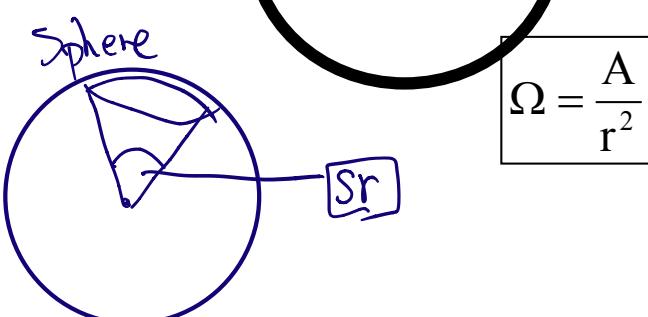
กำหนดให้

r คือรัศมีของทรงกลม

$\Omega$  คือ มุมตันมีรูปร่างเป็นกรวยกลมที่จุดศูนย์กลางของทรงกลม

A คือ พื้นที่ผิวของทรงกลมที่องรับมุมตัน  $\Omega$

โดย  $\Omega$  มีหน่วยเป็นสเตรเดียน (sr)



หากหัวเขี้ยวเริ่มจาก SI  $\rightarrow$  วิธีรากศักราชที่ใช้ในชีวิต<sup>4</sup>

คำอุปสรรค (Prefix) ex ความสูงของภูเขา (0.06000 m) = 1 μm

นอกจากนี้ระบบหน่วยเอสโตรอย่างกำหนดตัวนำหน้าหน่วย หรือเรียกว่า คำอุปสรรค (prefixes) เพื่อให้หน่วยที่ใช้เดียวกัน หรือโตขึ้น ซึ่งมีดังต่อไปนี้

มวล 5,200,000 kg

เจลอนในชีวิตรากศักราช (Scientific Style)

เดือนในชีวิตรากศักราช

$$l = 1 \times 10^{-6} m$$

$$m = 5.2 \times 10^6 kg$$

ตาราง แสดงชื่อและสัญลักษณ์ย่อที่ใช้แทนคำอุปสรรค

ตัวนำหน้ามาตรฐาน	ชื่อภาษาไทย	สัญลักษณ์ย่อ	ตัวคูณที่เทียบเท่า
exa-	เอกซ่า	E	$10^{18}$
peta-	เพต้า	P	$10^{15}$
tera-	เทรา	T	$10^{12}$
giga-	จิกะ	G	$10^9$
mega-	เมกกะ	M	$10^6$
kilo-	กิโล	k	$10^3$
hecto-	เอกโต	h	$10^2$
deka-	เดคา	da	$10^1$
หน่วยมาตราฐานกลาง			$10^0 = 1$
deci-	เดซิ	d	$10^{-1}$
centi-	เซนติ	c	$10^{-2}$
milli-	มิลลิ	m	$10^{-3}$
micro-	ไมโคร	μ	$10^{-6}$
nano-	นาโน	n	$10^{-9}$
pico-	พิโก	p	$10^{-12}$
femto-	เฟมโต	f	$10^{-15}$
atto-	อัตโต	a	$10^{-18}$

### ตัวอย่างการนำคำอุปสรรคไปใช้

ควรเลือกใช้ให้เหมาะสม และเลือกใช้ได้เพียงตัวเดียวเท่านั้น สำหรับคำอุปสรรคที่นำหน้าหน่วยที่มีกำลัง แสดงว่าคำอุปสรรคนั้นก็มีกำลังเท่ากับหน่วยนั้นด้วยดังตัวอย่าง

กระแสไฟฟ้า  $0.000005 A = 5 \times 10^{-6}$  เขียนเป็น  $5 \mu A$  มากกว่าที่จะเขียนเป็น  $0.005 mA$  หรือ  $5,000 nA$

กำลังไฟฟ้าขนาด  $6,000,000 W = 6 \times 10^6 W$  เขียนเป็น  $6 MW$  มากกว่าที่จะเขียนเป็น  $6,000 kW$  หรือ  $0.006 GW$

## การเปลี่ยนหน่วย $\rightarrow$ แปลงคำอุปสรรค $\rightarrow$ หน่วยจริง

ในการวัดปริมาณต่างๆ ในบางครั้งยังมีหน่วยวัดอื่นมาไม่ใช่หน่วยในระบบเอสโอล หรือ เป็นหน่วยในระบบ เอสโอล แต่ มีคำอุปสรรคอยู่ด้วย หากมีความเป็นต้องเปลี่ยนเป็นหน่วยที่ต้องการ เพื่อนำไปแทนค่าในสูตรหรือสมการต่างๆ ในทาง วิทยาศาสตร์ ก็มีวิธีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

### 1. การเปลี่ยนหน่วยจากมีคำอุปสรรคเป็นหน่วยที่ไม่มีคำอุปสรรค (ตัดคำอุปสรรค ให้ เอาค่ามาคูณ)

หลักการ เปลี่ยนสัญลักษณ์ เป็นตัวเลข

$$\text{ex} \quad 7\text{ km} = ?\text{ m}$$

ตัวอย่าง 2.1 จงเปลี่ยน  $60 \mu\text{m}$  เป็นหน่วย m

$$60 \mu\text{m} = 60 \times 10^{-12} \text{ m} \quad \text{Ans.}$$

$$5 \text{ Mg} = 5 \times 10^6 \text{ m} \quad \text{Ans.}$$

### 2. การเปลี่ยนหน่วยจากไม่มีคำอุปสรรคเป็นหน่วยที่มีคำอุปสรรค (เติมคำอุปสรรค ให้ เอาค่ามาหาร)

ตัวอย่าง 1.1 จงเปลี่ยนความยาว 7 เมตรเป็นหน่วย พิกोเมตร

ดังนี้

วิธีที่ 1 ให้นำคำอุปสรรคนั้นมาคูณและหารหน่วยจากนั้นเปลี่ยนคำอุปสรรคตัวหารเป็นตัวคูณที่เทียบเท่า

$$\text{ex} \quad 7 \text{ m} = ?\text{ cm}$$

$$7 \text{ m} = \frac{7 \text{ pm}}{p} \quad (\text{นำ } p \text{ มาคูณและหาร})$$

$$= \frac{7 \text{ pm}}{10^{-12}} \quad (\text{เปลี่ยน } p \text{ ตัวหารเป็น } 10^{-12}) \quad \text{หรือเติมคำอุปสรรค } p \text{ ให้ เอาค่า } 10^{-12} \text{ มาหาร}$$

$$7 \text{ m} = 7 \times 10^{-12} \text{ pm} \quad \text{Ans.}$$

### 3. การเปลี่ยนหน่วยจากมีคำอุปสรรคเป็นหน่วยที่มีคำอุปสรรคอื่น (ตัดคำอุปสรรค ให้ เอาค่ามาคูณ เติมคำ อุปสรรค ให้ เอาค่ามาหาร)

จะได้  $7 \text{ km} = ?\text{ cm}$  ตัด  $k = 10^3$  มาคูณ เติม  $c = 10^{-2}$  เอาค่ามาหาร

$$7 \text{ km} = 7 \times 10^3 / 10^{-2} \text{ cm}$$

$$7 \text{ km} = 7 \times 10^5 \text{ cm} \quad \text{Ans.}$$

$$\text{ex} \quad 7 \text{ km} = ?\text{ cm}$$

$$= 7 \text{ km} \times \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ cm}}{10^{-2} \text{ m}}$$

$$= 7 \times 10^5 \text{ cm}$$

### 3. การเปลี่ยนหน่วยจากมีคำอุปสรรคเป็นหน่วยที่มีคำอุปสรรคอื่น หลักการ

1. เปลี่ยนจากหน่วยใหญ่ไปหน่วยเล็ก คูณด้วย  $10^x$

2. เปลี่ยนจากหน่วยเล็กไปหน่วยใหญ่ คูณด้วย  $10^{-x}$

3. X คือ ผลต่างของเลขยกกำลังของหน่วยนั้นๆ (กำลังหน่วยใหญ่ - กำลังหน่วยเล็ก)

ตัวอย่าง 3.1 จงเปลี่ยน  $1.5 \text{ km}$  เป็นหน่วย  $\mu\text{m}$

$$k = 10^3, \mu = 10^{-6}$$

$$x = 3 - (-6) = 9$$

$$\text{ดังนั้น } 1.5 \text{ km} = 1.5 \times 10^9 \mu\text{m} \quad (\text{ใหญ่ไปเล็กເອັກເປັນບວກ})$$

$$= 1.5 \times 10^9 \mu\text{m} \quad \text{Ans.}$$

(ex)

$$5 \text{ Mm} \times \frac{10^6 \text{ m}}{1 \text{ Mm}} \times \frac{1 \text{ cm}}{10^2 \text{ m}}$$

$$= 5 \times 10^6 \times 10^2 \text{ cm}$$

$$= 5 \times 10^8 \text{ cm}$$

ตัวอย่าง 3.2 ระยะห่างระหว่างเมืองสองเมืองเท่ากับ 40 กิโลกรัม ให้เป็นมิลลิกรัม

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad 40 \text{ kg} &= 40 \times 10^3 / 10^{-3} \text{ mg} \quad \text{ตัด K เติม m} \\ &= 40 \times 10^6 \text{ mg} \\ 40 \text{ km} &= 4.0 \times 10^7 \text{ mg} \end{aligned}$$

#### 4. การเปลี่ยนหน่วยรูปแบบอื่นๆ + ใบสั่น หน่วยครัวเรือน

4.1 หลักการเปลี่ยนพื้นที่ ให้เปลี่ยนหน่วยธรรมดาก่อนแล้วจึงยกกำลังสองทั้งสองข้าง

4.2 หลักการเปลี่ยนปริมาตร ให้เปลี่ยนหน่วยธรรมดาก่อนแล้วยกกำลัง ~~สอง~~ ทั้งสองข้าง

\* ที่มา

4.3 เปลี่ยน km/hr เป็น m/s คูณด้วย  $\frac{5}{18}$

$$1 \text{ hr} = 60 \times 60 \text{ s}$$

4.4 เปลี่ยน m/s เป็น km/hr คูณด้วย  $\frac{18}{5}$

$$1 \text{ hr} = 3600 \text{ s}$$

ตัวอย่าง 4.1 สารชนิดหนึ่งวัดความหนาแน่นได้ 500,000 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สารนี้มีความหนาแน่นเท่าใดในหน่วยกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

$$500,000 \mu\text{g}/\text{cm}^3 = \text{g}/\text{m}^3$$

Chemical Version

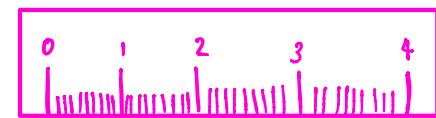
$$\left| \frac{500,000}{1 \text{ cm}^3} \text{ } \cancel{\text{mg}} \right. \times \left. \frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} \right. \times \left. \frac{1 \text{ g}}{10^6 \text{ kg}} \right. = 500,000 \text{ g/m}^3$$

= จำนวนความคงทน เคลื่อนก่อฯ จําฯ ... =

#### เลขนัยสำคัญ

เลขนัยสำคัญ (Significant figure) คือ เลขที่มีความหมายหรือความสำคัญในปริมาณที่วัดได้หรือแสดงออกมา เช่น การวัดความยาวของเส้นลวดวัดได้เป็น 20.0 และ 20.00 เซนติเมตร ซึ่งถือว่ามีเลขนัยสำคัญเท่ากับ 3 ตัวและ 4 ตัว ตามลำดับ เป็นต้น

①



หลักในการนับเลขนัยสำคัญ

- เลขทุกตัวที่ไม่ใช่ 0 เป็นเลขนัยสำคัญ
- เลข 0 ที่อยู่ระหว่างตัวเลขนัยสำคัญเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น 506, 1.0345 มีเลขนัยสำคัญ 3 และ 5 ตัวตามลำดับ
- เลข 0 ที่อยู่ด้านซ้ายสุดไม่เป็นเลขนัยสำคัญ เช่น 02134, 0.0056 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว และ 2 ตัว ตามลำดับ
- เลข 0 ที่อยู่ด้านขวาเมื่อ แต่อยู่หลังจุดทศนิยมเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น 452.0, 1.000, 0.0005000 ทุกตัวมีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว
- เลข 0 ที่อยู่ทางขวาเมื่อของเลขจำนวนเต็มแต่ไม่เป็นเลขทศนิยม จะบอกเลขทศนิยมได้ไม่ชัดเจน เช่น เลข 5000

ถ้ามีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว ควรเขียนเป็น  $5.000 \times 10^3$

ถ้ามีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว ควรเขียนเป็น  $5.00 \times 10^3$

ถ้ามีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว ควรเขียนเป็น  $5.0 \times 10^3$

ถ้ามีเลขนัยสำคัญ A  
↓  
น่าจะเขียนมากกว่า

ถ้ามี Scale ประมาณ 10<sup>3</sup> → น้ำหนักคงที่

เข้าใจแล้ว

จาก Physics ⇒ ใกล้ เกิน ต้องยกให้เจ้า ⇒ เข้าใจเป็น 10<sup>3</sup>

(6) คุณภาพสำคัญจากการดู เป็นหลัก \*

## การบวกลบคูณและหารเลขนัยสำคัญ

- การบวกลบเลขมีตัวดำเนินการ ผลลัพธ์ที่ได้จะมีตัวเลขหลังจุดทศนิยมเท่ากับจำนวนตัวเลขหลังจุดทศนิยมที่น้อยที่สุดของตัวเลขที่นำมาบวกลบกัน เช่น  $1.234 + 5.42 = 6.65$  (ทศนิยมเป็นหลัก น้อยสุดคือคำตอบ)

- การคูณหารเลขนัยสำคัญ ผลลัพธ์ที่ได้จะมีตัวเลขนัยสำคัญเท่ากับจำนวนตัวเลขนัยสำคัญที่น้อยที่สุดของกลุ่มตัวเลขที่มาคูณหรือหารกัน เช่น  $2.45 \times 3.2 = 7.8$ ,  $(8.45)^2 = 71.4$  เป็นต้น (นัยสำคัญเป็นหลัก น้อยสุดเป็นคำตอบ)

## గచ్ఛియమ నేఱియక్క వుణ

### การวัดและความผิดพลาดหรือความไม่แน่นอนในการวัด

การวัดปริมาณต่างๆ ด้วยเครื่องมือ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ย่อมวัดได้แม่นยำโดยมีขีดจำกัดในระดับหนึ่ง โดยทั่วไปจะมีความผิดพลาด (Error) อยู่เสมอ โอกาสที่จะวัดได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงของปริมาณที่วัดได้จะมากหรือน้อยขึ้นกับเครื่องมือ วิธีการวัด สถานการณ์ที่ทำการวัด ความสามารถและประสบการณ์ของผู้ที่ทำการวัด และปัจจัยอื่นๆ ซึ่งสรุปสาเหตุของความคลาดเคลื่อนได้จาก 3 แหล่งคือ

1. Groos error เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความสะพร่า เช่น ของเรารေง แก้ไขโดยการระมัดระวังและทำการทดลองหลายครั้ง
  2. Systemtic error เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัดและใช้เครื่องมือแบบผิดวิธี หรือไม่ได้ใช้เครื่องมือในสภาพแวดล้อมที่ต่างไปจากที่กำหนดให้ใช้ เป็นต้น แก้ไขโดยการ calibrate เครื่องมือ หรือเลือกวิธีที่เหมาะสม
  3. Random error เป็นความคลาดเคลื่อนที่นอกเหนือจากข้อที่ 1 และ 2 เช่นการอ่านสเกลจากมิเตอร์ผิดพลาดเนื่องจากพาราเลกซ์ การจับเวลาในขณะเริ่มต้น หรือหยุดเวลา เป็นต้น แก้ไขโดยทดลองหรือวัดมากๆครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

ซึ่งเมื่อทำการวัดปริมาณ  $A$  โดยตรงย่อมมีปริมาณ  $\Delta A$  ซึ่งเป็นโอกาสผิดพลาดของปริมาณ  $A$  ที่เป็นไปได้ ดังนั้นค่าที่วัดได้จะอยู่ในระหว่าง  $A \pm \Delta A$

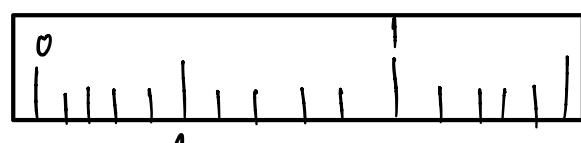
## การบันทึกค่าความคลาดเคลื่อน

ในการบันทึกค่าที่ได้จากการทดลองต้องระบุค่าความคลาดเคลื่อนด้วยทุกครั้ง เช่นการวัดค่าของปริมาณ  $X$  ซึ่งจะวัดได้เป็น  $\bar{X} \pm \Delta X$  เป็นต้น ซึ่งแสดงว่า ค่า  $X$  ที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนโดยที่มีพิสัยของค่าอยู่ระหว่าง  $\bar{X} - \Delta X$  ถึง  $\bar{X} + \Delta X$  โดยที่ค่า  $\Delta X$  เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของ  $X$

గ్రావిట్ హెసెన్ బర్గ్ ను గ్రావిట్ హెసెన్ బర్గ్ లో ఉన్న ప్రాచీన కోటి మొదలు విశేషం → దాని గొఱకగా → డైల్యూ ఫీల్డ్ వాల్ లో ఉన్న ప్రాచీన కోటి మొదలు విశేషం

## କୌଣସିଲ୍ ପାଇଁ

ການວິທະຍາ  
ມະນຸຍາ  
ມະນຸຍາ



$$A = 1 \cdot 14 \Rightarrow$$

↳ ជំនួយក្រុងផ្ទាល់

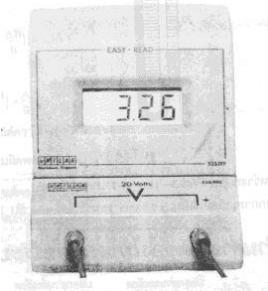
ເພື່ອກວດສອງວ່າມີກຳ  
 $\pm \Delta a$   $\xrightarrow{[cm]}$  ນັ້ນເປັນ  $B$   
 $\approx 0.01$   $\leftarrow$  ຖະນິຍາວ 20 ສິ້ວນ.

เครื่องมือที่แบ่งช่องระหว่างสเกลเท่ากัน 1 ช่อง	เครื่องมือที่แบ่งช่องระหว่างสเกลเท่ากัน 10 ช่อง
1. ความละเอียดของสเกล = $1 \text{ cm}$ 2. ความละเอียดของการวัด = $\frac{1}{10} \text{ cm}$ $= 0.1 \text{ cm}$	1. ความละเอียดของสเกล = $\frac{1}{10} \text{ cm}$ 2. ความละเอียดของการวัด = $\frac{1}{100} \text{ cm}$ $= 0.01 \text{ cm}$
บันทึกจากนี้ $1.4 \text{ cm} \pm 0.1 \text{ cm}$ ↑ เดา ↑	บันทึกจากนี้ $1.44 \text{ cm} \pm 0.01 \text{ cm}$ ↑ เดา ↑

$$\text{บันทึกค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือด้านซ้าย} = \bar{X} \pm \Delta X = 1.4 \pm 0.1$$

$$\text{บันทึกค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือด้านขวา} = \bar{X} \pm \Delta X = 1.44 \pm 0.01$$

เครื่องมือวัดแบบดิจิตอล



$$\text{ความละเอียดของการวัด} = \pm 0.01$$

$$\text{บันทึกค่าที่อ่านได้จากหน้าปัด} = \bar{X} \pm \Delta X = 3.26 \pm 0.01$$

### การบวก – ลบ ค่าความไม่แน่นอน ของการวัด (ค่าความคลาดเคลื่อน)

ความไม่แน่นอนของผลลัพธ์ เท่ากับผลบวกของความไม่แน่นอนทั้งสอง

$$(A \pm \Delta A) + (B \pm \Delta B) = (A + B) \pm (\Delta A + \Delta B)$$

$$(A \pm \Delta A) - (B \pm \Delta B) = (A - B) \pm (\Delta A + \Delta B)$$

- กรณีที่เป็น เปรอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ก็ให้ทำเป็นค่าความคลาดเคลื่อนก่อน ดังสมการ

$$(A \pm \Delta A\%) + (B \pm \Delta B\%) = (A + B) \pm \left( \frac{A.\Delta A}{100} + \frac{B.\Delta B}{100} \right)$$

$$(A \pm \Delta A\%) - (B \pm \Delta B\%) = (A - B) \pm \left( \frac{A.\Delta A}{100} + \frac{B.\Delta B}{100} \right)$$

## การคูณ - หาร ค่าความไม่แน่นอนของการวัด

$$(A \pm \Delta A\%)(B \pm \Delta B\%) = AB \pm (\Delta A\% + \Delta B\%)$$

กรณีหารก็เอาผลต่างเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนบวกกันสเข่นกัน

$$(A \pm \Delta A)(B \pm \Delta B) = AB \pm \left( \frac{\Delta A}{A} \times 100 + \frac{\Delta B}{B} \times 100 \right)\%$$

กรณีหารก็เหมือนกับคูณ

// เลขกำหนดและอัตราเร็ว ๖-๗

ลองทำดู

การเปลี่ยนหน่วย = 10 เศษ 10^-9 ทับทิม กะกัน ครูส์ 9^-9 = < ตอบนี้ครูส์ (แล้ว 96% : ) + ข้อสังเคราะห์ในข้อ

1. จงเปลี่ยน 1.5 km เป็น μm

$$1.5 \text{ km} \times \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ μm}}{10^{-6} \text{ m}} = 1.5 \times 10^9 \text{ μm}$$

2. จงเปลี่ยน 750 nm เป็น Mm

$$750 \text{ nm} \times \frac{10^9 \text{ m}}{1 \text{ nm}} \times \frac{1 \text{ Mm}}{10^9 \text{ m}} = 750 \times 10^{-15} \text{ Mm} = 7.5 \times 10^{-13} \text{ Mm}$$

3. จงเปลี่ยน 0.5 A เป็น mA

$$0.5 \text{ A} \times \frac{1 \text{ mA}}{10^{-3} \text{ A}} = 0.5 \times 10^3 \text{ mA} = 5 \times 10^2 \text{ mA}$$

4. จงเปลี่ยน 5 A เป็น μA

$$5 \text{ A} \times \frac{1 \text{ μA}}{10^{-6} \text{ A}} = 5 \times 10^6 \text{ μA}$$

5. จงเปลี่ยน 25 cm เป็น km

$$25 \text{ cm} \times \frac{10^{-2} \text{ m}}{1 \text{ cm}} \times \frac{1 \text{ km}}{10^3 \text{ m}} = 25 \times 10^{-5} \text{ km}$$

6. จงเปลี่ยน  $3 \times 10^{11} \mu\text{m}/\text{ms}$  เป็น m/s

$$\frac{3 \times 10^{11} \mu\text{m}}{1 \text{ ms}} \times \frac{1 \text{ m/s}}{10^{-3} \text{ s}} \times \frac{10^{-6} \text{ m}}{1 \mu\text{m}} = 3 \times 10^5 \times 10^3 \text{ m} = 3 \times 10^8 \text{ m}$$

7. จงเปลี่ยน 180 km/hr เป็น m/s

$$\frac{180 \text{ km}}{1 \text{ hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ s}} \times \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} = \frac{18 \times 10^4 \text{ m/s}}{36 \times 10^2} = \frac{18 \times 10^2}{36} \text{ m/s} = 5 \times 10^2 \text{ m/s}$$

8. จงเปลี่ยน 10 m/s เป็น km/hr

$$\frac{10 \text{ m}}{1 \text{ s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hr}} \times \frac{1 \text{ km}}{10^3 \text{ m}} = 36 \times 10^3 \times 10^{-3} \text{ km/hr} = 36 \text{ km/hr}$$

9. จงเปลี่ยน  $1 \text{ cm}^2$  เป็น  $\text{m}^2$

$$\cancel{1 \text{ cm}^2} \times \frac{(10^{-2} \text{ m})^2}{1 \text{ cm}^2} = 10^{-4} \text{ m}^2$$

10. จงเปลี่ยน  $2 \text{ cm}^2$  เป็น  $\text{mm}^2$

ค่าความไม่แน่นอน

1. ปริมาตรของแท่งกัน้ำที่เป็นรูปลูกบาศก์ มีด้านยาวด้านละ  $1.20 \pm 0.01$  เมตร จะเป็นเท่าใดและความคลาดเคลื่อน
- เท่าใด ความคลาดเคลื่อนคิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์

### นัยสำคัญ

1. จงบอกจำนวนนัยสำคัญต่อไปนี้

$$200.05 = \dots \text{ตัว}$$

$$0.21 = \dots \text{ตัว}$$

$$2.50 \times 10^5 = \dots \text{ตัว}$$

2. จงหาผลลัพธ์ต่อไปนี้ โดยใช้หลักเลขนัยสำคัญ

$$3.52 + 6.832 - 1.2 = \dots$$

$$3.52 \times 0.5 = \dots$$

$$\frac{5.320 \times 10^8}{0.50 \times 10^{-4}} = \dots$$

## แบบฝึกหัด ที่ 1



A.

$1 \times 10^{-2}$  เมตร อ่านว่า **1 เซนติเมตร**

$2 \times 10^{-9}$  เมตร อ่านว่า **2 นาโนเมตร**

$3 \times 10^{-3}$  เมตร อ่านว่า **3 มิลลิเมตร**

$4 \times 10^6$  เมตร อ่านว่า **4 กิโลเมตร**

$5 \times 10^{-3}$  เมตร อ่านว่า **5 มิลลิเมตร**

$6 \times 10^{12}$  เมตร อ่านว่า **6 กิโลเมตร**

$7 \times 10^{-6}$  เมตร อ่านว่า **7 นาโนเมตร**

$8 \times 10^9$  เมตร อ่านว่า **8 กิโลเมตร**

จงเติมตัวเลขเปลี่ยนค่าต่อไปนี้

$$1.0 \text{ Kg} = \dots \text{Gg}$$

$$2.0 \text{ mm} = \dots \text{cm}$$

$$3.0 \text{ Mg} = \dots \text{Eg}$$

$$4.0 \text{ cm} = \dots \mu\text{m}$$

$$5.0 \mu\text{W} = \dots \text{mW}$$

$$6.0 \text{ pg} = \dots \text{Tg}$$

$$7.0 \text{ Km} = \dots \mu\text{m}$$

$$8.0 \text{ MN} = \dots \text{KN}$$

$$9.0 \text{ ms} = \dots \text{ ns}$$

$$10.0 \text{ GHz} = \dots \text{KHz}$$



B.

1. ระยะทาง 90 กิโลเมตร มีค่าเป็น  $= \dots$  มิลลิเมตร



$$= \dots \text{ไมโครเมตร}$$

2. เวลา 24 ชั่วโมง มีค่า  $= \dots$  มิลลิวินาที

$$= \dots \text{ไมโครวินาที}$$

3. 100 วัตต์ / ตารางเมตร  $= \dots \text{ไมโครวัตต์} / \text{ตารางเมตร}$

$$= \dots \text{ไมโครวัตต์} / \text{ตารางเซนติเมตร}$$

4. ความหนาแน่น  $450 \text{ kg/m}^3 = \dots \text{g/cm}^3$

5. อัตราเร็ว  $72 \text{ km/h} = \dots \text{m/s}$

6. ระยะทางต่อไปนี้ หน่วยควรใช้อุปสรรคใดนำหน้า

ก. ความยาวของดินสอ..... ข. ความกว้างของโต๊ะเรียน.....

ค. ความกว้างของสนามฟุตบอล..... ง. ระยะทางระหว่างประเทศ.....

C. จงบอกจำนวนนัยสำคัญของเลขต่อไปนี้

1025	มีเลขนัยสำคัญ.....ตัว	$102.5 \times 10^4$	มีเลขนัยสำคัญ.....ตัว
30.345	มีเลขนัยสำคัญ.....ตัว	$0.10880 \times 10^5$	มีเลขนัยสำคัญ.....ตัว
120.487	มีเลขนัยสำคัญ.....ตัว	16.73	มีเลขนัยสำคัญ.....ตัว
0.0509	มีเลขนัยสำคัญ.....ตัว	3.001	มีเลขนัยสำคัญ.....ตัว
0.001	มีเลขนัยสำคัญ.....ตัว	3500	มีเลขนัยสำคัญ.....ตัว

D. แบบฝึกหัดการบันทึก , เลขนัยสำคัญ และการรวมเลขนัยสำคัญ

1. ปริมาณต่อไปนี้ มีนัยสำคัญกี่ตัว

ก.  $1450 \text{ g}$

ข.  $1.20 \text{ N}$

ค.  $12.205 \text{ N}$

ง.  $0.3907 \text{ m}$

จ.  $0.00153 \text{ m}$

ฉ.  $1.080 \text{ kg}$

ช.  $14.00 \text{ mm}$

ซ.  $1.93 \times 10^7 \text{ m}$

ฌ.  $1.10 \times 10^{-3} \text{ g}$

ญ.  $1.305 \text{ g/cm}^3$

ฎ.  $15,000 \text{ N}$

ฏ.  $0.0004 \text{ s}$

2. จงหาผลรวมของเลขนัยสำคัญต่อไปนี้

ก.  $0.0034 \text{ m} + 0.92 \text{ m} + 0.220 \text{ m} = \dots$  ข.  $4.02 \text{ m} + 0.622 + 0.145 \text{ m} = \dots$

ค.  $503 + 7.00 + 0.65 = \dots$  ง.  $1.425 + 7.201 + 5.10 = \dots$

จ.  $52.4 - 16.8 = \dots$

ฉ.  $71.25 - 0.2 = \dots$

ช.  $38 - 0.21 = \dots$

ซ.  $0.0015 + 2.5 = \dots$

3. จงหาผลลัพธ์ของเลขต่อไปนี้

ก.  $12.21 \times 0.3 =$

ข.  $702.4 \times 0.081 =$

ค.  $2.20 \times 4.113 =$

ง.  $107.88 \times 0.610 =$

จ.  $98.52 / 2.5 =$

ฉ.  $18.28 / 0.514 =$

ช.  $0.064 / 0.004 =$

ซ.  $9.8 / 9.1 =$

4. ในการวัดด้านของสีเหลี่ยมนูมจากรูปหนึ่งมีค่า  $4.0 \pm 0.1$  เมตร และ  $8.0 \pm 0.3$  จงคำนวณหาความคลาดเคลื่อนความยาวของเส้นรอบรูป

.....  
.....  
.....

5. จากข้อ 4 จงคำนวณหาความคลาดเคลื่อนของพื้นที่ของรูป

.....  
.....  
.....

6. จากข้อ 4 จงหาค่าต่ำสุดของเส้นรอบรูป

.....  
.....  
.....

7. จากข้อ 4 จงหาค่าต่ำสุดของพื้นที่

.....  
.....  
.....

8. จากข้อ 4 จงหาอัตราส่วนสูงสุดของด้านกว้าง ต่อ ด้านยาว เป็นเท่าไร

.....  
.....  
.....

9. ถ้าวัดด้านของลูกบาศก์ได้ด้านละ  $x$  และผิดพลาดได้ไม่เกิน  $y$  จงหาว่าปริมาตรที่ได้จะผิดพลาดเท่าไร

.....  
.....  
.....

10. จากข้อ 9 ปริมาตรสูงสุดมีค่าเท่าไร

.....  
.....  
.....

11. ในการวัดความยาวเส้นตรง X ได้ 5.0 เมตร ผิดพลาดได้ 1% และเส้นตรง Y ได้ 10.0 ผิดพลาดได้ 2% จงหาว่าจะมีความคลาดเคลื่อนรวมกันได้กี่เมตร

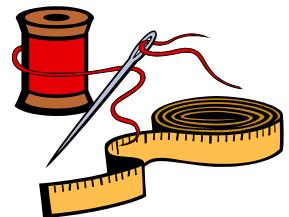
.....  
.....  
.....

แบบฝึกหัด For Test 2 ชื่อ..... เลขที่.....ห้อง.....

1.  $1 \times 10^3$  m อ่านว่า.....  $6 \times 10^{-3}$  g อ่านว่า.....
2.  $2 \times 10^{-6}$  J อ่านว่า.....  $7 \times 10^{-15}$  s อ่านว่า.....
3.  $3 \times 10^{-9}$  w อ่านว่า.....  $8 \times 10^6$  m อ่านว่า.....
4.  $4 \times 10^9$  K อ่านว่า.....  $9 \times 10^{-12}$  A อ่านว่า.....
5.  $5 \times 10^{12}$  N อ่านว่า.....  $1 \times 10^{-18}$  Hz อ่านว่า.....

จงเติมตัวเลขเปลี่ยนค่าต่อไปนี้

6.  $1.0$  GW = ..... = ..... KW
7.  $2.0$  ms = ..... = ..... ns
8.  $3.0$  EL = ..... = ..... ML
9.  $4.0$  pf = ..... = ..... mf
10.  $5.0$   $\mu$ V = ..... = ..... nV
11.  $6.0$  fJ = ..... = ..... KJ
12.  $8.0$  nm = ..... = ..... cm
13.  $9.0$  MBit = ..... = ..... KBit



14. ระยะทาง 5 ตารางกิโลเมตรมีค่าเป็น .....  $\text{cm}^2$   
= .....  $\mu\text{m}^2$



15. เวลา 12 ชั่วโมง มีค่าเป็น

= .....  $\mu\text{s}$

16. เวลา 15.0 ลูกบาศก์เมตร  
= .....  $\text{cm}^3$   
= .....  $\text{dm}^3$

17. 100 วัตต์ / ตารางเมตร  
= .....  $\mu\text{w} / \text{m}^2$   
= .....  $\mu\text{w} / \text{cm}^2$

18. ความหนาแน่น  $120 \text{ kg/m}^3$  = .....  $\text{g/cm}^3$

19. อัตราเร็ว  $25 \text{ m/s}$  = ..... km/h

แบบฝึกหัด For Test1 2

1. ปริมาณต่อไปนี้ มีนัยสำคัญกี่ตัว

- a.  $45 \text{ Kg} = \dots$  b.  $2.2 \text{ F} = \dots$  c.  $2.203 \text{ m} = \dots$  d.  $0.3947 \text{ Hz} = \dots$   
 e.  $0.0351 \text{ s} = \dots$  f.  $1.080 \text{ A} = \dots$  g.  $14.00 \text{ w} = \dots$  h.  $5.3 \times 10^7 \text{ Hz} = \dots$   
 i.  $1.160 \times 10^{-3} \text{ g} = \dots$  j.  $1050 \text{ g/cm}^3 = \dots$  k.  $25,000 \Omega = \dots$  l.  $0.00005 \text{ J} = \dots$

2. จงหาผลรวมของเลขนัยสำคัญต่อไปนี้

ก. $0.0045\text{m} + 0.093 \text{ m} + 0.235 \text{ m} = \dots$	ข. $4.5 \text{ m} + 0.635 \text{ m} + 0.145 \text{ m} = \dots$
ค. $703\text{g} + 7\text{g} + 0.66 \text{ g} = \dots$	ง. $13.425\text{s} + 7.51\text{s} + 4.0\text{s} = \dots$
จ. $502.4 \text{ J} - 16.4 \text{ J} = \dots$	ฉ. $7.55 \text{ w} - 1.2 \text{ w} = \dots$
ช. $37 \text{ g} - 0.5\text{g} = \dots$	ชช. $10.015\text{A} - 1.5\text{A} = \dots$



3. จงหาผลลัพธ์ของเลขต่อไปนี้

ก. $2.21 \times 0.3 = \dots$	ข. $72.4 \times 0.084 = \dots$	ค. $2.20 \times 4.113 = \dots$
ก. $13788 \times 2.0 = \dots$	จ. $97.52/2.5 = \dots$	ฉ. $14.28/0.10 = \dots$
ช. $0.032/0.002 = \dots$	ชช. $9.8/9.5 = \dots$	

4. ในการวัดด้านของสี่เหลี่ยมมุมฉากรูปหนึ่งมีค่า  $12.00 \pm 0.02$  เมตร และ  $8.0 \pm 0.1$  จงคำนวณหาความ

- 4.1 ความยาวเส้นรอบรูปคลาดเคลื่อนความยาวของเส้นรอบรูป .....
- 4.2 พื้นที่และความคลาดเคลื่อนของพื้นที่ .....
- 4.3 ค่าต่ำสุดสูงสุดของเส้นรอบรูป .....
- 4.5 ค่าต่ำสุดสูงสุดของพื้นที่ .....
- 4.6 อัตราส่วนสูงสุดของด้านกว้าง ต่อ ด้านยาว .....

5. จากสมการแรงเข้าสู่ศูนย์กลางของวงกลม  $F = \frac{mv^2}{R}$  กำหนดให้

$$\text{มวล} = m = 10.0 \pm 0.1 \text{ กิโลกรัม}$$

$$\text{รัศมีวงกลม} = R = 20.0 \pm 0.2 \text{ เมตร}$$

$$\text{ความเร็ว} = v = 9 \pm 1 \text{ เมตร/วินาที}$$



5.1 จงคำนวณหาเบอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของแรง  $F$  .....

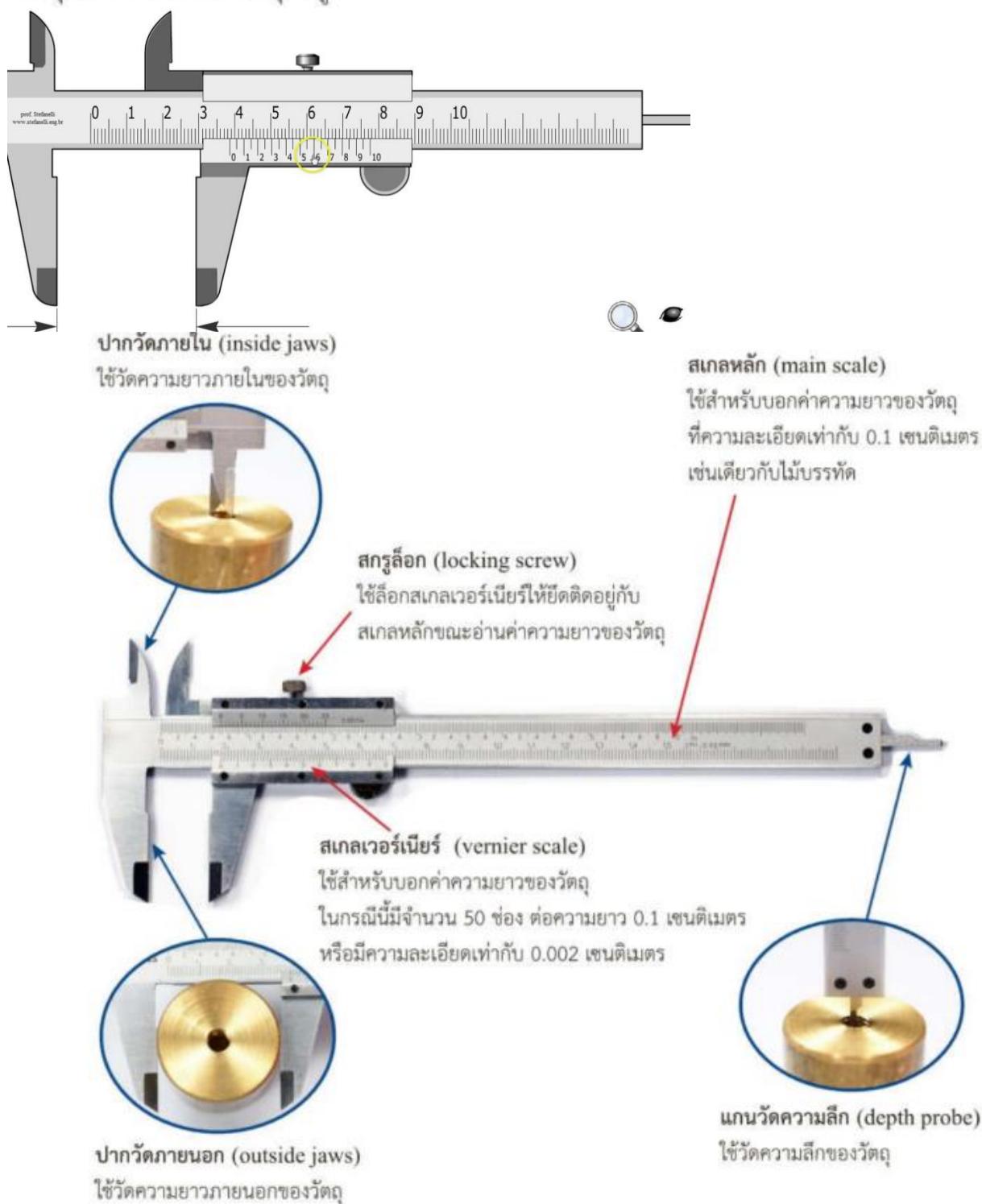
5.2 จงคำนวณหาแรง  $F$  ผิดพลาดไปกี่นิวตัน .....

5.3 จงคำนวณหาค่าแรง  $F$  มีค่ามากที่สุดเท่าไร .....

## การอ่าน VERNeir

### - การวัดความยาวด้วยเวอร์เนียร์แคลิปเปอร์

เวอร์เนียร์แคลิปเปอร์ (Vernier Calipers) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า เวอร์เนียร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความยาวหรือเส้นผ่าศูนย์กลางของวัตถุ โดยสามารถวัดได้ละเอียดถึงระดับ 0.01 เซนติเมตร หรือ 0.1 มิลลิเมตร เหมาะสำหรับใช้ในงานที่ต้องการความละเอียดและความถูกต้องสูง เช่น งานกลึงหรืองานเจียระไน โลหะ ซึ่งโดยปกติแล้วเวอร์เนียร์สามารถใช้ในการวัดได้ทั้งความยาวภายในของวัตถุ ความยาวภายนอกของวัตถุ และความลึกของวัตถุ ดังรูป



วิธีการวัดความความยาวของวัตถุที่วัดได้โดยใช้เวอร์เนียร์แคลิเปอร์สามารถทำได้ เช่น การวัดความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของวัตถุโดยใช้ปากวัดภายนอก แสดงได้ดังรูป



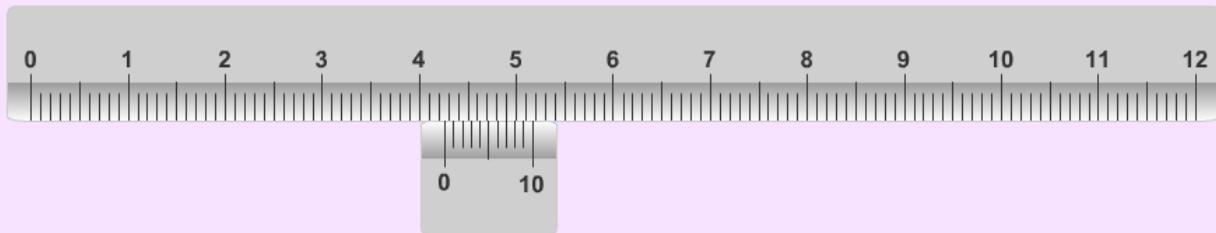
รูป 1.3 การวัดความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของวัตถุโดยใช้ปากวัดภายนอก

จากรูปสามารถอ่านค่าความยาวได้ โดยมีวิธีการดังนี้

1. อ่านค่าความยาวของวัตถุจากสเกลหลัก โดยใช้ขีดที่ 0 ของสเกลเวอร์เนียร์เป็นจุดลังก์ (ลูกศรลีดง) ซึ่งในกรณีนี้จะอ่านค่าความยาวของวัตถุได้เป็น 3.80 cm
  2. อ่านค่าความยาวของวัตถุจากสเกลเวอร์เนียร์โดยดูจากขีดของสเกลเวอร์เนียร์ที่อยู่ตรงกับขีดของสเกลหลักพอดี (ลูกศรลีเขียว) ซึ่งในกรณีนี้เป็นขีดที่ 7 จะอ่านค่าความยาวได้เป็น  $7 \times 0.002$  เซนติเมตรต่อช่อง = 0.014 cm
  3. ความยาวของวัตถุสามารถหาได้จากการรวมรวมระหว่างความยาวที่วัดได้จากสเกลหลักและสเกลเวอร์เนียร์ ซึ่งในกรณีนี้จะได้เป็น  $3.80\text{ cm} + 0.014\text{ cm} = 3.814\text{ cm}$
- ดังนั้น ความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของวัตถุนี้เท่ากับ 3.814 เซนติเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าความยาวที่วัดได้จะละเอียดกว่าการวัดโดยใช้ไม้บรรทัดซึ่งจะอ่านค่าความยาวได้เป็น 3.80 เซนติเมตร เท่านั้น

## การอ่าน VERNeir แบบต่าง ๆ

vernier au 1/10ème

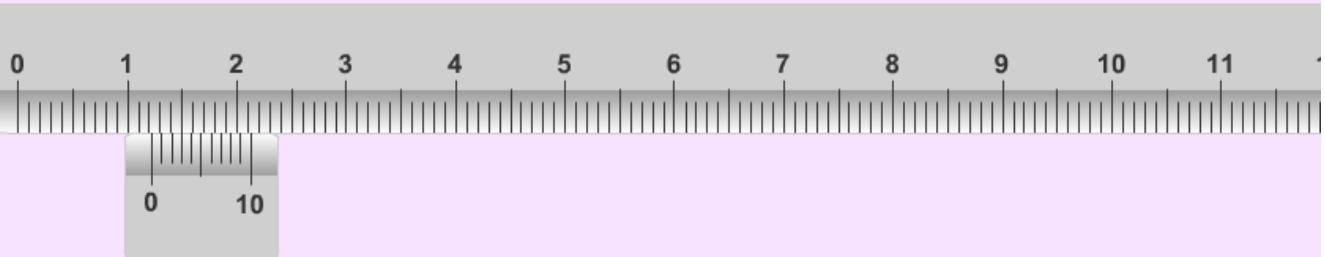


1. เสกัดหลัก = cm.

สเกลย์ออย = cm.

รวม = cm.

vernier au 1/10ème

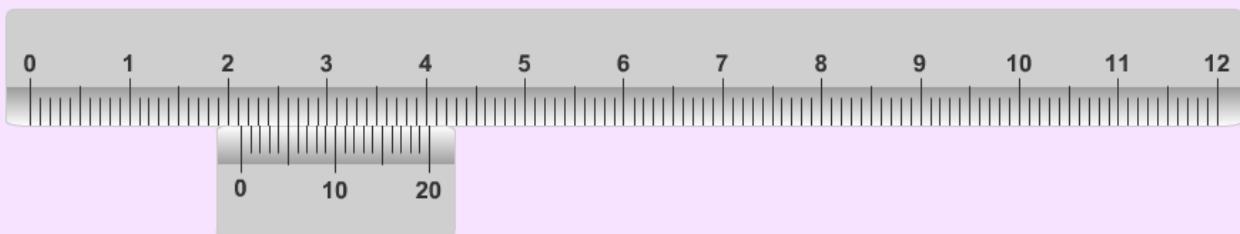


2. เสกัดหลัก = cm.

สเกลย์ออย = cm.

รวม = cm.

vernier au 1/20ème

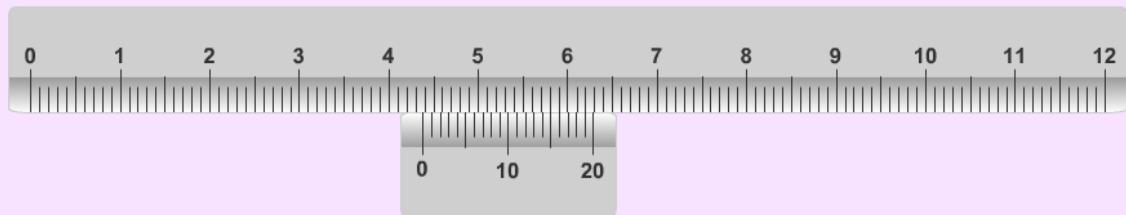


3. เสกัดหลัก = cm.

สเกลย์ออย = cm.

รวม = cm.

**vernier au 1/20ème**

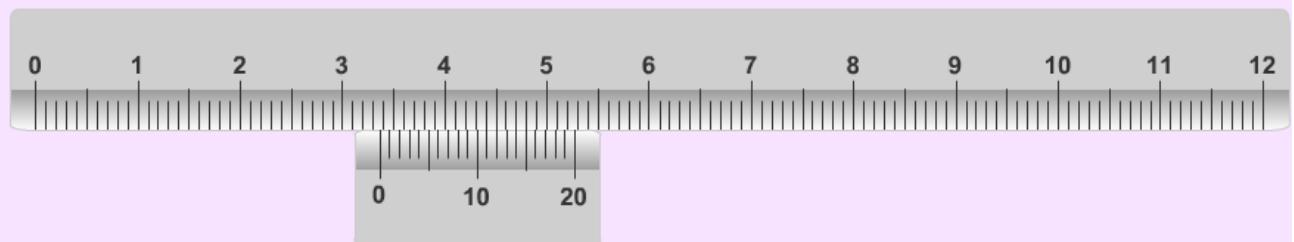


4. เสกຄลหลัก = cm.

ສເກລຍ່ອຍ = cm.

ຈວມ = cm.

**vernier au 1/20ème**

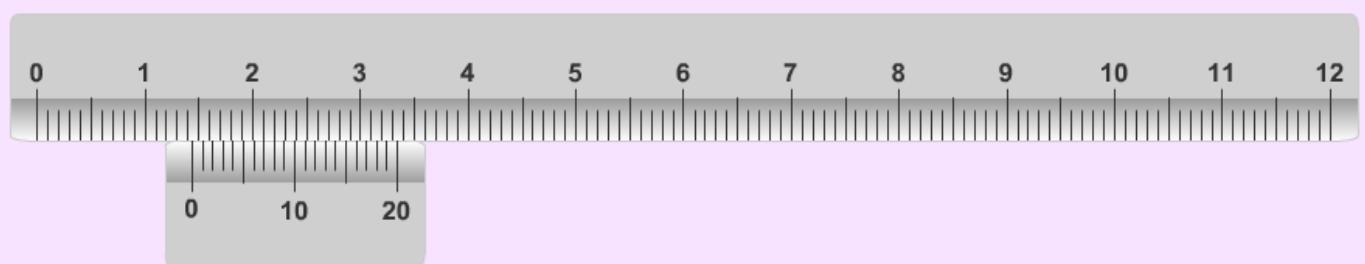


5. เสກຄลหลัก = cm.

ສເກລຍ່ອຍ = cm.

ຈວມ = cm.

**vernier au 1/20ème**

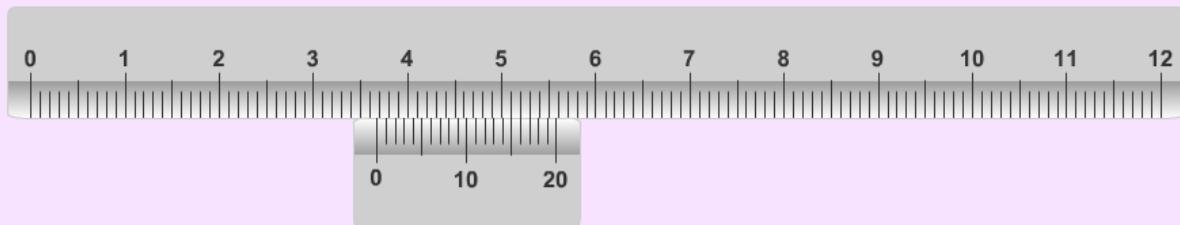


6. เสກຄลหลัก = cm.

ສເກລຍ່ອຍ = cm.

ຈວມ = cm.

**vernier au 1/20ème**

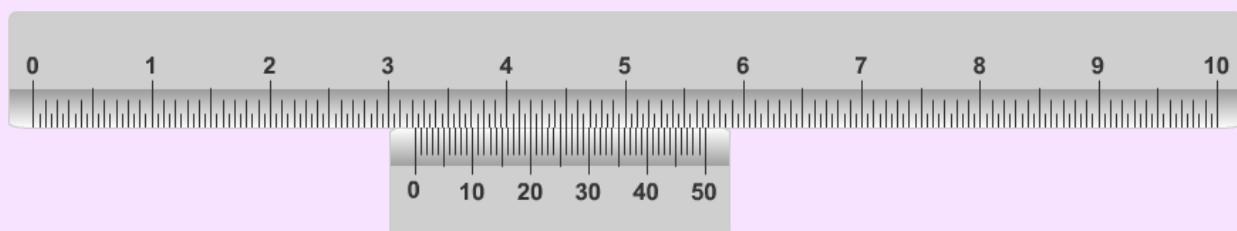


7. เสกຄล斛ັກ = cm.

ສເກລຍ່ອຍ = cm.

ຮວມ = cm.

**vernier au 1/50ème**

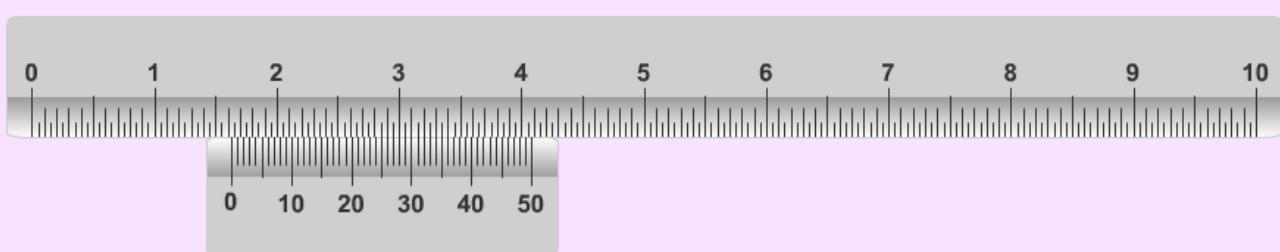


8. เสກຄล斛ັກ = cm.

ສເກລຍ່ອຍ = cm.

ຮວມ = cm.

**vernier au 1/50ème**

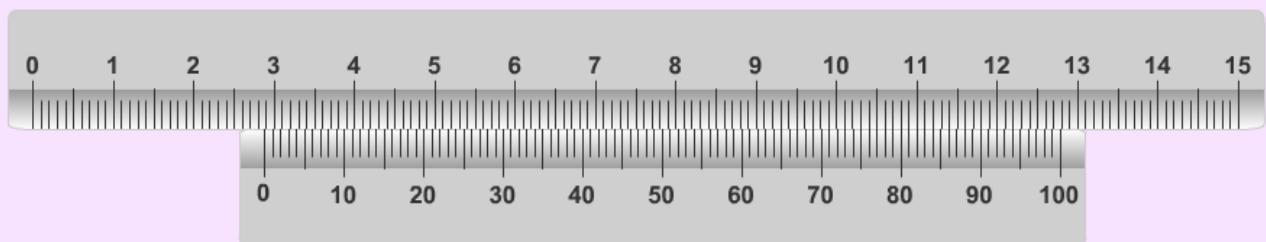


9. เสກຄล斛ັກ = cm.

ສເກລຍ່ອຍ = cm.

ຮວມ = cm.

**vernier au 1/100ème**

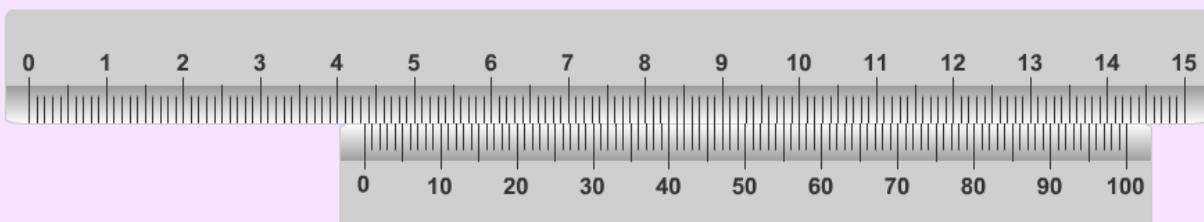


10. เสกเลหลัก = cm.

สเกลย่อๆ = cm.

รวม = cm.

**vernier au 1/100ème**

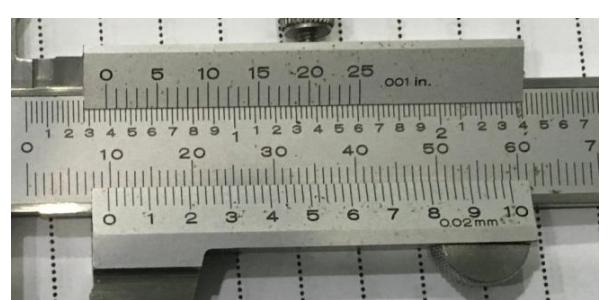
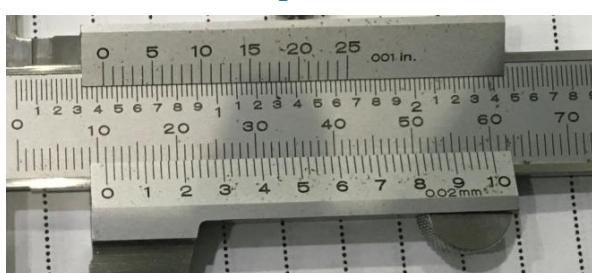


11. เสกเลหลัก = cm.

สเกลย่อๆ = cm.

รวม = cm.

**การอ่าน vernier caliper 0.02mm**



12. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อๆ = mm.

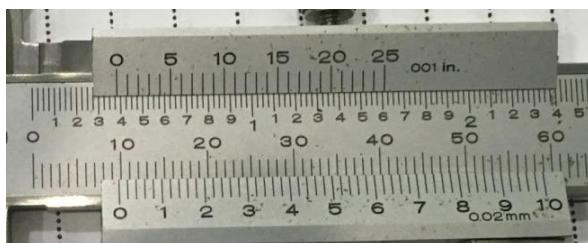
รวม = mm.

13. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อๆ = mm.

รวม =

mm.

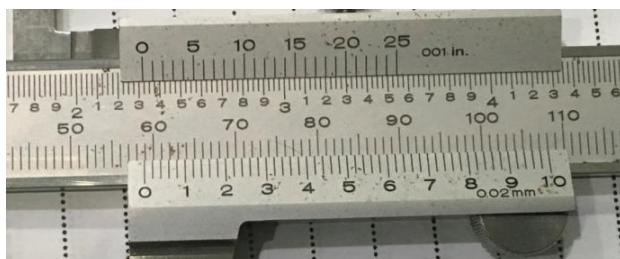


14. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่ออย =

รวม =

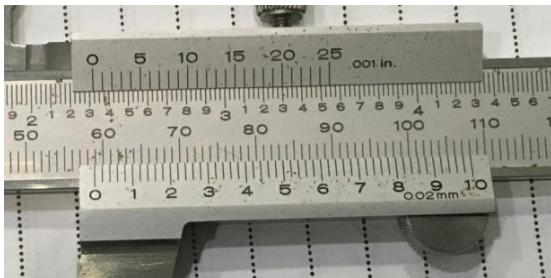
mm.



15. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่ออย = mm.

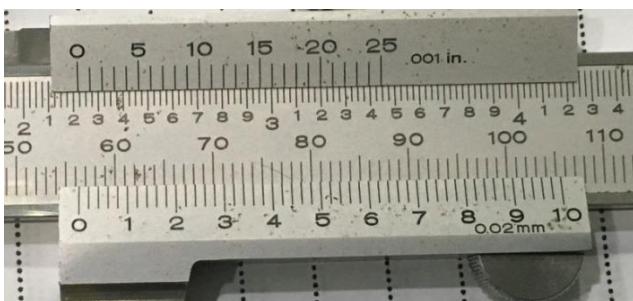
รวม = mm.



16. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่ออย = mm.

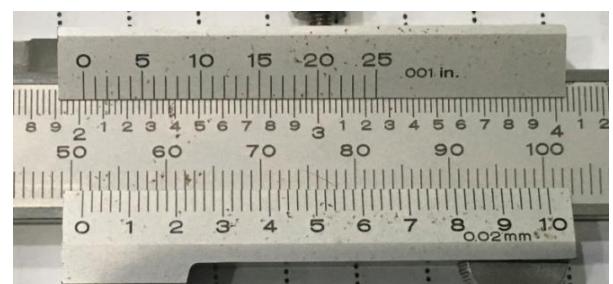
รวม = mm.



17. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่ออย = mm.

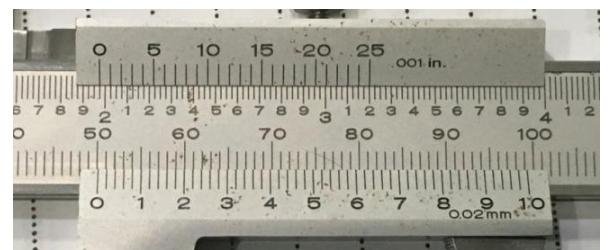
รวม = mm.



18. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่ออย = mm.

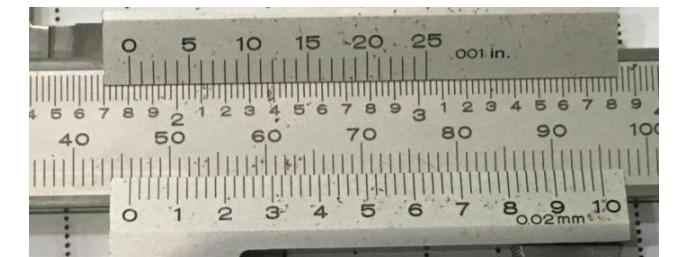
รวม = mm.



8. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่ออย = mm.

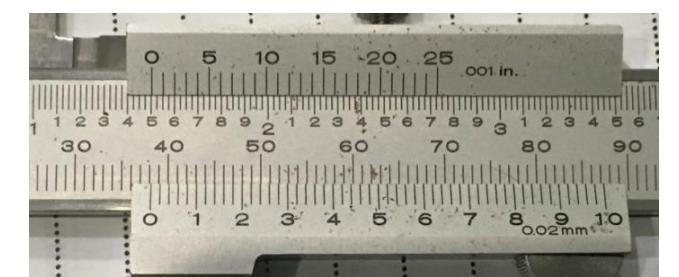
รวม = mm.



9. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่ออย = mm.

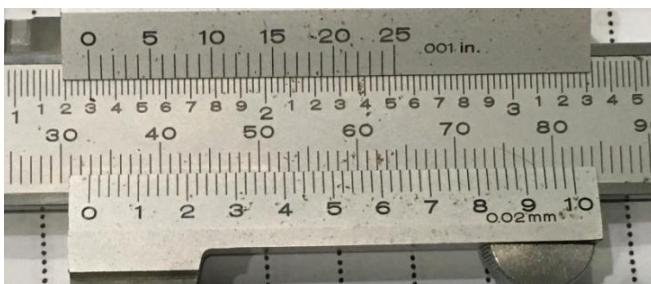
รวม = mm.



10. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่ออย = mm.

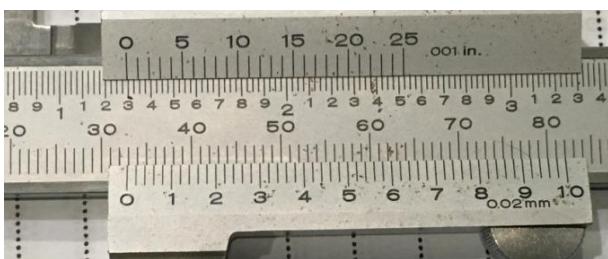
รวม = mm.



11. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อปี = mm.

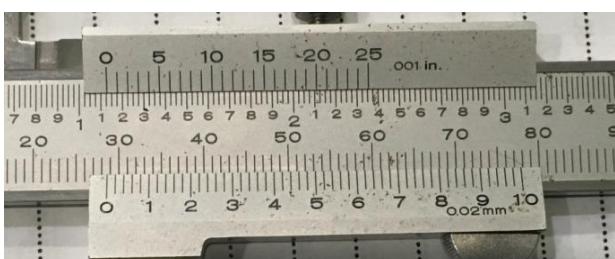
รวม = mm.



12. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อปี = mm.

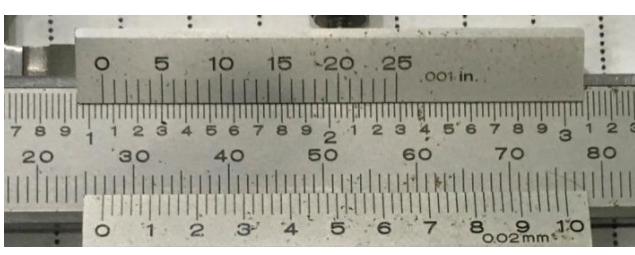
รวม = mm.



13. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อปี = mm.

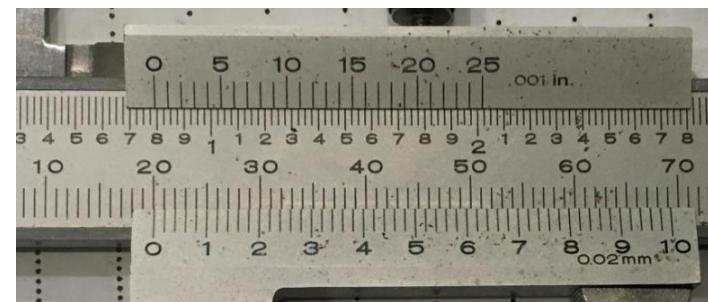
รวม = mm.



14. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อปี = mm.

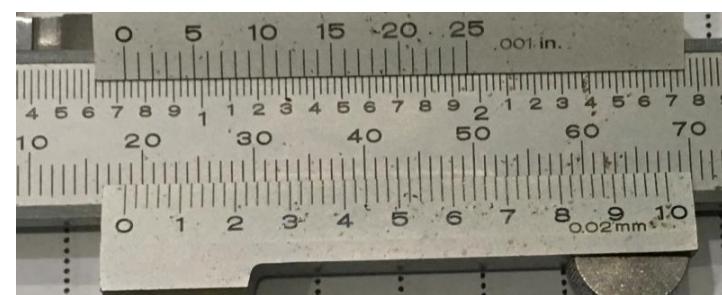
รวม = mm.



15. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อปี = mm.

รวม = mm.



16. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อปี = mm.

รวม = mm.

## การอ่าน Micrometer 0.01mm.



1. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อย = mm.

รวม = mm.



2. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อย = mm.

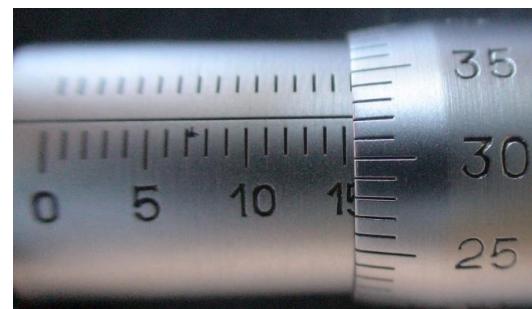
รวม = mm.



3. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อย = mm.

รวม = mm.



4. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อย = mm.

รวม = mm.



5. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อย = mm.

รวม = mm.



6. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อย = mm.

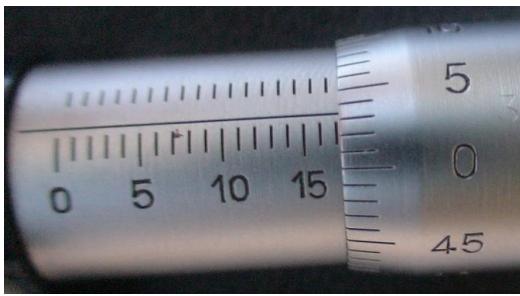
รวม = mm.



7. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อย = mm.

รวม = mm.



8. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อ = mm.

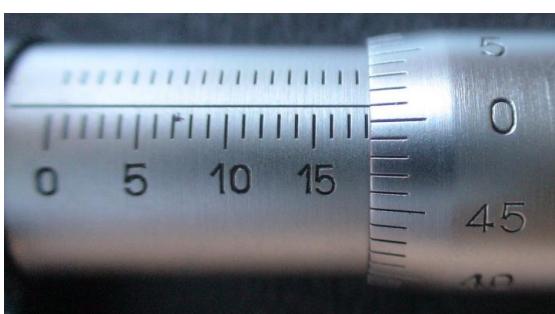
รวม = mm.



9. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อ = mm.

รวม = mm.



10. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อ = mm.

รวม = mm.



11. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อ = mm.

รวม = mm.



12. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อ = mm.

รวม = mm.



13. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อ = mm.

รวม = mm.



14. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อ = mm.

รวม = mm.



15. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อ = mm.

รวม = mm.



16. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อย = mm.

รวม = mm.



17. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อย = mm.

รวม = mm.



18. เสกเลหลัก = mm.

สเกลย่อย = mm.

รวม = mm.