

เนื้อหากระบวนการวิชา 203103

Part I

♥ บทนำ/ปริมาณสัมพันธ์

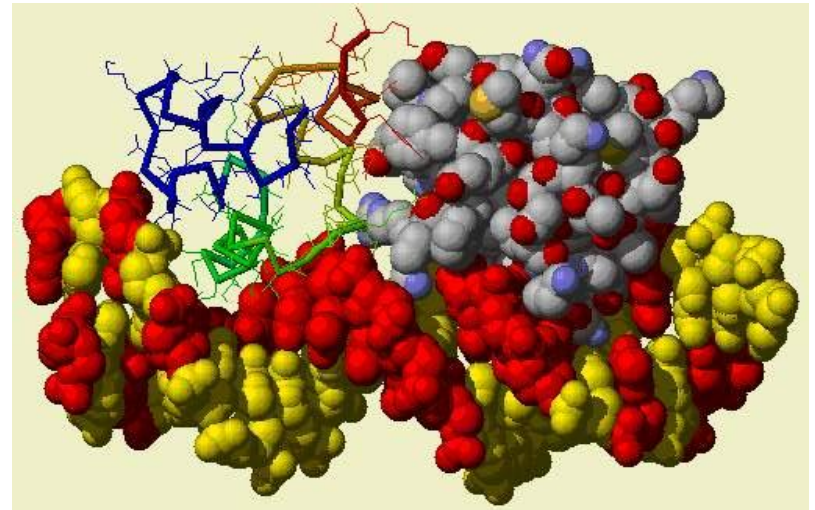
♥ ♥ แก๊ส ของเหลว

♥ ♥ ♥ ของแข็ง

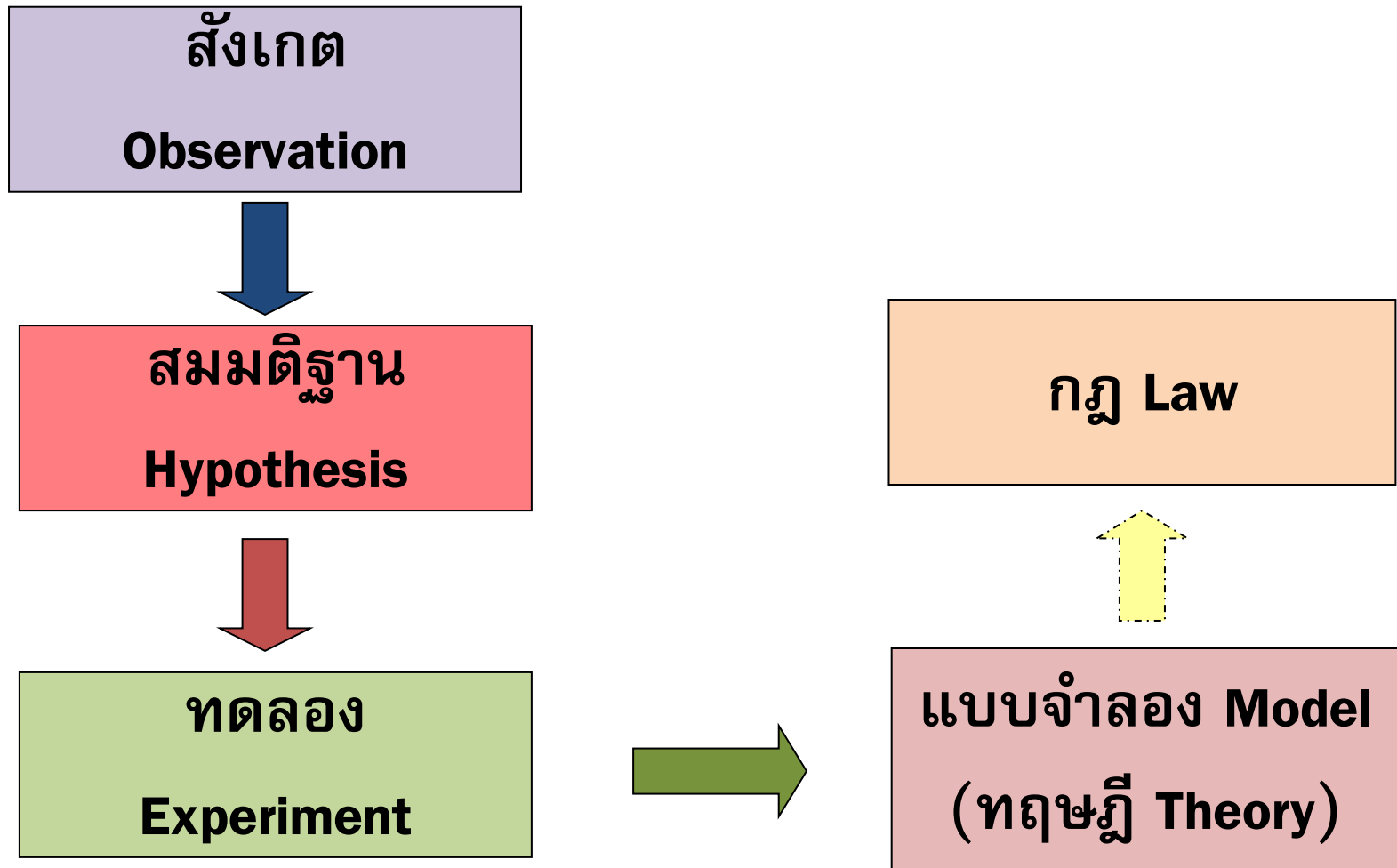


เคมี

เป็นวิชาทางวิทยาศาสตร์ ที่ศึกษาส่วนประกอบของสาร
ละเอียดถึงระดับอะตอม โมเลกุล โครงสร้างและสมบัติของสาร
รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงและผลที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลง



วิธีทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific Method)



หน่วยของการวัด (Units)

- **Le Systeme Internationale (SI) units**

Quantity	Base Unit	Symbol
Length	meter	m
Mass	kilogram	kg
Time	second	s
Temperature	Kelvin	K
Substance quantity	mole	mol
Electric current	ampere	A
Luminous intensity	candela	cd

Derived SI Units

Physical quantity	Abbreviation
Area	m^2
Volume	m^3
velocity	m s^{-1}
Acceleration	m s^{-2}
Density	kg m^{-3}
Molar mass	kg mol^{-1}
Molar volume	$\text{m}^3 \text{mol}^{-1}$
Molar concentration	mol m^{-3}

Physical quantity	Abbreviation
Frequency	Hz, s^{-1}
Force	N, kg m s^{-2}
Pressure	Pa, N m^{-2}
Energy	$\text{J, kg m}^2 \text{s}^{-2}$
Power	$\text{J s}^{-1} \text{ (W)}$
Electric charge	$\text{A s}^{-1} \text{ (C)}$
Electric potential difference	$\text{J A}^{-1} \text{ (V)}$
Electric resistance	V A^{-1}

SI Prefixes

Multiple	Prefix
10^{18}	exa (E)
10^{15}	peta (P)
10^{12}	tera (T)
10^9	giga (G)
10^6	mega (M)
10^3	kilo (k)
10^2	hecto (h)
10	deca (da)
10^{-1}	deci (d)
10^{-2}	centi (c)
10^{-3}	milli (m)
10^{-6}	micro (μ) ^a
10^{-9}	nano (n)
10^{-12}	pico (p)
10^{-15}	femto (f)
10^{-18}	atto (a)

^aThe Greek letter μ (pronounced “mew”).

Big Units

G (giga) = 10^9 (หนึ่งพันล้านของ)

M (mega) = 10^6 (หนึ่งล้านของ)

k (kilo) = 10^3 (หนึ่งพันของ)

Small Units

c (centi) = 10^{-2} (ร้อยส่วนของ)

m (milli) = 10^{-3} (พันส่วนของ)

u (micro) = 10^{-6} (ล้านส่วนของ)

n (nano) = 10^{-9} (พันล้านส่วนของ)

p (pico) = 10^{-12} (ล้านล้านส่วนของ)

ตัวอย่างอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการวัดปริมาตรสาร



กระบอกตวง
cylinder



ปิเปต
pipet



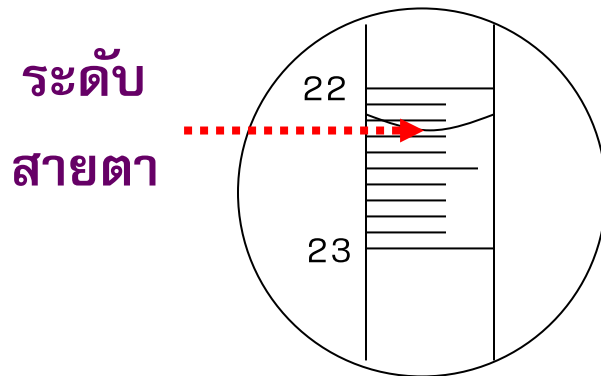
บิวเรต
buret



ขวดปริมาตร
volumetric flask

ความไม่แน่นอนในการวัด (Uncertainty in Measurement)

ตัวเลขที่ได้จากการวัดแต่ละครั้ง จะมีความไม่แน่นอนเกิดขึ้น
เสมอขึ้นกับอุปกรณ์ที่เลือกใช้และผู้ที่ทำการวัด



คนที่	ปริมาตร(mL)
1	<u>22.25</u>
2	<u>22.28</u>
3	<u>22.26</u>
4	<u>22.27</u>
5	<u>22.26</u>

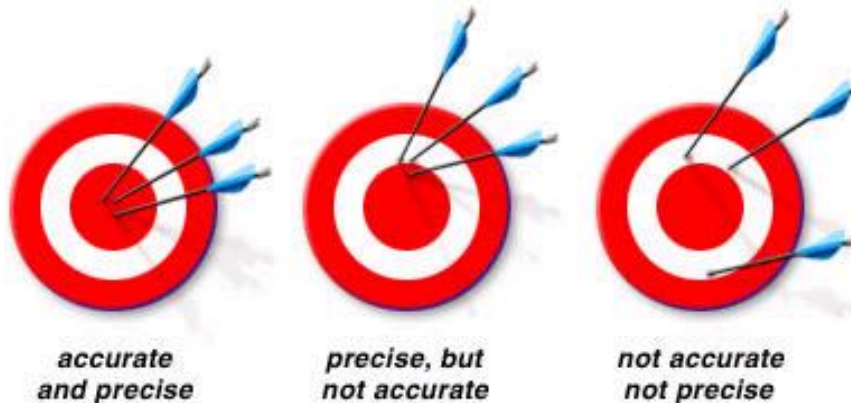
ตัวเลขตัวสุดท้ายเป็นตัวเลขไม่แน่นอน (uncertain)
ได้จากการประมาณ

ความแม่นยำ (Precision) & ความถูกต้อง (Accuracy)

ความถูกต้อง (accuracy) : ความใกล้เคียงกันของค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองกับค่าที่แท้จริงหรือค่าที่ยอมรับ

ความแม่นยำ (Precision) : ความใกล้เคียงกันของผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองหลาย ๆ ครั้งภายใต้สภาวะเดียวกัน

*

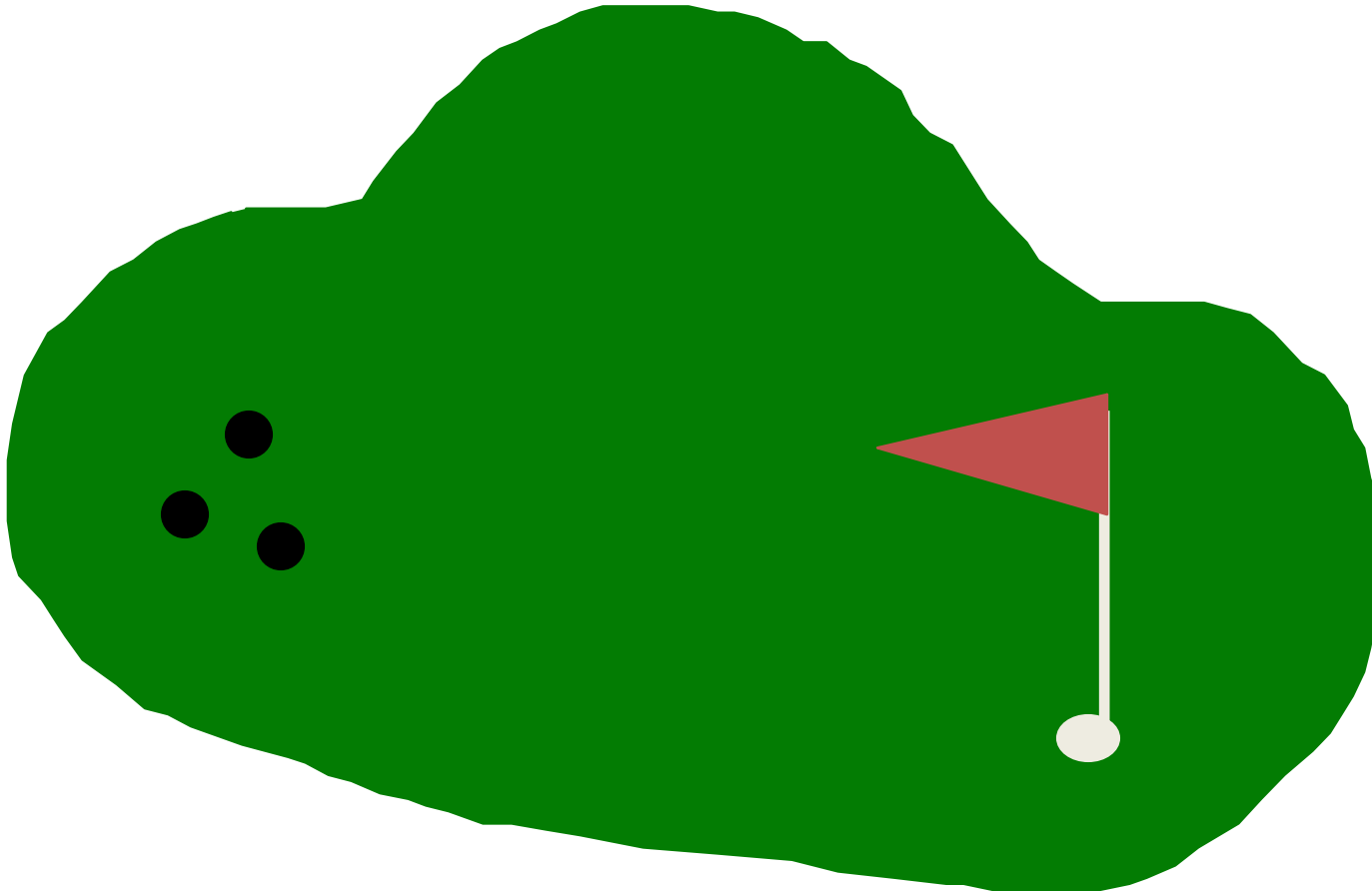


$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{N}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$$

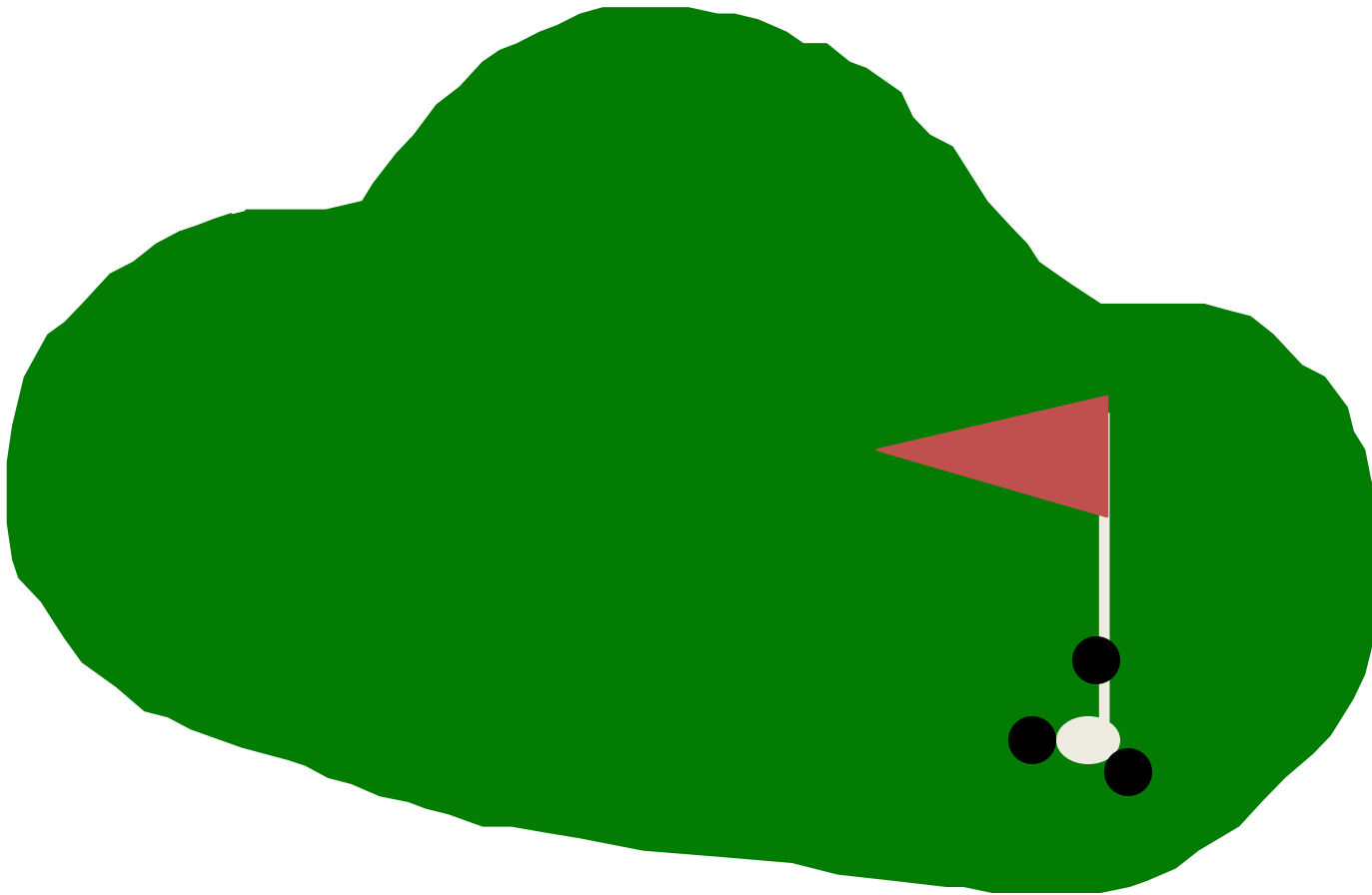
Accurate? No

Precise? Yes



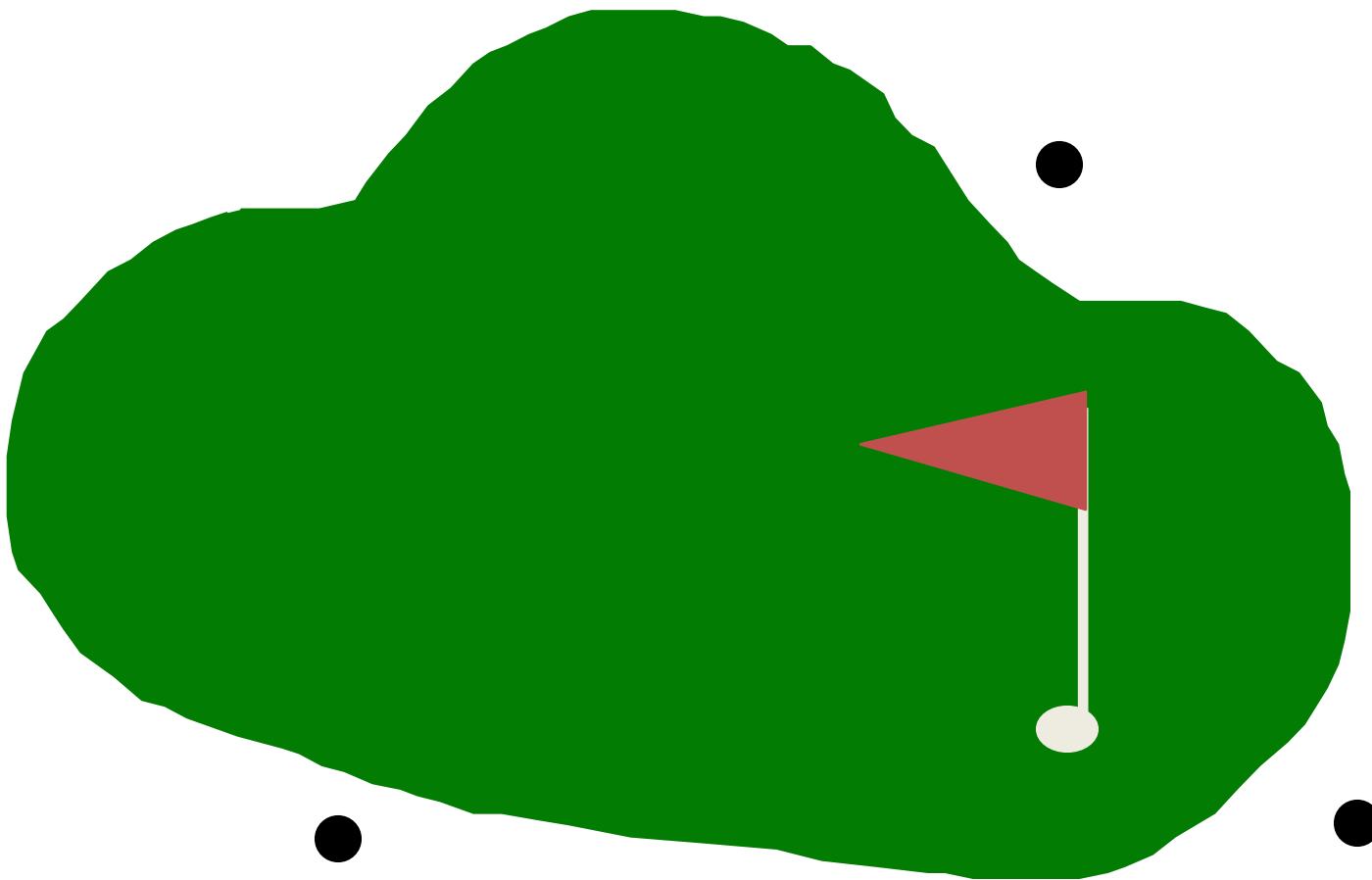
Accurate? Yes

Precise? Yes



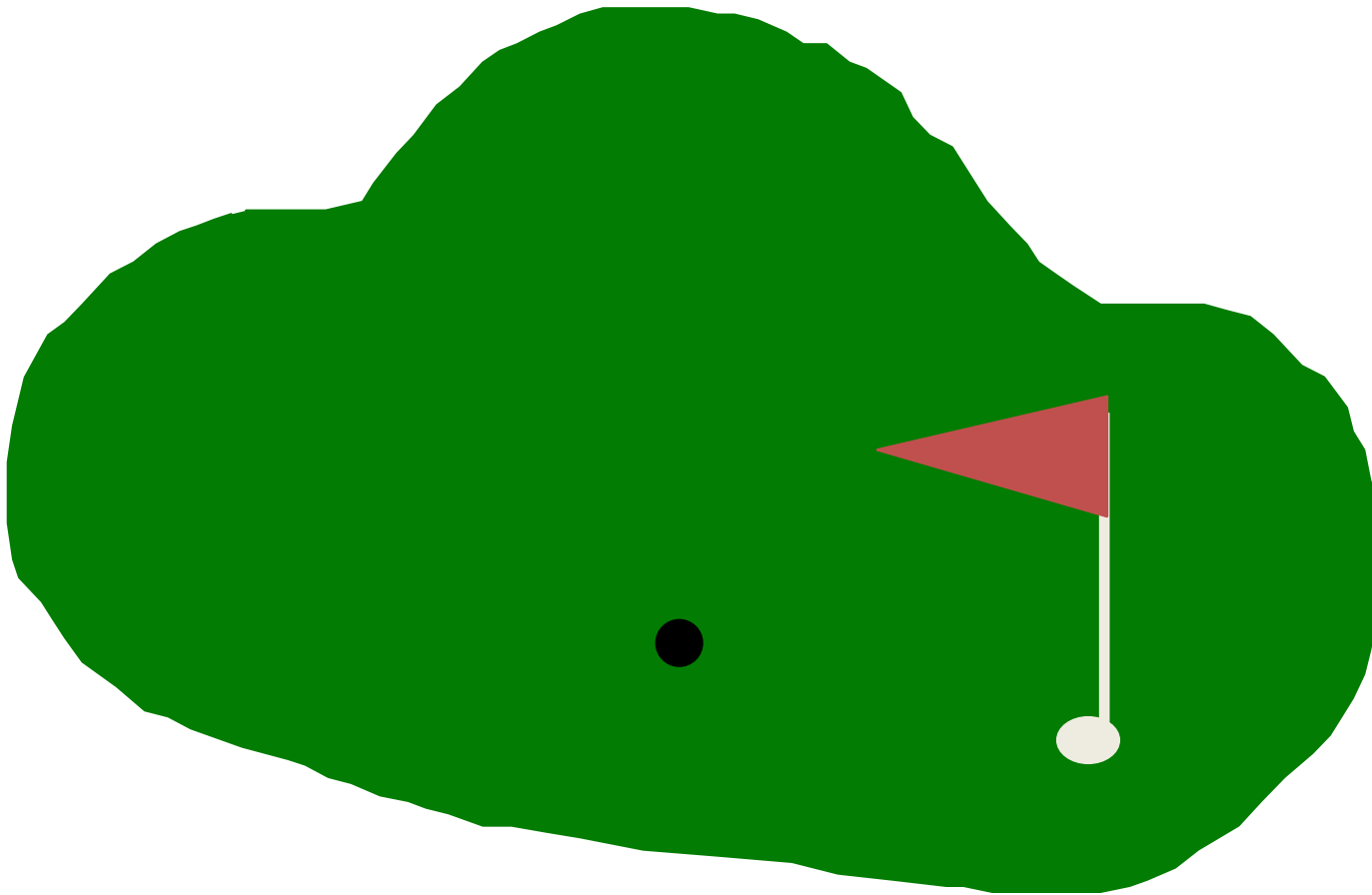
Precise? No

Accurate? No



Accurate? Yes

Precise? We can not say!



ความผิดพลาด (Error)

❖ Systematic error (ความคลาดเคลื่อนจากระบบ)

ความผิดพลาดจากระบบของการวัด เช่น เครื่องมือไม่เที่ยงตรง วิธีการทดลองไม่ถูกต้องและความสามารถที่จำกัดของผู้ทดลอง ทำให้ค่าที่วัดได้มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน อาจสูงเกินไปทั้งหมดหรือต่ำเกินไปทั้งหมด

**** Systematic error มาก => Accuracy น้อย**

❖ Random error (ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม)

ความผิดพลาดที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น ผลของอุณหภูมิต่อสมบัติต่าง ๆ ทำให้ค่าที่วัดได้อาจสูงหรือต่ำมีการกระจายตัวสูง เกิดขึ้นได้จากการประมาณตัวเลขสุดท้ายจากการวัด

**** Random error มาก => Precision น้อย**

Ex. 1 ในการวิเคราะห์น้ำเสีย อะไรคือความแตกต่าง เมื่อผู้ทดลอง
ตวงตัวอย่างน้ำ 25.00 mL ด้วยปิเปต ณ บริเวณหนึ่ง และ
ตวงน้ำตัวอย่าง 25 mL ด้วยกระบอกตวง ณ อีกบริเวณหนึ่ง

ปิเปต 25.00 mL → 24.99 – 25.01 mL

กระบอกตวง 25 mL → 24 – 26 mL

***** การวัดด้วยปิเปตมีความแม่นยำมากกว่า *****

เลขนัยสำคัญ (Significant Figures)

- เป็นจำนวนตัวเลขทุกหลักที่วัดได้แน่นอนนับรวมกับ หลักที่ไม่แน่นอนหลักแรก

❖ ใช้ในการรายงานผลการทดลองของการวัดแต่ละครั้ง

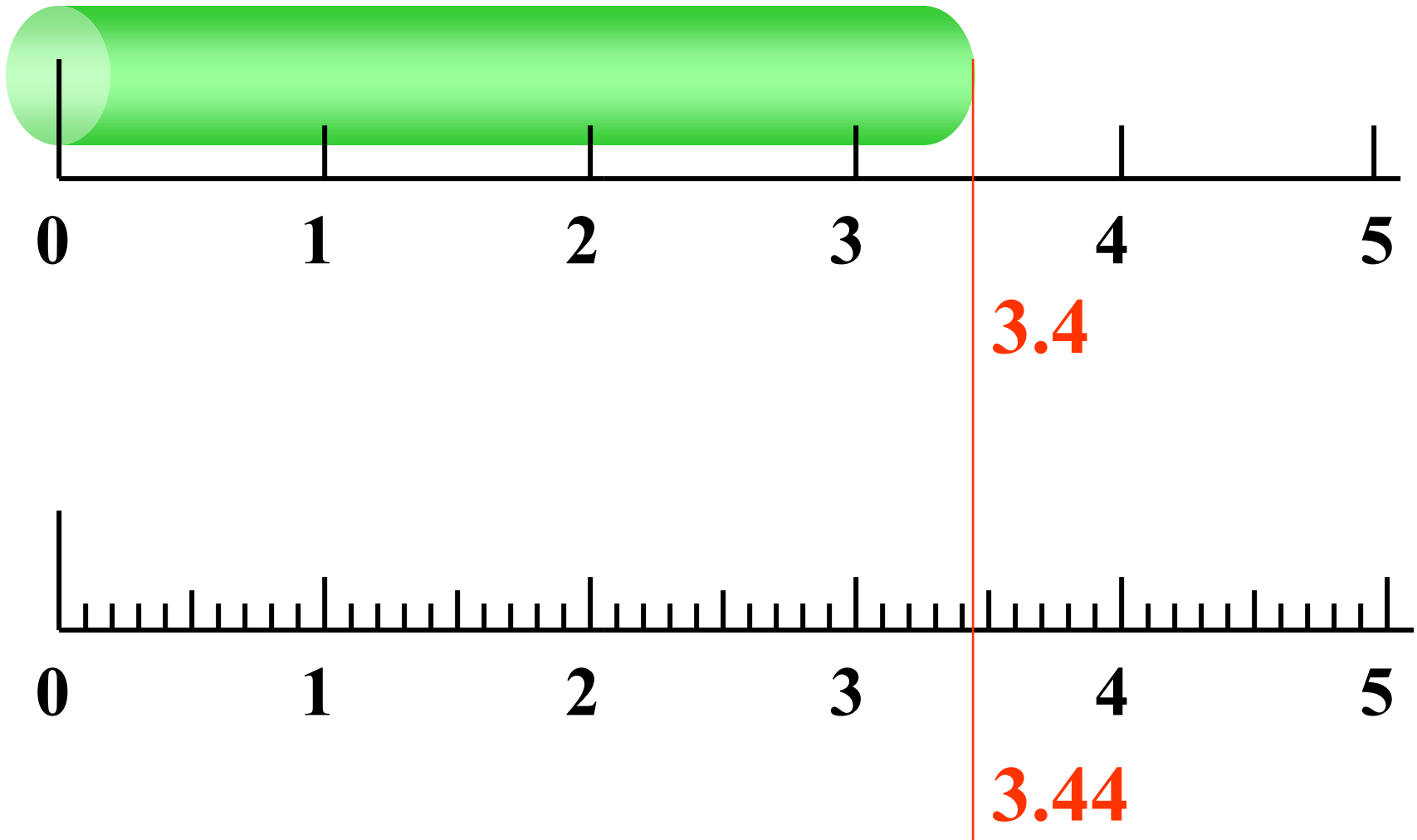
1.15 หมายความว่า 1.15 ± 0.01

มีเลขนัยสำคัญ (SF) = 3

- ❖ แสดงถึงความไม่แน่นอนจากการวัดและการคำนวณ
- ❖ จำนวน S.F. = certain digits + uncertain digit 1 ตัว
- ❖ โดยทั่วไปแสดงความไม่แน่นอนเท่ากับ ± 1 ของตัวเลขสุดท้ายของค่าที่รายงาน เช่นค่าที่วัดได้เป็น
1.23 cm หมายถึง 1.23 ± 0.01 cm
มีเลขนัยสำคัญ (SF) = 3



Significant Figures



จำนวนเลขที่มีนัยสำคัญขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด

เช่นต้องการตวงน้ำ 8.5 mL โดยใช้ภาชนะต่าง ๆ ต่อไปนี้

กระบอกตวง ขนาด 10 mL อ่านได้ 8.50^* \Rightarrow 3 SF

ขนาด 50 mL อ่านได้ 8.5 \Rightarrow 2 SF

ขนาด 100 mL อ่านได้ 8 \Rightarrow 1 SF

ปิเปต อ่านได้ 8.50 \Rightarrow 3 SF

บิวเรต อ่านได้ 8.50 \Rightarrow 3 SF

*กระบอกตวง 10 mL ของบางบริษัทอ่านได้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง

หลักการนับจำนวนเลขนัยสำคัญ

เริ่มนับจากตัวเลขที่แน่นอนตัวแรกที่ไม่ใช่ศูนย์ไปจนถึงตัวเลขสุดท้ายที่มีค่าไม่แน่นอนเพียงตัวเดียว

- ตัวเลขที่ไม่ใช่เลขศูนย์ทุกตัวเป็นเลขนัยสำคัญ
- เลขที่มีเลขนัยสำคัญไม่จำกัดจำนวน
 - เลขจำนวนนับ เช่น 5 ขึ้น 10 โมเลกุล
 - เลขในสูตร เช่น $T(^{\circ}\text{F}) = (9/5)T(^{\circ}\text{C}) + 32$
 - เลขเปลี่ยนหน่วย (conversion unit) เช่น
$$1 \text{ in} = 2.54 \text{ cm}$$
 - เลขทางคณิตศาสตร์ เช่น $\pi = 3.14159265\dots$,
 $e = 2.7182818\dots$

หลักการพิจารณาเลขศูนย์

- * เลขศูนย์ที่นำหน้า (Leading zeros) ทุกตัว**ไม่**เป็นเลข
นัยสำคัญ เช่น **0.00**25 มี 2 SF
- * เลขศูนย์ที่อยู่ระหว่างเลขอื่น (Captive zeros) ทุกตัวเป็น
เลขนัยสำคัญ เช่น 0.1**00**2 มี 4 SF
- * เลขศูนย์ที่อยู่ท้าย (Trailing zeros) จะเป็นเลขนัยสำคัญเมื่อ
จำนวนนั้นมีจุดทศนิยม
เช่น 200 มี 1 SF, 0.02**00** มี 3 SF

จำนวน S.F.

0.501

3

8.50

3

0.0050003

5

0.0500

3

108

3

700

?

$$700 \pm 100 = 7 \times 10^2 \text{ SF} = 1$$

$$700 \pm 10 = 7.0 \times 10^2 \text{ SF} = 2$$

$$700 \pm 1 = 7.00 \times 10^2 \text{ SF} = 3$$

เลขนัยสำคัญในการคำนวณ

- คำนวณต่อเนื่องจนได้ผลลัพธ์
- การปัดตัวเลข
 - > 5 ปัดขึ้น $1.28 \rightarrow 1.3$ ถ้า < 5 ปัดทิ้ง $1.24 \rightarrow 1.2$
 - = 5 (เลขหน้าคู่ให้ปัดทิ้ง เลขหน้าคี่ให้ปัดขึ้น)
 - $1.25 \rightarrow 1.2$ $1.35 \rightarrow 1.4$
- ผลลัพธ์จากการบวก-ลบ ให้เหลือทศนิยมเท่ากับตัวเลขที่มีทศนิยมน้อยสุด $43.76 + 3.450 - 2.3435 = 44.87$
- ผลลัพธ์จากการคูณ-หาร ให้เหลือเท่ากับตัวเลขที่มีเลขนัยสำคัญน้อยสุด $(3.14 \times 2.751) / 0.64 = 13$

เลขนัยสำคัญกับการคำนวณ

Logarithm → SF ของ mantissa (หลังทศนิยม) ของค่า log เท่ากับ SF ของเลขเริ่มต้น เช่นการหาค่า pK_a ของกรดอ่อน

$$pK_a = -\log(\underline{1.8} \times 10^{-5}) = 4.\underline{74}$$

4 → characteristics

74 → mantissa

Antilogarithm → SF ของค่า antilog เท่ากับ SF ของ mantissa เช่นการหา $[H^+]$ จากค่า pH

$$pH = -\log [H^+] = 5.\underline{00}$$

$$[H^+] = \text{antilog } 5.00 = \underline{1.0} \times 10^{-5}$$

Ex. 2 จงหาคำตอบของการคำนวณต่อไปนี้ พร้อมระบุเลข
นัยสำคัญที่ถูกต้อง

$$12.735 + 2.1 - 7.53 = ?$$

$$12.735 + \underline{2.1} - 7.53 = 7.305$$

เนื่องจากเลขทศนิยมน้อยที่สุดคือ หนึ่งตำแหน่ง
ดังนั้นคำตอบเป็น 7.3 ซึ่งมีเลขนัยสำคัญเท่ากับ 2

Ex. 3 จงคำนวณค่าคงที่ของแก๊ส R จาก $PV = nRT$ ถ้าทำการ
ทดลอง วัดปริมาตรของแก๊ส 1.00 mol ที่ 0.0 °C ความดัน
1.00 atm ได้เท่ากับ 22.4 L

$$\begin{aligned}\text{จาก } R &= PV/nT \\ &= \frac{(1.00 \text{ atm})(22.4 \text{ L})}{(1.00 \text{ mol})(273.15+0.0 \text{ K})} \\ &= 0.082006223 \text{ atm.L/K.mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น } R &= 0.0820 \text{ atm.L/K.mol} \\ &\quad (\text{เลขนัยสำคัญเท่ากับ 3 SF})\end{aligned}$$

เลขนัยสำคัญกับการคำนวณหลายขั้นตอน

เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องคำนวณทีละขั้น การปัดตัวเลขควรทำเพียง**ครั้งเดียว**หลังจากคำนวณ เสร็จสิ้น

เช่น $50.71 + 107.3(6.455 - 6.13)$

$$(1) \quad 6.455 - 6.13 = 0.3\textcolor{brown}{2}5$$

$$(2) \quad 107.3 \times 0.3\textcolor{brown}{2}5 = 3\textcolor{red}{4}.8725$$

$$(3) \quad 50.71 + 3\textcolor{red}{4}.8725 = 8\textcolor{red}{5}.5825 \text{ ปัดเป็น } \textcolor{blue}{86}$$

Ex. 4 จงหาจำนวนเลขนัยสำคัญของข้อต่อไปนี้

- a. นักเรียนคนหนึ่งสกัดชาได้คาเฟอีน 0.0105 g **a. 3 SF**
- b. นักเคมีบันทึกน้ำหนักการทดลองหนึ่ง 0.050080 g **b. 5 SF**
- c. ในการทดลองหนึ่งใช้เวลา 8.060×10^{-3} s **c. 4 SF**

Ex. 5 จงคำนวณและแสดงผลที่มีจำนวนเลขนัยสำคัญถูกต้อง

- a. $1.05 \times 10^{-3} / 6.135 = 1.71 \times 10^{-4}$ **มี 3 SF**
- b. $21 - 13.8 = 7$ **มี 1 SF**

Ex. 6 จงคำนวณค่าตัวเลขต่อไปนี้ โดยคิดนัยสำคัญ

1. $26.5862 \text{ L} + 0.17 \text{ L}$

2. $9.1 \text{ g} - 4.682 \text{ g}$

3. $(7.1 \times 10^4 \text{ dm}) \times (2.264 \times 10^2 \text{ dm})$

4. $6.52 \text{ g} / 86.5542 \text{ ml}$

5. $(7.55 \times 10^4 \text{ m}) - (8.62 \times 10^3 \text{ m})$

Answer

1. $= 26.76$

2. $= 4.4$

3. $= 1.6 \times 10^7$

4. $= 0.0753$

5. $= 6.69 \times 10^4$

Ex. 7 จงคำนวณความหนาแน่นของสารที่มีมวลเท่ากับ 5.789 g และปริมาตรเท่ากับ 3.12 ml

จาก $d = m/v = 5.789 \text{ g}/3.12 \text{ ml} = 1.855448717 \text{ g/ml}$
ดังนั้น $d = 1.86 \text{ g/ml}$ (เลขนัยสำคัญ = 3)

Ex. 8 อุณหภูมิ 36.4°C คิดเป็น °F จะได้เท่าไร

จาก $T (F) = 9/5 (°C) + 32 = 9/5 (36.4) + 32$
 $= 97.5$ (เลขนัยสำคัญ = 3)