การทดลองที่ 3
หน่วยพื้นฐานและเลขนัยสำคัญ
(Unit and Significant Figure)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อฝึกทักษะเกี่ยวกับหน่วยฐานเอสไอ
2. เพื่อฝึกทักษะการวัด การรายงานตัวเลขตามหลักเลขนัยสำคัญ

หลักการ

1. หน่วยพื้นฐานในการวัด

หน่วยที่ใช้สำหรับวัดปริมาณต่าง ๆ มีหลายระบบ เช่น ระบบอังกฤษ ระบบเมตริก และระบบของแต่ประเทศ รวมทั้งประเทศไทย จึงทำให้ไม่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ปัจจุบันได้ตกลงร่วมกันให้ใช้หน่วยสากลที่เรียกว่า ระบบหน่วยระหว่างชาติ (The International System of Unit) เรียกย่อว่า ระบบเอสไอ (SI Units) ซึ่งประกอบด้วยหน่วยฐานและหน่วยอนุพัทธ์ ดังนี้

ตารางที่ 1.1 หน่วยฐานเอสไอ (SI base units)

ปริมาณ	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์
ความยาว	เมตร (meter)	m
มวล	กิโลกรัม (kilogram)	kg
เวลา	วินาที (second)	s
กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์ (ampere)	A
อุณหภูมิ	เคลวิน (kelvin)	K
ความเข้มของการส่องสว่าง	แคนเดลา (candela)	cd
ปริมาณของสาร	โมล (mole)	mol

2. หน่วยอนุพัทธ์เอสไอ (SI derived units) หน่วยอนุพัทธ์เกิดจากการดำเนินการทางพีชคณิตระหว่างหน่วยฐานเอสไอ สัญลักษณ์ของหน่วยอนุพัทธ์เอสไอได้มาจากการดำเนินการทางคณิตศาสตร์โดยการคูณและการหาร (ตารางที่ 1.2) และหน่วยอนุพัทธ์เอสไอที่มีชื่อหน่วยเฉพาะและมีสัญลักษณ์เฉพาะ แสดงในตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.2 ตัวอย่างหน่วยอนุพัทธ์เอสไอที่เกี่ยวเนื่องกับหน่วยฐาน

ปริมาณ (derived quantity)	หน่วยอนุพัทธ์	สัญลักษณ์
พื้นที่ (area)	ตารางเมตร	m^2
ปริมาตร (volume)	ลูกบาศก์เมตร	m^3
อัตราเร็ว ความเร็ว (speed, velocity)	เมตรต่อวินาที	$m{\cdot}s^{-1}$
ความเร่ง (acceleration)	เมตรต่อวินาทีกำลังสอง	$m{\cdot}s^{-2}$
เลขคลื่น (wave number)	ส่วนกลับของเมตร	m^{-1}
ความหนาแน่น (density)	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	$kg{\cdot}m^{-3}$
ความหนาแน่นกระแส (current density)	แอมแปร์ต่อลูกบาศก์เมตร	$A{\cdot}m^{-3}$
ความแรงสนามไฟฟ้า (electric field strength)	โวลต์ต่อเมตร	$V{\cdot}m^{-1}$
ความเข้มแสง (luminance)	แคนเดลาต่อตารางเมตร	$cd{\cdot}m^{-2}$
ความเข้มข้นเชิงปริมาณสาร (amount of substance concentration)	โมลต่อลูกบาศก์เมตร	$mol{\cdot}m^{-3}$

ตารางที่ 1.3 หน่วยอนุพัทธ์ที่มีสัญลักษณ์เฉพาะ

ปริมาณ	ชื่อหน่วยเฉพาะ	สัญลักษณ์เฉพาะ	สัญลักษณ์แสดงเป็นหน่วย SI อื่น	สัญลักษณ์แสดงเป็นหน่วยฐาน SI
มุมระนาบ (plane angle)	เรเดียน	rad		m/m
มุมตัน (solid angle)	สตีเรเดียน	sr		m^2/m^2
ความถี่ (frequency)	เฮิรตซ์	Hz		1/s
แรง (force)	นิวตัน	N		$kg{\cdot}m/s^2$
ความดัน (pressure)	พาสคัล	Pa	N/m^2	$kg/m{\cdot}s^2$
พลังงาน หรืองาน (energy, work)	จูล	J	N·m	$kg{\cdot}m^2/s^2$
กำลังไฟฟ้า (power)	วัตต์	W	J/s	$kg{\cdot}m^2/s^3$
ประจุไฟฟ้า (electric charge)	คูลอมบ์	C		A·s
ศักย์ไฟฟ้า (electric potential)	โวลต์	V	W/A	$kg{\cdot}m^2/A{\cdot}s^3$
ความจุ (capacitance)	ฟารัด	F	C/V	$s^4{\cdot}A^2/m^2{\cdot}kg$
ความต้านทานไฟฟ้า (electric resistance)	โอห์ม	Ω	V/A	$m^2{\cdot}kg/s^3{\cdot}A^2$
ความนำไฟฟ้า (conductance)	ซีเมนส์	S	1/Ω, A/V	$s^3{\cdot}A^2/m^2{\cdot}kg$
ฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux)	เวเบอร์	Wb	V·s	$m^2{\cdot}kg/s^2{\cdot}A$
ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux density)	เทสลา	T	Wb/m^2	$kg/s^2{\cdot}A$
ความเหนี่ยวนำ (inductance)	เฮนรี	H	Wb/A	$m^2{\cdot}kg/s^2{\cdot}A^2$
อุณหภูมิ (temperature)	เซลเซียส	°C		K
ฟลักซ์ส่องสว่าง (luminous flux)	ลูเมน	lm	cd·sr	cd
ความสว่าง (illuminance)	ลักซ์	lx	lm/m^2	$m^{-2}{\cdot}cd$

3. คำนำหน้าหน่วยในระบบเอสไอ (SI prefixes) คือ คำที่นำมาวางไว้หน้าหน่วย เพื่อแสดงปริมาณให้มีความกะทัดรัดมากขึ้น มีผลเท่ากับการเพิ่มหรือลดขนาดของหน่วยนั้น ดังแสดงในตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 คำนำหน้าหน่วยแสดงปริมาณตัวเลข

คำนำหน้า	สัญลักษณ์	ตัวแปร	คำนำหน้า	สัญลักษณ์	ตัวแปร
เดซิ (deci)	d	10^{-1}	เดคา (deca)	da	10
เซนติ (centi)	c	10^{-2}	เฮกโต (hector)	h	10^2
มิลลิ (milli)	m	10^{-3}	กิโล (kilo)	k	10^3
ไมโคร (micro)	μ	10^{-6}	เมกะ (mega)	M	10^6
นาโน (nano)	n	10^{-9}	จิกะ (giga)	G	10^9
พิโก (pico)	p	10^{-12}	เทระ (tera)	T	10^{12}
เฟมโต (femto)	f	10^{-15}	เพตะ (peta)	P	10^{15}
อัตโต (atto)	a	10^{-18}	เอกซะ (exa)	E	10^{18}
เซปโต (zepto)	z	10^{-21}	เซตตะ (zetta)	Z	10^{21}
ยอกโต (yocto)	y	10^{-24}	ยอตตะ (yotta)	Y	10^{24}

2. ตัวเลขนัยสำคัญ

การบันทึกหรือรายงานผลการทดลองสำหรับบอกจำนวนหรือปริมาณสารที่สนใจที่เป็นค่าตัวเลขใด ๆ ตัวเลขที่แสดงนั้นต้องสามารถบอกถึงความแม่น และ/หรือ ความเที่ยงของการวัด หรือเครื่องมือวัด ตัวเลขดังกล่าวนี้เรียกว่า ตัวเลขนัยสำคัญ (significant figure) โดยตัวเลขนัยสำคัญประกอบด้วยตัวเลขทุกตัวที่แสดงความแน่นอน (certainty) รวมกับตัวเลขอีกหนึ่งตัวที่แสดงความไม่แน่นอน (uncertainty)

1) การนับตัวเลขนัยสำคัญ จะนับจากตัวเลขที่แน่นอนตัวแรกสุดที่ไม่ใช่เลขศูนย์ รวมถึงตัวเลขสุดท้ายที่มีค่าไม่แน่นอนอีกหนึ่งตัว

1.1) เลข 1 ถึง 9 ให้นับเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น

- 2.76 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว
- 626.51 มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว

1.2) เลข 0 ระหว่างเลข 1 ถึง 9 ให้นับเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น

- 1025 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว
- 20.002 มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว

1.3) เลข 0 อยู่ด้านซ้ายมือของตัวเลขไม่นับเป็นเลขนัยสำคัญ

- 0.501 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว
- 0.0050003 มีจำนวนเลขนัยสำคัญ 5 ตัว

1.4) เลข 0 อยู่หลังตัวเลข (1 ถึง 9) และมีจุดทศนิยมให้นับเป็นเลขนัยสำคัญ

- 1.0 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว
- 520.03 มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว

1.5) เลข 0 อยู่หลังตัวเลข (1 ถึง 9) และไม่มีจุดทศนิยม ไม่นับเป็นเลขนัยสำคัญ

- 100 มีเลขนัยสำคัญ 1 ตัว
- 1200 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

1.6) เลข 10^{n} ไม่นับเป็นเลขนัยสำคัญ

- 6.02×10^{23} มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว
- 1.8×10^{-5} มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

2) การปัดเลขนัยสำคัญ ให้พิจารณาตัวเลขที่ตามหลังตัวเลขนัยสำคัญตัวสุดท้าย

ก) ถ้าตัวเลขที่พิจารณามีค่ามากกว่าเลข 5 ให้ปัดขึ้น เช่น 2.78 ต้องการเลขนัยสำคัญเพียง 2 ตัว โดยเลข 8 เป็นเลขที่พิจารณา และเนื่องจากเลข 8 มีค่าสูงกว่า 5 ให้ปัดขึ้น จะได้เป็น 2.8

ข) ถ้าตัวเลขที่พิจารณามีค่าน้อยกว่าเลข 5 ให้ปัดทิ้ง เช่น 2.72 ต้องการเลขนัยสำคัญเพียง 2 ตัว โดยเลข 2 เป็นเลขที่พิจารณา และเนื่องจากเลข 2 มีค่าน้อยกว่า 5 ให้ปัดทิ้ง จะได้เป็น 2.7

ค) ถ้าตัวเลขที่พิจารณาเป็นเลข 5 และหลัง 5 เป็นตัวเลขที่ไม่ใช่ 0 ให้ปัดขึ้น เช่น 2.852 ต้องการเลขนัยสำคัญ 2 ตัว ให้ปัดเป็น 2.9 แต่ถ้าหลัง 5 เป็น 0 หรือไม่มีตัวเลขให้พิจารณาดังนี้

(1) ตัวเลขนำหน้า 5 เป็นเลขคู่ (หรือเป็น 0) ให้ตัดเลข 5 ทิ้งไป เช่น 2.850 หรือ 2.85 ต้องการเลขนัยสำคัญ 2 ตัว ให้ปัดเป็น 2.8

(2) ตัวเลขนำหน้า 5 เป็นเลขคี่ ให้ปัดเลข 5 ขึ้น เช่น 2.750 หรือ 2.75 ต้องการเลขนัยสำคัญ 2 ตัว ให้ปัดเป็น 2.8

3) ตัวเลขนัยสำคัญที่ได้จากการบวกหรือลบ ผลลัพธ์ต้องมีเลขหลังจุดทศนิยมเท่ากับจำนวนเลขที่มีเลขหลังจุดทศนิยมจำนวนน้อยที่สุด เช่น

12.45 + 134.324 + 60.4786 = 207.2526

ดังนั้น ผลลัพธ์ต้องมีเลขหลังจุดทศนิยมสองตำแหน่ง ต้องนำหลักการปัดเลขมาพิจารณาเลข 5 ซึ่งหลังเลข 5 เป็น 2 ซึ่งน้อยกว่า 5 ดังนั้น ให้ปัดทิ้ง คำตอบที่ถูกต้องตามหลักเลขนัยสำคัญ คือ 207.25

4) ตัวเลขนัยสำคัญที่ได้จากการคูณหรือหาร ผลลัพธ์ที่ได้ต้องมีเลขนัยสำคัญเท่ากับตัวเลขที่นำมาคูณหรือที่มีจำนวนเลขนัยสำคัญน้อยที่สุด เช่น

$$\frac{3.58\text{x}12.426}{9.42\text{x}5.2} = 0.\mathbf{90}815 = 0.91$$

ดังนั้น ผลลัพธ์ต้องมีเลขนัยสำคัญเท่ากับตัวเลขที่นำมาคูณหารที่มีจำนวนเลขนัยสำคัญน้อยที่สุด นั่นคือ 5.2 (นับเลขนัยสำคัญได้ 2 ตัว) ต้องนำหลักการปัดเลขมาพิจารณาเลข 0 ซึ่งหลังเลข 0 เป็น 8 ซึ่งมากกว่า 5 ดังนั้น ให้ปัดขึ้น คำตอบที่ถูกต้องตามหลักเลขนัยสำคัญ คือ 0.91

5) การคำนวณตัวเลขนัยสำคัญที่มีหลายขั้นก่อนที่จะได้ผลลัพธ์สุดท้ายให้เผื่อเลขนัยสำคัญไว้หนึ่งตัว แล้วค่อยตัดให้มีเลขนัยสำคัญเท่าที่ควรจะเป็นในขั้นสุดท้าย เพื่อไม่ให้มีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการปัดเศษ

6) ตัวเลขที่ได้จากคำนวณเกี่ยวกับลอการิทึม (logarithm) และแอนติลอการิทึม (anti-logarithm) ในการหาค่าลอการิทึมของตัวเลขจำนวนหนึ่งนั้น ค่าที่ได้ประกอบด้วยตัวเลขสองชนิด คือ แคแรกเทอริสติก (characteristic) คือ ตัวเลขหน้าจุดทศนิยม และแมนทิสซา (mantissa) คือ ตัวเลขหลังจุดทศนิยม การนับเลขนัยสำคัญจะนับจำนวนเลขที่เป็นเลขแมนทิสซาเท่านั้น โดยให้มีจำนวนเลขนัยสำคัญเท่ากับตัวเลขนัยสำคัญที่นำมาหาค่าลอการิทึม เช่น log $1.35\text{x}10^4$ มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว เมื่อหาค่าลอการิทึม เลขแมนทิสซาต้องมีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

แคแรกเทอริสติก

$$\log \underline{1.35}\text{x}10^4 = 4.\underline{13033} = 4.130$$

แมนทิสซา

ส่วนกรณี แอนติลอการิทึม พิจารณาหลักเดียวกัน คือ เลขนัยสำคัญให้นับเฉพาะเลขแมนทิสซา

เช่น $\log x = 13.\underline{1769}$

$x = \underline{1.530}\text{x}10^{13}$

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 จงบอกตัวเลขของการวัดและความคลาดเคลื่อน

การทดลองที่ 1

1) ตวงน้ำใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 250 mL (โดยให้ปริมาตรน้ำไม่เกิน 100 mL) (บีกเกอร์ที่ 1)

2) อ่านและบันทึกปริมาตรน้ำในบีกเกอร์ ตามหลักเลขนัยสำคัญ บันทึกค่าลงในตาราง

3) นำบีกเกอร์เปล่า ขนาด 250 mL 1 ใบ ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง จดน้ำหนัก (บีกเกอร์ที่ 2)

4) เทนำบีกเกอร์ที่ 1 ใส่ในบีกเกอร์ที่ 2 แล้วนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งเครื่องเดิม บันทึกค่าลงในตาราง

5) คำนวณน้ำหนักน้ำ และค่าความคลาดเคลื่อน

การทดลองที่ 2

1) ตวงน้ำใส่ในกระบอกตวง ขนาด 100 mL (โดยให้ปริมาตรน้ำไม่เกิน 80 mL)

2) อ่านและบันทึกปริมาตรน้ำในกระบอกตวง ตามหลักเลขนัยสำคัญ บันทึกค่าลงในตาราง

3) นำบีกเกอร์เปล่า ขนาด 250 mL 1 ใบ ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง จดน้ำหนัก

4) เทนำกระบอกตวงใส่ในบีกเกอร์แล้วนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งเครื่องเดิม บันทึกค่าลงในตาราง

5) คำนวณน้ำหนักน้ำ และค่าความคลาดเคลื่อน

การทดลองที่ 3

1) นำบีกเกอร์เปล่า ขนาด 250 mL 1 ใบ ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง จดน้ำหนัก

2) ใช้ปิเปต ขนาด 25.00 mL ดูดน้ำให้ได้ปริมาตร 20.00 mL แล้วเทใส่ในบีกเกอร์แล้วนำไปชั่งด้วยเครื่องชั่งเครื่องเดิม บันทึกค่าลงในตาราง

3) คำนวณน้ำหนักน้ำ และค่าความคลาดเคลื่อน

ตอนที่ 2 การจัดการตัวเลขตามหลักเลขนัยสำคัญ

2.1) จงเขียนสัญกรณ์เชิงวิทยาศาสตร์ (scientific notation) โดยให้มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

1.1) 0.00000000105 m

1.2) 0.000546 g

1.3) 1090 K

1.4) 1050000 s

1.5) 0.0500 mol

2.2) แสดงการนับเลขนัยสำคัญของตัวเลขต่อไปนี้

1.1) 0.00000000105

1.2) 0.000546

1.3) 1090

1.4) 1050000

1.5) 0.050

2.3) แสดงการหาคำตอบที่ถูกต้องตามหลักเลขนัยสำคัญ

1.1) 10.5 + 12.45 + 12.654

1.2) 2.456 x 20.244 x 2.45

1.3) $\frac{504.590}{25.87}$

1.4) $6.02 \times 10^{23} \times 1.055$

1.5) -log 0.0000454