

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

**ฟิสิกส์ (Physics)** มาจากภาษากรีก ซึ่งหมายความว่าธรรมชาติ (nature) คือวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับมวลสารและพลังงานเพื่อนำไปอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่สังเกตเห็นหรือแก้ปัญหาที่เร้นลับทางธรรมชาติ

ฟิสิกส์แยกการศึกษาออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. **ฟิสิกส์ยุคเก่า (Classical Physics)** เป็นการศึกษาเพื่อค้นคว้าหาหลักเกณฑ์และขบวนการต่างๆที่จะนำมาอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ที่สังเกตเห็นได้ด้วยตา หมายความว่า เป็นการศึกษา ระบบที่เกี่ยวกับมวลที่มีขนาดใหญ่ ๆ เช่น การเคลื่อนที่ของวัตถุต่าง ๆ

2. **ฟิสิกส์ยุคใหม่ (Modern Physics)** เป็นการศึกษาสิ่งที่เร้นลับที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น เช่น โครงสร้างอะตอม พลังงานที่ได้จากการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี ฯลฯ

**วิทยาศาสตร์ (science)** หมายถึง การศึกษาความเป็นจริงในธรรมชาติทั้งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต แบ่งเป็น 2 สาขา ดังนี้

1. **วิทยาศาสตร์กายภาพ (Physical science)** เป็นการศึกษาธรรมชาติเกี่ยวกับสิ่งไม่มีชีวิต แขนงวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพที่สำคัญมี 2 สาขา คือ ฟิสิกส์ และ เคมี

2. **วิทยาศาสตร์ชีวภาพ (Biological science)** เป็นการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ

**แนวทางการได้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือ ฟิสิกส์**

1. แนวทางที่หนึ่ง (แนวทางโดยประสบการณ์) มีองค์ประกอบได้มา 5 ขั้นตอน

- การสังเกต
- การบันทึก
- การทดลอง
- การวิเคราะห์
- การสรุปผล

2. แนวทางที่สอง (แนวทางโดยทฤษฎี)

- ใช้ความคิดสร้างสรรค์ความรู้ใหม่ โดยอาศัยข้อมูลจากความรู้เดิม
  - สร้างแบบจำลองทางความคิด (หรือทฤษฎี หรือข้อสรุป) ขึ้นใหม่
  - ทดลองหาข้อพิสูจน์เพื่อยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้นใหม่
- ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามแนวทางที่สองนี้

1. ไม่ได้เริ่มต้นจากการสังเกต และ การทดลอง

2. เริ่มต้นด้วยการสร้างแบบจำลองทางความคิดขึ้นก่อน แล้วจึงหาข้อพิสูจน์ยืนยัน

ความถูกต้องภายหลัง

เทคโนโลยี (technology) หมายถึง วิทยาการที่เกี่ยวกับศิลปะในการสร้าง ผลิต หรือใช้ วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกต่อมนุษย์โดยตรง หรือสิ่งต่าง ๆ ที่มนุษย์ใช้สอยได้

## 1.2 วิชาฟิสิกส์

วิชาฟิสิกส์ที่นักเรียนจะได้เรียน จะเป็นความรู้ความเข้าใจที่เกิดขึ้น และสะสมกันมาในช่วงเวลา 400ปี ซึ่งเป็นส่วนพื้นฐานของวิชาที่ได้จัดให้เป็นระบบ เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการเรียนรู้ และในที่สุดเรื่องต่าง ๆ ที่เรียนจะสัมพันธ์กันทุกเรื่อง การเรียนรู้ที่ดีจะต้องมีความเข้าใจหลักการของเรื่องนั้น ๆ จนสามารถนำหลักการไปประยุกต์ได้ การฝึกให้สามารถประยุกต์หลักการกับการแบบฝึกหัดหรือ โจทย์ปัญหาเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งที่นักเรียนควรพยายามคิดด้วยตนเอง ซึ่งจะเป็นการฝึกคิดอย่างฟิสิกส์หรืออย่างนักวิทยาศาสตร์ การทำการทดลอง นอกจากจะทำให้ให้นักเรียนรู้ด้วยความเข้าใจแบบเป็นรูปธรรมแล้ว ยังฝึกให้เรียนรู้วิธีการทำการทดลองและการวิเคราะห์ผลในลักษณะที่นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติกัน

## 1.3 ปริมาณทางฟิสิกส์และหน่วย

ปริมาณทางฟิสิกส์แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. ปริมาณสเกลาร์ (Scalar quantity) เป็นปริมาณที่มีแต่ขนาดเพียงอย่างเดียว เช่น มวล อัตราเร็ว
2. ปริมาณเวกเตอร์ (Vector quantity) เป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง เช่น น้ำหนัก ความเร็ว

### เครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์หรือฟิสิกส์

เครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์มีความจำเป็นดังนี้

1. เครื่องมือวัดช่วยให้เราสามารถวัดปริมาณต่าง ๆ ที่ต้องการได้สะดวกรวดเร็วและปลอดภัย
2. เครื่องมือวัดทำให้เราสามารถวัดปริมาณต่าง ๆ ที่ประสาทการรับรู้ของมนุษย์ไม่สามารถตรวจสอบได้โดยตรง
3. งานต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์หรือฟิสิกส์จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องอาศัยเครื่องมือเข้าช่วย

\*\*\* เครื่องวัด ช่วยให้ได้มาซึ่งข้อมูลใหม่ ๆ ที่ต้องการ \*\*\*

### การแสดงผลการวัด

โดยทั่วไปเครื่องมือวัดจะแสดงผลการวัด 2 แบบ คือ

1. แสดงผลการวัดแบบขีดสเกล เช่น ไม้บรรทัด , ไม้เมตร , สายวัด ฯลฯ
2. แสดงผลการวัดแบบตัวเลข เช่น นาฬิกาจับเวลา , มิเตอร์รถยนต์ ฯลฯ

### หน่วยการวัด

หน่วย (unit) คือ ชื่อที่ใช้กำหนดปริมาณ เดิมใช้กันหลายระบบ ปัจจุบันองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐานเสนอให้ใช้หน่วยระบบเดียวกัน เรียกว่า ‘ระบบหน่วยระหว่างชาติ’ (Systeme International Units) เรียกโดยย่อว่าหน่วย เอสไอ (SI unit)

**หน่วยฐาน (base unit)** เป็นหน่วยหลักของเอสไอ มีทั้งหมด 7 หน่วย ดังตาราง

ปริมาณฐาน	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์
ความยาว (length)	เมตร (metre)	m
เวลา (time)	วินาที (second)	s
มวล (mass)	กิโลกรัม (kilogram)	kg
อุณหภูมิ (temperature)	เคลวิน (Kelvin)	K
กระแสไฟฟ้า (Electric current)	แอมแปร์ (Ampere)	A
ปริมาณของสาร (Amount of substance)	โมล (Mole)	mol
ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous intensity)	แคนเดลา (candela)	cd

**หน่วยเสริม (Supplementary Units)** เป็นหน่วยที่มีชื่อพิเศษมีอยู่ 2 หน่วย คือ หน่วยวัดมุมบนระนาบ (plane angle) เรียกว่า เรเดียน (Radian , Rad) และหน่วยวัดมุมตัน (Solid angle) เรียกว่า สเตอเรเดียน (Steradian , Sr)

1. เรเดียน คือ มุมบนระนาบที่เกิดขึ้นระหว่างเส้นรัศมีของวงกลมวงหนึ่งซึ่งถูกรองรับด้วยเส้นโค้งของวงกลมที่มีความยาวเท่ากับรัศมีของวงกลมนั้น
2. สเตอเรเดียน คือ มุมตันที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมซึ่งถูกรองรับด้วยผิวของทรงกลมที่มีพื้นที่เท่ากับรัศมีของทรงกลมนั้นยกกำลังสอง

**หน่วยอนุพันธ์ (Derived units)** เป็นหน่วยซึ่งประกอบด้วยหน่วยฐานหลายหน่วยมาเกี่ยวข้องกันในลักษณะการคูณหรือหารกัน เช่น อัตราเร็ว (m/s) และ แรง ( $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ ) เป็นต้น

### สิ่งที่มีผลกระทบต่อความถูกต้องของการวัด

1. เครื่องมือที่ใช้วัด ควรเป็นเครื่องมือที่ได้มาตรฐานสากล
2. วิธีการวัดและการเลือกใช้เครื่องมือในการวัด ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ถ้าวัดระยะทางสั้นๆ อาจใช้ไม้บรรทัด แต่ถ้าเป็นการวัดระยะทางระหว่างดวงดาวก็อาจจะใช้วิธีการใหม่ๆ โดยหลักสำคัญวิธีการและเครื่องมือที่ใช้วัด จะต้องส่งผลกระทบต่อสิ่งที่ทำการวัด
3. ผู้ทำการวัด ตัวผู้ทำการวัดจะต้องมีความรู้ในการใช้เครื่องมือวัด และต้องทำการวัดและบันทึกผลอย่างรอบคอบ และซื่อสัตย์ โดยไม่เอาความคิดของตัวเองเข้าไปมีส่วนในการตัดสินใจบันทึก ผลการวัดนั้น
4. สภาพแวดล้อมขณะทำการวัด จะต้องไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งที่ทำการวัดนั้น

### แบบฝึกหัดทบทวนความเข้าใจ

- ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ก หน้าข้อที่เห็นว่าถูก และทำเครื่องหมาย ข หน้าข้อความที่เห็นว่าผิด  
..... 1. งานทางด้านฟิสิกส์ เครื่องมือวัดเป็นสิ่งจำเป็นน้อยมากในการได้มาข้อมูลใหม่ ๆ  
..... 2. มาตรฐานของเครื่องมือวัดเป็นสิ่งสำคัญยิ่งในการเก็บข้อมูลทางวิทยาศาสตร์  
..... 3. ประสาทการรับรู้ของมนุษย์ในเรื่องต่าง ๆ ไม่จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือช่วย  
..... 4. การใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมกับงานจะช่วยให้ปลอดภัยประหยัดเวลาได้รายละเอียด  
ที่ถูกต้อง  
..... 5. เครื่องมือวัดแบบตัวเลขอ่านค่าได้เป็นขั้น ๆ ไม่สามารถประมาณค่าตำแหน่งสุดท้าย  
ด้วยสายตาได้  
..... 6. ขณะทำการวัดถ้าสภาพแวดล้อมแตกต่างจากเงื่อนไขที่กำหนดค่าที่วัดได้จะผิดพลาดสูง  
..... 7 การบันทึกข้อมูลทุกชนิดจำเป็นต้องบันทึกลงในตารางเสมอ  
..... 8. ข้อมูลทุกชนิดควรนำเสนอด้วยแผนภูมิทางสถิติเสมอ  
..... 9. การนำเอาข้อมูลมาเขียนเป็นแผนภูมิทางสถิติแบบต่าง ๆ จะช่วยทำให้ผู้อ่านมองเห็น  
เป็นรูปธรรม มากขึ้น  
..... 10. การวัดเพียงครั้งเดียวจะให้ค่าที่ถูกต้องมากกว่า

### 2. กำหนดให้

เฮริตซ์	นิวตัน	เมตร	คูลอมป์	เคลวิน	โอห์ม
โมล	กิโลกรัม	จูล	วัตต์	วินาที	โวลต์
แอมแปร์	แคนเดลา				

จงแยกว่าหน่วยใดเป็นหน่วยอนุพันธ์ และหน่วยใดเป็นหน่วยมูลฐาน

หน่วยมูลฐาน

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

หน่วยอนุพันธ์

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

## คำอุปสรรค (Prefixes)

คำอุปสรรคเป็นเลข  $10^{\pm n}$  ที่ใช้คูณหน้าหน่วย (ตัวพหุคูณ) เพื่อที่จะทำให้หน่วยนั้นใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงคำอุปสรรคที่กำหนดให้ใช้มีดังตาราง

ตัวพหุคูณ	ชื่อ	สัญลักษณ์	ตัวพหุคูณ	ชื่อ	สัญลักษณ์
$10^{18}$	exa	E	$10^{-18}$	atto	a
$10^{15}$	peta	P	$10^{-15}$	femto	f
$10^{12}$	tara	T	$10^{-12}$	pico	p
$10^9$	giga	G	$10^{-9}$	nano	η
$10^6$	mega	M	$10^{-6}$	micro	μ
$10^3$	kilo	k	$10^{-3}$	milli	m
$10^2$	hecto	h	$10^{-2}$	centi	c
$10^1$	deca	da	$10^{-1}$	deci	d

หลักการเปลี่ยนหน่วยในระบบเอสไอ ให้นักเรียนนำเลข  $10^x$  ไปคูณกับหน่วยเดิมที่กำหนดมา โดยที่ x คือ ผลต่างของเลขชี้กำลังของอุปสรรคตัวแรกกับตัวสุดท้าย ตามหลักการของเลขพีชคณิต

เช่น ต้องการเปลี่ยน 60 กิโลเมตร (km) ให้เป็นหน่วยนาโนเมตร (nm) จะพบว่าเลขชี้กำลังของตัว k คือ 3 ส่วนเลขชี้กำลังของตัว n คือ -9 ดังนั้น x ในที่นี้ก็คือ  $3 - (-9) = 3 + 9 = 12$  แสดงว่า 60 km จึงมีค่าเท่ากับ  $60 \times 10^{12}$  nm

### แบบฝึกทบทวนความรู้ความเข้าใจ

1. จงเปลี่ยนหน่วยต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

- 2.25 เซนติเมตร = เมตร
- 4,000,000 วัตต์ = เมกะวัตต์
- 0.000003 แอมแปร์ = ไมโครแอมแปร์
- 44.25 เมตร = เซนติเมตร
- $3 \times 10^3$  แอมแปร์ = มิลลิแอมแปร์
- 11.5 กิโลกรัม = กรัม
- 16 ชั่วโมง = นาที
- 60 กิโลกรัม = มิลลิเมตร
- $5 \times 10^3$  วัตต์ = กิโลวัตต์
- $6 \times 10^6$  โวลต์ = เมกะโวลต์

## 1.4 การทดลองในวิชาฟิสิกส์

การทดลองในวิชาฟิสิกส์ แม้จะไม่ซับซ้อนใหม่การฝึกทำจะเป็นการฝึกฝนวิธีการทำการทดลอง ตามแนวที่เป็นที่ยอมรับในวงการฟิสิกส์ การทำการทดลองถือเป็นส่วนสำคัญในการฝึกทำและค้นหาเหตุผลอย่างวิทยาศาสตร์

เป็นการยากที่จะวางกฎเกณฑ์แน่ชัดสำหรับการทดลองทุก ๆ อย่าง เนื่องจากในการทดลองแต่ละเรื่อง อาจมีลักษณะเฉพาะที่ต่าง ๆ กัน อย่างไรก็ตาม ในการทำการทดลองมักจะทำเพื่อตอบคำถามบางอย่างหรือเพื่อหาความจริงบางอย่าง (ซึ่งก็จะเป็นวัตถุประสงค์ของการทดลอง) เพื่อให้ได้คำตอบ ก็ต้องคิดหาวิธีการทดลองที่เหมาะสมและสอดคล้องกับอุปกรณ์ที่มี ทำการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลต่าง ๆ วิเคราะห์ จากข้อมูลเพื่อสรุปเป็นคำตอบ

คำตอบที่เราได้จะเป็นที่น่าเชื่อถือหรือไม่ต่อผู้อื่น เราต้องสามารถแสดงทุกขั้นตอนของการทดลองได้ ดังนั้นจึงมีการเขียน รายงานการทดลอง โดยยึดหลักการที่ว่า เขียนการทดลองให้ผู้อ่านเข้าใจได้ง่ายที่สุด กระชับที่สุด มีครบทุกอย่าง โดยเฉพาะข้อมูลชัดเจน (มีการวาดรูปประกอบและการเสนอข้อมูลเป็นตารางช่วยให้ดูง่ายและเป็นที่ยอมรับ) แสดงการวิเคราะห์และการสรุปผล อาจตามด้วยข้อวิจารณ์หรือความคิดเห็นของตนเองเพิ่มเติมไว้ด้วย

## 1.5 ความไม่แน่นอนในการวัด

### 1. การบวก

สมมติตัวเลขแรก คือ  $X_1 = A \pm \Delta A$

ตัวเลขที่ 2 คือ  $X_2 = B \pm \Delta B$

จะได้คำตอบ  $X = X_1 + X_2 = (A + B) \pm (\Delta A + \Delta B)$

### 2. การลบ

สมมติตัวเลขแรก คือ  $X_1 = A \pm \Delta A$

ตัวเลขที่ 2 คือ  $X_2 = B \pm \Delta B$

จะได้คำตอบ  $X = X_1 - X_2 = (A - B) \pm (\Delta A + \Delta B)$

### 3. การคูณ

สมมติตัวเลขแรก คือ  $X_1 = A \pm \Delta A$

ตัวเลขที่ 2 คือ  $X_2 = B \pm \Delta B$

ผลคูณคือ  $X = X_1 \times X_2 = AB \pm \left( \frac{\Delta A}{A} \times 100 + \frac{\Delta B}{B} \times 100 \right) \frac{AB}{100}$

$$X = X_1 \times X_2 = AB \pm \left( \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B} \right) AB$$

## 4. การหาร

สมมติตัวเลขแรก คือ  $X_1 = A \pm \Delta A$

ตัวเลขที่ 2 คือ  $X_2 = B \pm \Delta B$

$$\text{ผลหารคือ } X = \frac{X_1}{X_2} = \frac{A}{B} \pm \left( \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B} \right) \frac{A}{B}$$

## 1.6 เลขนัยสำคัญ (Significant figure)

**เลขนัยสำคัญ** คือ ปริมาณที่ได้จากการวัด การทดลอง ปริมาณนี้จะบ่งบอกถึงความละเอียดของอุปกรณ์ ซึ่งมีผลต่อการซื้อถือและการยอมรับผลของการทดลอง

วิธีนับจำนวนเลขนัยสำคัญ

- เลขทุกตัวที่ไม่ใช่ 0 เป็นเลขนัยสำคัญ เช่น
  - 2.3 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว
  - 2.34 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว
  - 2.345 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว
- เลข 0 อยู่ระหว่างตัวเลขนัยสำคัญ เป็นเลขนัยสำคัญ เช่น
  - 20.3 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว
  - 200.3 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว
  - 2020.34 มีเลขนัยสำคัญ 6 ตัว
- เลข 0 อยู่หลังจุดทศนิยมทางด้านขวามือ ถือว่าเป็นเลขนัยสำคัญ (นับหมดทุกตัว) เช่น
  - 3.0 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว
  - 3.00 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว
- เลข 0 อยู่ซ้ายมือไม่เป็นเลขนัยสำคัญ
  - 0.20 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว
  - 0.0021 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว
- เลข 10 ยกกำลังไม่นับเป็นเลขนัยสำคัญ
  - $2.5 \times 10^3$  มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว

**การบวก ลบ คูณและหารเลขนัยสำคัญ**

**การบวก ลบ เลขนัยสำคัญ** คิดเหมือนการบวกและการลบเลขทั่ว ๆ ไป แต่เวลาตอบเลขหลังจุดทศนิยมให้ตอบเท่ากับจำนวน ตำแหน่งทศนิยมที่มีจำนวนน้อยที่สุด เช่น

$$2.3 + 3.42 + 4.112 = 9.832$$

2.3 จำนวนตำแหน่งทศนิยมน้อยที่สุด

คำตอบจริงควรตอบ  $9.832 = 9.8$

$$4.20 + 1.6256 + 0.051 = 5.8763$$

คำตอบจริงควรตอบ = 5.88 (ปัดก่อนตัดทิ่ง)

**การคูณ เลขนัยสำคัญ** คิดเหมือนการคูณและหารเลขทั่ว ๆ ไป แต่เวลาตอบดู จำนวนเลข นัยสำคัญที่เลขนัยสำคัญที่น้อยที่สุด

จำนวนเลขนัยสำคัญที่น้อยที่สุดมี 2 ตัว

$$4.1 \times 1.5268 = 6.25908$$

คำตอบจริงควรตอบ = 6.3 (ปัดก่อนตัดทิ่ง)

$$3.23 \times 1.2 = 3.876$$

คำตอบจริงควรตอบ = 3.9

### ระดับขนาด

เป็นการบอกปริมาณอย่างคร่าว ๆ เพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบ โดยถือเอาค่าใกล้เคียงกับ สิบยกกำลังต่าง ๆ เป็นหลักดังเช่น

ถ้าอยู่ใกล้ 1,000	ระดับขนาดเป็น $10^3$
ถ้าอยู่ใกล้ 100	ระดับขนาดเป็น $10^2$
ถ้าอยู่ใกล้ 10	ระดับขนาดเป็น $10^1$
ถ้าอยู่ใกล้ 0.1	ระดับขนาดเป็น $10^{-1}$
ถ้าอยู่ใกล้ 0.01	ระดับขนาดเป็น $10^{-2}$
ถ้าอยู่ใกล้ 0.001	ระดับขนาดเป็น $10^{-3}$

ในการพิจารณา ถ้าปริมาณใดมีค่าไม่ถึง 10 ให้ใช้หลักการปัดเศษปกติ เช่น  $1.89 \times 10^{30}$  มีระดับขนาดเป็น  $10^{30}$ ,  $5.8 \times 10^{24}$  มีระดับขนาดเป็น  $10^{25}$ ,  $4.5 \times 10^{12}$  มีระดับขนาดเป็น  $10^{12}$  และ  $4.51 \times 10^{12}$  มีระดับขนาดเป็น  $10^{12}$  เป็นต้น

### แบบฝึกทบทวนความใจ

1. จงหาผลบวกต่อไปนี้ตามหลักเลขนัยสำคัญ

- |                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1. $7.04 + 0.56$ (.....)      | 4. $15.765 + 6.04 + 5.0$ (.....) |
| 2. $14.46 + 24.2$ (.....)     | 5. $14.28/0.714$ (.....)         |
| 3. $(6.75 - 12.00)/4$ (.....) | 6. $(7.32)^2$ (.....)            |

2. จงเขียนระดับขนาด ของปริมาณต่อไปนี้

- 2.1) ดวงจันทร์มีมวล  $7.36 \times 10^{23}$  kg มีระดับขนาด = ..... mg
- 2.2) ปากกามวล 25 mg มีระดับขนาด = .....  $\mu$ g
- 2.3) โต้ะมวล 35 kg มีระดับขนาด = .....  $\mu$ g
- 2.4) อิเล็กตรอนมวล  $9.1 \times 10^{31}$  kg มีระดับขนาด = ..... mm
- 2.5) ดินสอยาว 67 cm มีระดับขนาด = ..... m



### 1.7 การบันทึกข้อมูล

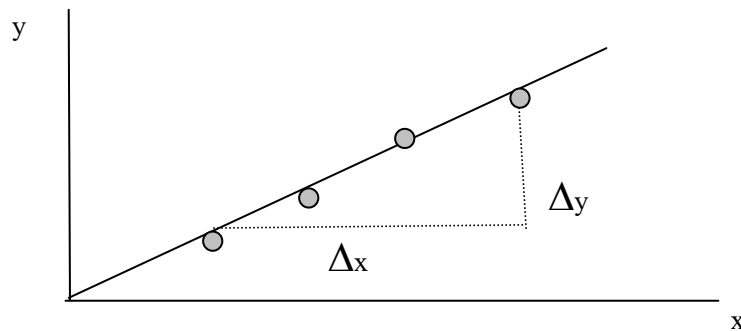
การบันทึกข้อมูลที่จะให้กะทัดรัด ชัดเจน อ่านเข้าใจง่าย ขึ้นกับข้อมูลที่สำคัญสำหรับการทดลองนั้น ๆ หากเป็นไปได้หรือเหมาะสม มักจะนำเสนอในรูปของตารางซึ่งมีหัวของช่องชัดเจน ว่าเป็นปริมาณอะไร ในหน่วยอะไร ในบางปริมาณที่ต้องการความแน่นอนที่เชื่อถือได้ ควรวัด 3 ครั้ง หรือ 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย ซึ่งการทำหลาย ๆ ครั้งอาจใช้เครื่องคิดเลขบางแบบคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ได้ด้วย ควรเริ่มด้วยช่องสมุดที่เป็นตัวแปรต้นที่จะวัดโดยตรง ตามด้วยตัวแปรตามที่จะวัดได้โดยตรง ซึ่งสามารถบันทึกตัวลงไปทันทีที่วัดได้ แล้วจึงเพิ่มช่องต่อ ๆ ไปที่หาได้จากช่องแรก ๆ จนได้ช่องของปริมาณที่จะใช้ในการวิเคราะห์ โดยเฉพาะที่จะใช้เขียนกราฟ

นอกจากส่วนที่ทำการวัดที่สำคัญ ข้อมูลของการทดลองควรมีข้อมูลประกอบ ซึ่งบางครั้งมีความหมายหรือมีความเกี่ยวข้องกับผลการทดลองด้วย เช่น ทำการทดลองเมื่อใด สภาพแวดล้อมเป็นอย่างไร เช่น อุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ฯลฯ

### 1.8 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ใช้การพิจารณาจากข้อมูลรวมทั้งการใช้การคำนวณตามความเหมาะสม เมื่อได้ผลสรุปที่เป็นปริมาณ ควรแสดงโอกาสผิดพลาดได้ของปริมาณนั้นด้วย การใช้กราฟเส้นตรงช่วยในการวิเคราะห์ โดยเฉพาะเพื่อหาหรือพิสูจน์ความสัมพันธ์ระหว่างสองปริมาณที่เป็นปฏิภาคกัน กราฟเส้นโค้งใช้ดูการเปลี่ยนแปลงได้แต่ไม่สามารถพิสูจน์ความสัมพันธ์ได้ชัดเจน

สมการทางคณิตศาสตร์ของกราฟเส้นตรงจะอยู่ในรูป  $y = mx + c$  เมื่อ  $m$  คือ ความชัน หรือ slope และ  $c$  คือ จุดตัดแกน  $y$  กราฟเป็นดังรูป



รูป กราฟเส้นตรงผ่านจุดทดลอง

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

ในการทดลองเราอาจให้  $y$  และ  $x$  แทนปริมาณเป็นกำลังสองหรือรากที่สองของบางปริมาณก็ได้ เส้นกราฟที่วางให้ดีเทียบกับจุดทดลองซึ่งแต่ละจุดมีค่าวงกลม จะมีความเป็นไปได้ที่ความชันของเส้นกราฟจะมีค่าวงกลมขนาดหนึ่งได้ คือ เส้นกราฟสามารถเอียงต่าง ๆ โดยยังผ่านทุกจุดได้ดี ซึ่งต้องพิจารณาจากจุดข้อมูลต่าง ๆ ด้วย

1.9 ตัวอย่างการทดลอง เรื่อง ลูกตุ้มอย่างง่าย (อยู่ในหนังสือแบบเรียนฟิสิกส์พื้นฐานและเพิ่มเติม เล่ม 1 หน้า 12-13)

1.10 ตัวอย่างการบันทึกผลการทดลอง (อยู่ในหนังสือแบบเรียนฟิสิกส์พื้นฐานและเพิ่มเติม เล่ม 1 หน้า 14-18)

