

บทที่ 1
ฟิสิกส์ และการวัด
(Physics and Measurement)

1.1 ฟิสิกส์คืออะไร

ความอยากรู้อยากเห็นและความช่างสังเกตเป็นพฤติกรรมของมนุษย์ ที่ก่อให้เกิด การศึกษาธรรมชาติที่อยู่รอบตัวเรา ด้วยวิธีการต่างๆถ้าเรารู้และเข้าใจธรรมชาติได้มากเท่าไรเราก็ จะนำเอาความรู้ต่าง ๆ นั้นมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้มากเท่านั้น การศึกษาเรื่องราวต่างๆใน ธรรมชาติเรียกว่า การศึกษาทางฟิสิกส์

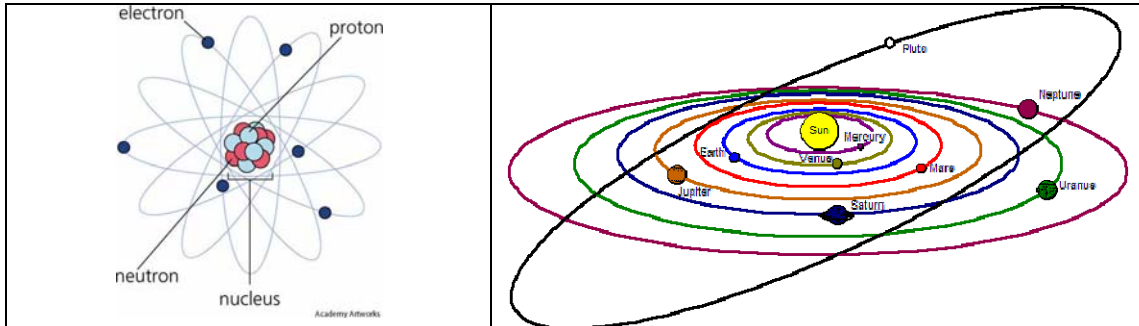


รูป 1.1 ความอยากรู้อยากเห็นเป็นพฤติกรรมอย่างหนึ่งของมนุษย์

ฟิสิกส์ (Physics) เป็นวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของสิ่งที่ไม่มีชีวิต ซึ่งได้แก่ การศึกษา การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวเรา การศึกษาหา ความรู้ทางฟิสิกส์ทำได้โดยการสังเกต ทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูลแล้วนำมาวิเคราะห์ เพื่อสรุปเป็น ทฤษฎี หลัก หรือกฎ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติสามารถนำไปใช้ในการทำนายอนาคตได้ เช่นการพยากรณ์อากาศ การคาดการณ์การเกิดแผ่นดินไหว ฯลฯ ความรู้เกี่ยวกับธรรมชาตินี้เป็น ความรู้พื้นฐานของวิทยาศาสตร์ทุกสาขาวิชา มีผู้รู้ได้ให้ความหมายของคำว่าฟิสิกส์ไว้แตกต่างกัน แล้วแต่มุมมองของแต่ละคน ดังนี้

1. ฟิสิกส์ คือ การศึกษากฎของธรรมชาติ
2. ฟิสิกส์ คือ วิทยาศาสตร์ที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสสารกับพลังงาน

ฟิสิกส์ศึกษาธรรมชาติตั้งแต่สิ่งที่เล็กที่สุด ไปจนถึงสิ่งที่มีขนาดใหญ่ที่สุด คือศึกษาตั้งแต่ระดับอะตอม จนถึง จักรวาล และก็เป็นที่น่าสังเกตว่าทั้งสองสิ่งนี้มีธรรมชาติหรือรูปร่างลักษณะที่คล้ายกันมาก ดังรูป 1.2



ก) แบบจำลองอะตอม

ข) รูปจำลองของระบบสุริยะจักรวาล

รูป 1.2 ความคล้ายกันของอะตอม กับระบบสุริยะจักรวาล

(จากรูป 1.2 ข) นักศึกษาจะเห็นว่าดาวพลูโตมีระนาบการโคจรที่แตกต่างจากดาวเคราะห์ดวงอื่นๆ ดังนั้นในปัจจุบันนักดาราศาสตร์จึงไม่นับว่าดาวพลูโตเป็นดาวบริวารของโลก)

เนื่องจากในปัจจุบันนี้การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้ขยายตัวอย่างรวดเร็วมากการศึกษาทางฟิสิกส์ก็มีขอบเขตที่กว้างขึ้นเรื่อยๆ ในปัจจุบันในการศึกษาทางด้านฟิสิกส์มักจะแยกการศึกษาทางฟิสิกส์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

การศึกษาวิชาฟิสิกส์ในปัจจุบัน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

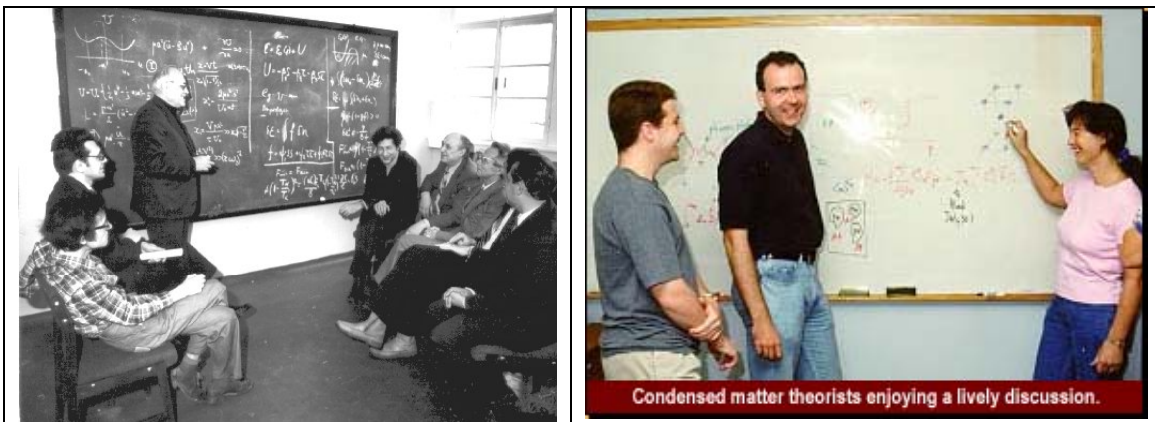
- 1) ฟิสิกส์เชิงการทดลอง
- 2) ฟิสิกส์เชิงทฤษฎี

ฟิสิกส์เชิงการทดลอง (experimental physics): ผู้ที่จะศึกษาทางด้านนี้ได้จะต้องเป็นคนช่างสังเกต การศึกษาทางด้านนี้มักจะเริ่มจากขั้นตอน สังเกต → ปัญหา → ทดลอง → เก็บรวบรวมข้อมูล → วิเคราะห์ → สรุปผล ขอบเขตของการศึกษาฟิสิกส์ภาคปฏิบัติ ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง



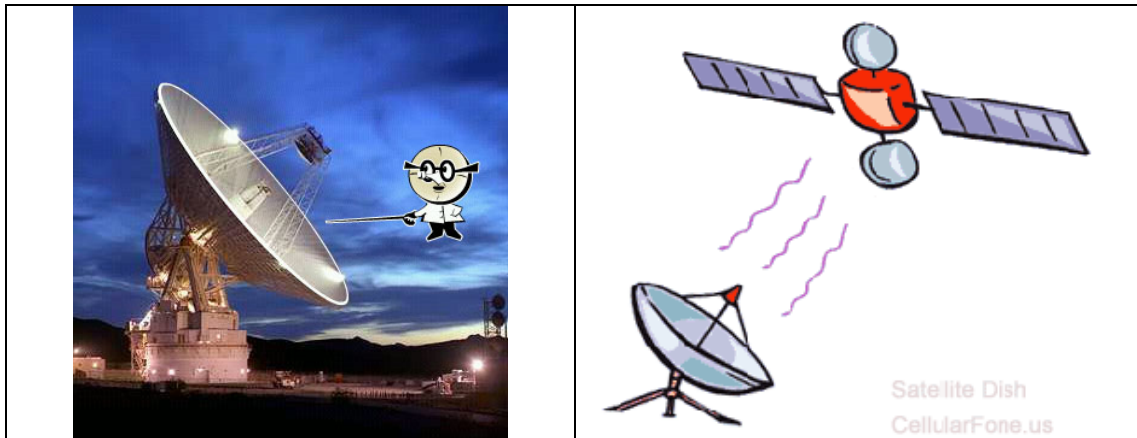
รูป 1.3 การศึกษาวิชาฟิสิกส์เชิงการทดลอง

ฟิสิกส์เชิงทฤษฎี (theoretical physics): ผู้ที่จะศึกษาทางด้านนี้จะต้องเป็นนักคิด และมีความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ เนื่องจากในการอธิบายธรรมชาติของสิ่งต่างๆหลายเรื่อง จำเป็นต้องอธิบายด้วยคณิตศาสตร์ และนักฟิสิกส์เชิงทฤษฎีจะต้องมีจินตนาการสูงเนื่องจากจะต้องมีการสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่อนำไปสู่การสร้างทฤษฎีทางฟิสิกส์ นักฟิสิกส์ในปัจจุบันมักจะถนัดอย่างใดอย่างหนึ่ง และหาได้ยากมากที่นักฟิสิกส์จะมีความชำนาญและเชี่ยวชาญในฟิสิกส์ทั้งสองประเภท



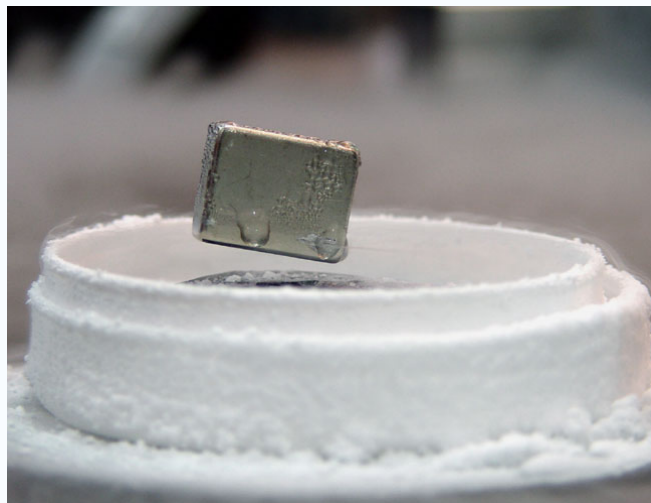
รูป 1.4 การสัมมนาฟิสิกส์เชิงทฤษฎี

ฟิสิกส์ทั้งสองประเภทต่างก็เกี่ยวข้องซึ่งกันและกันบางเรื่องฟิสิกส์ภาคทฤษฎีก็นำฟิสิกส์เชิงการทดลอง เช่น เมื่อครั้งแมกซ์เวลล์ทำนายว่ามีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ในตอนนั้นยังไม่มีใครรู้จักและพบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หลังจากนั้น 20 ปี เฮิร์ตจึงทำการทดลองพบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามที่แมกซ์เวลล์ได้ทำนายไว้



รูป 1.5 จานรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

และบางเรื่องฟิสิกส์เชิงการทดลองก็นำฟิสิกส์เชิงทฤษฎี เช่น การทำซูเปอร์คอนดักเตอร์ นักฟิสิกส์เชิงการทดลองทำขึ้นมาได้ก่อนที่จะมีทฤษฎีอธิบายสมบัติการนำไฟฟ้า เป็นต้น



รูป 1.6 ตัวนำยวดยิ่ง (superconductor)

ในการสร้างตึกสูงจำเป็นจะต้องมีเสาเข็มหรือฐานรากที่มั่นคงแข็งแรง ในทำนองเดียวกันในการศึกษาระดับสูงก็ต้องมีพื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์และฟิสิกส์ที่แข็งแกร่งที่จะรองรับวิทยาการและเทคโนโลยีขั้นสูงได้

นักศึกษาสามารถชมวีดีโอเกี่ยวกับตัวนำยวดยิ่ง ได้จาก

www.atom.rmutphysics.com/charud/video/20/superconductor.htm

นักศึกษาสามารถศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการวัด ได้จาก

www.rmutphysics.com/charud/PDF-learning/index2.htm



รูป 1.7 อาคารที่มีรากฐานไม่แข็งแรง

1.2 หน่วยของการวัด

เนื่องจากในโลกนี้มีประชากรหลายเชื้อชาติหลายเผ่าพันธุ์ แต่ละเชื้อชาติแต่ละเผ่าพันธุ์ ก็มีภาษาและหน่วยวัดของตัวเอง ในสมัยก่อนต่างคนต่างอยู่ภาษากลางจึงไม่ค่อยมีความจำเป็น แต่ในปัจจุบันมีการไปมาหาสู่กันเป็นประจำภาษากลางจึงมีความจำเป็นเป็นอย่างมาก ในทางวิทยาศาสตร์ก็เช่นเดียวกันนักวิทยาศาสตร์จะไม่สามารถคุยกันรู้เรื่องได้เลยถ้าใช้หน่วยวัดที่แตกต่างกัน ในทางวิทยาศาสตร์จึงได้มีการกำหนดให้ใช้หน่วยในระบบเดียวกันทั่วโลก หน่วยวัดในระบบนี้เรียกว่า หน่วยระบบเอสไอ หรือระบบหน่วยระหว่างชาติ

หน่วยพื้นฐาน(Fundamental quantities) ในระบบ SI

ปริมาณพื้นฐาน (Fundamental quantities) ในทางฟิสิกส์ มี 7 ปริมาณ ได้แก่ ความยาว มวลสาร เวลา กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิ ความเข้มแสง และปริมาณมวลสาร ในการวัดปริมาณพื้นฐานหรือปริมาณอื่นใดก็ตาม จะวัดเทียบกับมาตรฐานอันหนึ่งซึ่งตกลงเป็นที่ยอมรับกัน โดยทั่วไปว่า มีปริมาณ 1 หน่วย ในระบบหน่วยมาตรฐานระหว่างชาติหรือระบบ SI ได้กำหนดหน่วยของปริมาณพื้นฐานไว้ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1

ปริมาณ	ชื่อของหน่วย	คำย่อ
ความยาว	เมตร (meter)	m
มวล	กิโลกรัม (kilogram)	Kg
เวลา	วินาที (second)	s
กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์ (ampere)	A
อุณหภูมิ	เคลวิน (Kelvin)	K
ความเข้มแสง	แคนเดลา (candela)	cd
ปริมาณสาร	โมล (mole)	Mol

นิยามของหน่วยมูลฐานในระบบ SI

เมตร (m)

เมตร เป็นหน่วยฐานของความยาวในหน่วยเอสไอ ความยาวหนึ่งเมตรนิยามไว้เท่ากับ ความยาวที่แสงเดินทางได้ในสุญญากาศ ในช่วงเวลา $1/299\,792\,458$ วินาที



กิโลกรัม (kg)

กิโลกรัม คือหน่วยของมวลซึ่งเท่ากับมวลปฐมระหว่างชาติของกิโลกรัม (มวลปฐมนี้อเก็บรักษาไว้ที่สำนักงานมาตราชั่งตวงวัดระหว่างชาติ ที่เมือง Sevres ในประเทศฝรั่งเศส)



รูป 1.8 มวลมาตรฐาน

วินาที (s)

วินาที คือหน่วยของระยะเวลา 9,192,631,770 เท่าของคาบการแผ่รังสีที่สมนัยกับการเปลี่ยนแปลงระดับไฮเปอร์ไฟน์ (hyperfine) สองระดับของภาวะมูลฐานของอะตอมของธาตุซีเซียม-

133



รูป 1.9 นาฬิกาอะตอม

แอมแปร์ (A)

แอมแปร์ คือหน่วยของกระแสไฟฟ้า ซึ่งกระแสที่เมื่อให้อยู่ในตัวนำตรงที่ขนานกับสองเส้น มีความยาวไม่จำกัด พื้นที่หน้าตัดน้อยจนไม่ต้องนำมาคิด และอยู่ห่างกัน 1 เมตรในสุญญากาศ แล้วจะทำให้เกิดแรงระหว่างตัวนำทั้งสองนี้เท่ากับ 2×10^{-7} นิวตันต่อความยาว 1 เมตร

เคลวิน (K)

เคลวิน คือหน่วยของอุณหภูมิอุณหพลศาสตร์ มีค่าเท่ากับเศษส่วน $\frac{1}{273.16}$ ของอุณหภูมิอุณหพลศาสตร์ของจุดไตรภาคของน้ำ

แคนเดลา (cd)

แคนเดลา คือหน่วยความเข้มแสงในทิศตั้งฉากของผิววัตถุดำที่มีพื้นที่ $\frac{1}{600,000}$ ตารางเมตร ณ อุณหภูมิซึ่งธาตุปรอทแข็งตัว ภายใต้ความดัน 101,325 นิวตันต่อตารางเมตร

โมล (mole)

โมล (สัญลักษณ์: mol) เป็นหน่วยมูลฐานสำหรับวัดปริมาณสาร หนึ่งโมลคือปริมาณของสาร 6.02×10^{23} อะตอมหรือโมเลกุล ในทางปฏิบัติสารหนึ่งโมล จะมีน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักอะตอมของสารนั้นที่มีหน่วยเป็นกรัม เช่น เหล็กมีน้ำหนักอะตอมเป็น 55.845 ดังนั้นหนึ่งโมลของเหล็กจะมีมวล 55.845 กรัม

1.3 คำอุปสรรค

คำอุปสรรค หมายถึงเลขยกกำลังของสิบที่นำมาใช้เติมหน้าหน่วยต่างๆ เพื่อให้หน่วยต่างๆมีขนาดใหญ่อขึ้นหรือเล็กลง

เนื่องจากปริมาณต่างๆมีขนาดต่างๆกัน บางปริมาณก็มีขนาดที่เล็กมาก เช่นขนาดของอนุภาคต่างๆในอะตอม บางปริมาณก็มีขนาดที่ใหญ่มาก แต่ขนาดของดวงดาวต่าง หรือขนาดของจักรวาล แต่ไม่ว่าปริมาณอะไรถ้าเป็นปริมาณชนิดเดียวกันก็ต้องใช้หน่วยเดียวกัน เช่น ปริมาณความยาวต้องใช้หน่วยเป็นเมตร จึงมีการทำให้หน่วยเมตรมีขนาดใหญ่อขึ้นหรือเล็กลงโดยการเติมคำอุปสรรคเข้าไปข้างหน้าหน่วยเมตรนั้น คำอุปสรรคที่เลขยกกำลังเป็นบวกเมื่อเติมเข้าไปที่หน้าหน่วยใดๆจะทำให้หน่วยนั้นมีขนาดใหญ่อขึ้น คำอุปสรรคที่เลขยกกำลังเป็นลบเมื่อเติมเข้าไปที่หน้าหน่วยใดๆจะทำให้หน่วยนั้นมีขนาดเล็กลงคำอุปสรรคที่ใช้เติมหน้าหน่วย มีดังนี้

ตาราง 1.4 คำอุปสรรคในระบบหน่วย SI

เลขยกกำลัง	คำนำหน้า	คำอ่าน	อักษรย่อ
10^{-24}	Yocto	โยคโต	y
10^{-21}	Zepto	เซพโต	z
10^{-18}	Atto	แอตโต	a
10^{-15}	Femto	เฟมโต	f
10^{-12}	Pico	พิโค	p
10^{-9}	Nano	นาโน	n
10^{-6}	Micro	ไมโคร	μ
10^{-3}	Milli	มิลลิ	m
10^{-2}	Centi	เซ็นต์ติ	c
10^{-1}	Deci	เดซี	d

10^1	deka	เดคา	da
10^3	kilo	กิโล	k
10^6	mega	เมกกะ	M
10^9	giga	จิกะ	G
10^{12}	tera	เทอร่า	T
10^{15}	peta	เพตดา	P
10^{18}	exa	เอ็กซา	E
10^{21}	zetta	เซตดา	Z
10^{24}	yotta	โยตดา	Y

1.4 องค์ประกอบของสสาร

สสารทุกชนิดสามารถตัดแบ่งให้เล็กลงได้ แต่ก็เกิดปัญหาให้นักคิดทั้งหลายได้คิดกันว่า เมื่อตัดแบ่งสาร ไปเรื่อยๆ ผลสุดท้ายจะเป็นอย่างไร การตัดแบ่งจะมีที่สิ้นสุดหรือไม่ แนวความคิดเกี่ยวกับการตัดแบ่งสารในอดีตมี 2 แนวความคิดคือ

- 1) เชื่อว่าสสารสามารถแบ่งไปได้เรื่อยๆ ไม่จำกัด
- 2) เชื่อว่าสสารเมื่อตัดแบ่งไปเรื่อยๆ ในที่สุดก็จะตัดแบ่งต่อไปไม่ได้

ปัจจุบันเชื่อตามของ 2) คือเชื่อว่าเมื่อแบ่งสารไปเรื่อยๆ ในที่สุดก็จะถึงจุดที่ตัดแบ่งไม่ได้ หน่วยที่ตัดแบ่งไม่ได้เรียกว่า atom แปลว่า uncuttable หรือตัดแบ่งต่อไปไม่ได้อีกแล้ว (ปัจจุบันหน่วยที่เล็กที่สุดที่ตัดแบ่งต่อไปไม่ได้อีกแล้วไม่ใช่อะตอม แต่จะไม่กล่าวถึงในที่นี้)

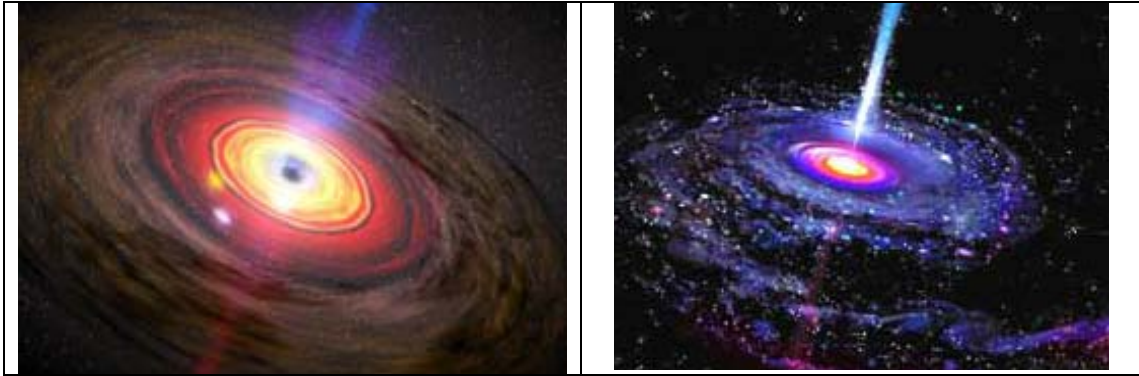
1.5 ความหนาแน่น (Density) และมวลอะตอม(Atomic mass)

ความหนาแน่น (density) ใช้สัญลักษณ์: ρ หมายถึงมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร และเขียนในรูปของสมการได้ว่า

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

เมื่อ ρ คือความหนาแน่นของวัตถุ m คือมวลรวมของวัตถุ
 V คือปริมาตรรวมของวัตถุ

ความหนาแน่นมีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3) สารที่มีความหนาแน่นน้อยๆ ได้แก่ สารที่อยู่ในสถานะแก๊ส และสิ่งที่มีความหนาแน่นสูงสุดในขณะนี้ น่าจะเป็นดาวนิวตรอนที่เรียกว่า นิวตรอนเนียม แต่ในอนาคตถ้าเรามีความรู้เกี่ยวกับหลุมดำ(black hole)มากกว่านี้ สิ่งที่มีความหนาแน่นมากที่สุดน่าจะเป็นหลุมดำ

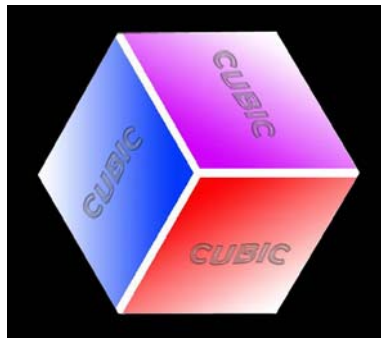


รูป 1.10 หลุมดำ (black hole)

นักศึกษาสามารถศึกษาเกี่ยวกับ การหาความหนาแน่น เพิ่มเติม ได้จาก

www.rmutphysics.com/charud/virtualexperiment/explorescience/density/density.htm

ตัวอย่าง 1.1 วัตถุรูปลูกบาศก์ มีความยาวด้านละ 5.35 cm มีมวล 856 กรัม ดังรูป



จงหาความหนาแน่นของวัตถุนี้

วิธีทำ ความหนาแน่น (ρ) ของวัตถุใดๆหาได้จากสมการ

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

วัตถุก้อนนี้มีปริมาตร

$$V = L^3 = (5.35\text{cm} \times 10^{-2}\text{m/cm})^3$$

$$V = 1.53 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

แทนค่าต่างๆในสมการ (1) ได้

$$\rho = \frac{0.856 \text{ kg}}{1.53 \times 10^{-4} \text{ m}^3}$$

วัตถุนี้มีความหนาแน่น

$$= 5.59 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \quad \text{ตอบ}$$

ตัวอย่าง 1.2 ความหนาแน่นของอะลูมิเนียมเป็น 2.7 g/cm^3 ถ้าอะลูมิเนียมมีมวล 2 kg จะมีปริมาตรเท่าไร

วิธีทำ จาก

$$\rho = \frac{m}{V}$$

หรือ

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{2000\text{g}}{2.70\text{g/cm}^3} = 741\text{cm}^3$$

อะลูมิเนียมมีปริมาตร 741cm^3

ตอบ

ตัวอย่าง 1.3 แท่งโลหะรูปทรงกระบอกมี $r = 0.6 \text{ cm}$ $L = 8.0 \text{ cm}$ มีมวล = 71 g
จงหาความหนาแน่นของแท่งโลหะ

วิธีทำ จาก

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

ปริมาตรรูปทรงกระบอกหาได้จากสมการ

$$V = \pi r^2 L$$

$$V = \pi(0.6\text{cm})^2(8\text{cm}) = 9.05\text{cm}^3$$

แทนค่าต่างๆในสมการ (1) ได้

$$\rho = \frac{71\text{g}}{9.05\text{cm}^3} = 7.85\text{g/cm}^3$$

ความหนาแน่นของแท่งโลหะ	= 7.85 g/cm^3	ตอบ
------------------------	-------------------------	-----

<p>ตัวอย่าง 1.4 อะลูมิเนียมรูปทรงกลมมี $r = 0.25 \text{ cm}$ มีมวล 0.125 g ทรงกลมนี้ตันหรือกลวง เมื่อ $\rho_{Al} = 2700 \text{ kg/m}^3$</p>		
วิธีทำ	<p>ความหนาแน่นของทรงกลม $\rho = \frac{m}{V}$ (1)</p> $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ $V = \frac{4}{3}\pi(0.25)^3 = 0.06545 \text{ cm}^3$	
แทนค่าต่างๆในสมการ (1) ได้	$\rho = \frac{0.125 \text{ g}}{0.06545 \text{ cm}^3} = 1.91 \text{ g/cm}^3$	
เนื่องจากความหนาแน่นของอะลูมิเนียม	$\rho_{Al} = 2700 \text{ kg/m}^3$	
หรือ	$\rho_{Al} = 2.7 \text{ g/cm}^3$	
ดังนั้นทรงกลมนี้กลวง		ตอบ

<p>ตัวอย่าง 1.5 ความหนาแน่นของดาวนิวตรอนเป็น $1 \times 10^{19} \text{ kg/m}^3$ จงหารัศมีของโลก ถ้าอัดโลกให้มีความหนาแน่นเท่ากับดาวนิวตรอน กำหนดให้ มวลของโลกเท่ากับ $6 \times 10^{24} \text{ kg}$</p>		
วิธีทำ จาก	$\rho = \frac{m}{V}$ $1 \times 10^{19} = \frac{6 \times 10^{24}}{\frac{4}{3}\pi r^3}$ $r = 52.5 \text{ m}$	
รัศมีของโลก	= 52.5 m	ตอบ

ตาราง 1.5 ความหนาแน่นของสาร

สาร	ความหนาแน่น ρ (10^3 kg/m^3)	สาร	ความหนาแน่น ρ (10^3 kg/m^3)
อิริเดียม	22.65	ทองแดง	8.92
ออสเมียม	22.61	เหล็ก	7.86
แพลตินัม	21.45	อลูมิเนียม	2.70
ทอง	19.3	แมกนีเซียม	1.75
ยูเรเนียม	18.7	น้ำ	1.00
ตะกั่ว	11.3	อากาศ	0.0012

มวลอะตอม

นักศึกษาได้ทราบแล้วว่าธาตุในธรรมชาติมีประมาณ 90 กว่าธาตุ ธาตุแต่ละธาตุก็มีลักษณะของอะตอมที่แตกต่างกัน นอกจากนั้นอะตอมของธาตุแต่ละชนิดก็มีมวลไม่กัน อะตอมของธาตุในธรรมชาติที่มีมวลน้อยที่สุดคืออะตอมของธาตุไฮโดรเจน (H) มีมวลประมาณ 1 u (atom mass unit) และอะตอมของธาตุในธรรมชาติที่มีมวลมากที่สุดคืออะตอมของคือธาตุพู่โตเนียม (Pu) ธาตุไฮโดรเจนมีมวลประมาณ 1 u (atom mass unit) ส่วนอะตอมของธาตุธาตุพู่โตเนียม มีมวลประมาณ 239 u เมื่อ $1 u = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$



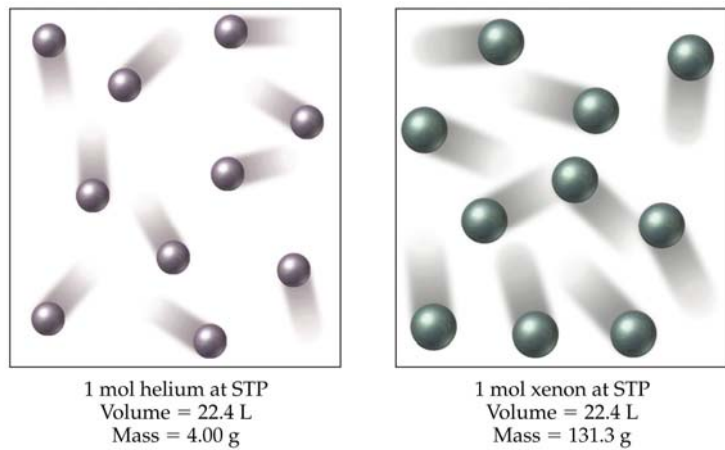
รูป 1.11 อะตอมของธาตุแต่ละชนิดมีมวลไม่เท่ากัน

เนื่องจากอะตอมของแต่ละธาตุแต่ละชนิดมีมวลน้อยมาก เช่น ไฮโดรเจน 1 อะตอมมีมวล $1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$ อะตอมของออกซิเจน 1 อะตอม มีมวล $2.65 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ทำให้ไม่สามารถชั่งมวลของธาตุ 1 อะตอมได้โดยตรง คอลตันจึงได้คิดวิธีการบอกขนาดมวลอะตอมของแต่ละชนิด โดยการเปรียบเทียบกับมวลอะตอมของอีกธาตุหนึ่งที่กำหนดให้เป็นมาตรฐาน ในตอนแรกคอลลตันได้ใช้มวลอะตอมของธาตุไฮโดรเจนเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบเพราะว่าไฮโดรเจนเป็นธาตุที่มีมวลน้อยที่สุดโดยกำหนดให้ไฮโดรเจน 1 อะตอมมีมวลเป็น 1 หน่วย ($1 u$) ดังนั้นคาร์บอน 1 อะตอมซึ่งมีมวลเป็น 12 เท่าของไฮโดรเจนจึงมีมวล $12 u$ และอะตอมของออกซิเจนมีมวลเป็น 16 เท่าของไฮโดรเจนจึงมีมวลเป็น $16 u$ เป็นต้น ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้ใช้คาร์บอน-12 เป็นมวลมาตรฐานแทนไฮโดรเจน โดยคาร์บอน-12 1 อะตอมมีมวล $12 u$

ในระบบ SI เราวัดจำนวนมวลสารโดยใช้หน่วยเป็นโมล เมื่อสาร 1 โมลมี 6.02×10^{23} อะตอมหรือโมเลกุล แล้วแต่กรณี คาร์บอน - 12 1 โมลมีมวลเท่ากับ 12 กรัม และเรียกมวลของสาร 1 โมลว่ามวลโมลาร์ (M) หรือเขียนเป็นสมการได้ว่า $M = 6.02 \times 10^{23} \times m_{molecule}$

หรือ

$$\left. \begin{aligned} m_{molecule} &= \frac{\text{มวลโมลาร์}}{N_A} \\ m_{atom} &= \frac{\text{มวลโมลาร์}}{N_A} \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$



รูป 1.12 แก๊ส 1 โมล จะมีจำนวนโมเลกุลและปริมาณเท่ากันแต่มวลต่างกัน

ตัวอย่าง 1.6 จงหามวลอะตอมของเหล็ก โดยใช้ข้อมูลต่างๆจากตาราง 1.5

วิธีทำ เนื่องจากเหล็กมีเลขมวล เท่ากับ 55.85

เราสามารถหามวลอะตอมของเหล็กได้ จากสมการ (1.2) คือ

$$m_{atom} = \frac{M}{N_A}$$

$$m_{Fe} = \frac{55.85 \text{ g/mol}}{6.02 \times 10^{23} \text{ atoms/mol}}$$

ดังนั้นมวลอะตอมของเหล็ก

$$m_{Fe} = 9.28 \times 10^{-23} \text{ g/atom} \quad \text{ตอบ}$$

ตัวอย่าง 1.7 จงหาว่าอลูมิเนียม 0.2 ลูกบาศก์เซนติเมตรมีกี่อะตอม กำหนดเลขอะตอมของอลูมิเนียมเท่ากับ 27

วิธีทำ

เนื่องจากอลูมิเนียม 27 กรัม (1 โมล) มี 6.02×10^{23} อะตอม ดังนั้นถ้าทราบมวลของอลูมิเนียมก็จะหาจำนวนอะตอมได้หามวลของอลูมิเนียมได้จาก

$$m = \rho V$$

$$m = (2.7 \text{ g/cm}^3)(0.2 \text{ cm}^3)$$

$$m = 0.54 \text{ g}$$

เนื่องจากอลูมิเนียม 27 กรัม (1 โมล) มี 6.02×10^{23} อะตอม

ดังนั้นอลูมิเนียม 0.54 กรัม มีจำนวน $\frac{(6.02 \times 10^{23})(0.54)}{27} = 1.2 \times 10^{22}$ อะตอม **ตอบ**

ตัวอย่าง 1.8 จงหามวลของโมเลกุลของแอมโมเนีย NH_3

วิธีทำ จาก $m_{molecule} = \frac{\text{มวลโมลาร์}}{N_A}$

$$m_{\text{NH}_3} = \frac{17u}{N_A}$$

$$m_{\text{NH}_3} = \frac{(17u)(1.66 \times 10^{-27} \text{ kg})}{N_A} = 2.82 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

มวลของโมเลกุลของแอมโมเนีย $\text{NH}_3 = 2.82 \times 10^{-26} \text{ kg}$ **ตอบ**

1.6 การวิเคราะห์มิติ (Dimensional Analysis)

มิติที่จะกล่าวถึงในที่นี้มีความหมายแตกต่างจากมิติที่คนทั่วไปรู้จัก มิติที่จะกล่าวถึงในที่นี้ได้แก่มิติของความยาว มิติของมวล มิติของเวลา และใช้สัญลักษณ์ L แทนมิติของความยาว M แทนมิติของมวล และ T แทนมิติของเวลาตามลำดับ และใช้วงเล็บ [] ในการกำหนดมิติของปริมาณต่างๆ เช่น

จากอัตราเร็ว

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

มิติหน่วยของอัตราเร็ว

$$[v] = \frac{L}{T}$$

พื้นที่

$$A = \text{กว้าง} \times \text{ยาว}$$

มิติของพื้นที่

$$[A] = L \times L = L^2$$

จากอัตราเร่ง

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

มิติหน่วยของอัตราเร่ง

$$a = \frac{\frac{L}{T}}{T} = \frac{L}{T^2}$$

และมิติของเวลา [t] คือ T

และเพื่อให้เห็นความสำคัญของการวิเคราะห์มิติขอเปรียบเทียบ ดังนี้

$$2 \text{ รถ} + 3 \text{ ไข่} = 5 \text{ ช้าง}$$

ข้อความดังกล่าวเป็นไปได้อย่างแน่นอน

ในทำนองเดียวกัน ถ้าปริมาณทางด้านซ้ายมือของสมการ กับปริมาณทางด้านขวามือของสมการก็ต้องเป็นปริมาณที่มีหน่วยเดียวกัน สมการนั้นจึงจะเป็นไปได้

การวิเคราะห์มิติ ก็เป็นการตรวจสอบปริมาณต่างๆที่จะนำมาบวกหรือลบกันว่าเป็นปริมาณชนิดเดียวกันหรือไม่ ถ้าไม่ใช่ปริมาณชนิดเดียวกันจะไม่สามารถนำมาบวกหรือลบกันได้

ตาราง 1.6 มิติของพื้นที่ ปริมาตร อัตราเร็ว อัตราเร่ง

ระบบหน่วย	พื้นที่	ปริมาตร	อัตราเร็ว	อัตราเร่ง
-----------	---------	---------	-----------	-----------

	(L ²)	(L ³)	$\left(\frac{L}{T}\right)$	$\left(\frac{L}{T^2}\right)$
SI	m ²	m ³	m/s	m/s ²
ระบบอังกฤษ	ft ²	ft ³	ft/s	ft/s ²

ตัวอย่าง 1.9 จงแสดงว่าสมการการเคลื่อนที่ $v = at$ มีมิติที่ถูกต้อง

วิธีทำ เมื่อ

$$[v] = \frac{L}{T}$$

และ

$$[at] = \left(\frac{L}{T^2}\right)T = \frac{L}{T}$$

ดังนั้น

$$v = at \text{ มีมิติที่ถูกต้อง}$$

ตอบ

ตัวอย่าง 1.10 จงแสดงว่าสมการ $s = ut + \frac{1}{2}at^2$ มีมิติที่ถูกต้อง

วิธีทำ มิติหน่วยของ

$$[s] = L$$

มิติหน่วยของ

$$[ut] = \left(\frac{L}{T}\right)(T^{-1}) = L$$

มิติหน่วยของ

$$[at^2] = \frac{L}{T^2}T^{-2} = L$$

แสดงว่าสมการ $s = ut + \frac{1}{2}at^2$ มีมิติหน่วยที่ถูกต้อง

ตอบ

ตัวอย่าง 1.11 จงแสดงว่าสมการ $v^2 = u^2 + 2as$ มีมิติหน่วยที่ถูกต้อง

วิธีทำ มิติของ

$$[v^2] = \left(\frac{L}{T}\right)^2$$

มิติของ

$$[u^2] = \left(\frac{L}{T}\right)^2$$

มิติของ

$$[2as] = \left(\frac{L}{T^2}\right)L = \left(\frac{L}{T}\right)^2$$

จะเห็นว่าทุกเทอมมีมิติหน่วยเดียวกัน

แสดงว่าสมการ $v^2 = u^2 + 2as$ มีมิติหน่วยที่ถูกต้อง

ตอบ

ตัวอย่าง 1.12 จงหามิติของปริมาณต่อไปนี้ ก) ความเร่ง ข) แรง			
วิธีทำ	มิติของความเร่ง	$[a] = \frac{\left(\frac{L}{T}\right)}{(T)} = (L)(T)^{-2}$	ตอบ
จาก		$F = ma$	
	มิติของแรง	$[F] = (M)(L)(T)^{-2}$	ตอบ
ตัวอย่าง 1.13 จงหามิติของ ค่าคงตัวของความโน้มถ่วง (G)			
วิธีทำ	จาก	$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$	
	จะได้	$G = \frac{Fr^2}{m_1 m_2}$	
	มิติของค่าคงตัวของความโน้มถ่วง	$[G] = \frac{(M)(L)(T)^{-2}(L)^2}{(M)^2}$ $= (M)^{-1}(L)^3(T)^{-2}$	ตอบ
ตัวอย่าง 1.14 จงพิจารณาว่าสมการในข้อใดผิด			
a)	$\lambda = vt$	b)	$F = \frac{m}{a}$
		c)	$F = \frac{mv}{t}$
d)	$h = \frac{v^2}{2g}$	e)	$v = \sqrt{2gh}$
	เมื่อ λ และ h คือความยาว และมิติหน่วยของ		$[F] = MLT^{-2}$
วิธีทำ			
	a) หามิติหน่วยของ $[vt]$ ได้ดังนี้		
	มิติหน่วยของ	$[vt] = (LT^{-1})(T) = L$	
	ดังนั้นมิติหน่วยของ $[vt]$ คือความยาว และความยาวคลื่นก็มีมิติหน่วยเป็นความยาว		
	ดังนั้นสมการ	$\lambda = vt$ ถูก	ตอบ

<p>b) หามิติหน่วยของ $[m/a]$ ได้ดังนี้</p> <p>มิติหน่วยของ $[m/a] = (M)(T^2L^{-1}) = MT^2L^{-1}$</p> <p>แต่มิติหน่วยของ $[F] = MLT^{-2}$</p> <p>ดังนั้นสมการ $F = \frac{m}{a}$ จึงไม่ถูก</p> <p>เนื่องจาก 2 ข้างของสมการมีมิติหน่วยไม่เหมือนกัน ตอบ</p>		
<p>c) หามิติหน่วยของ $[mv/t]$ ได้ดังนี้</p> <p>มิติหน่วยของ $[mv/t] = [M][LT^{-1}][T^{-1}] = MLT^{-2}$</p> <p>และมิติหน่วยของ $F = MLT^{-2}$</p> <p>ดังนั้น $F = \frac{mv}{t}$ จึงถูก ตอบ</p>		
<p>d) หามิติหน่วยของ $[v^2/2g]$ ได้ดังนี้</p> <p>มิติหน่วยของ $[v^2/2g] = [L^2/T^2] / [L/T^2] = L$</p> <p>และเพราะว่า $[h] = [L]$,</p> <p>ดังนั้น $h = \frac{v^2}{2g}$ จึงถูก ตอบ</p>		
<p>e) หามิติหน่วยของ $[(2gh)^{1/2}]$ ได้ดังนี้</p> <p>มิติหน่วยของ $[(2gh)^{1/2}] = [(2gh)^{1/2}] = [(L^{1/2}T^{-1})L^{1/2}] = [LT^{-1}]$,</p> <p>และมิติหน่วยของ $[v] = [LT^{-1}]$,</p> <p>ดังนั้นสมการ $v = \sqrt{2gh}$ จึงถูก ตอบ</p> <p>จะเห็นว่าจำนวนไม่เกี่ยวกับมิติ</p>		
<p>ตัวอย่าง 1.15 ถ้า s คือระยะทาง และ t คือเวลา จงหามิติหน่วยของ $C_1, C_2, C_3,$ และ C_4 จากสมการเหล่านี้</p> <p>a) $s = C_1t$ b) $s = \frac{1}{2}C_2t^2$ c) $s = C_3 \sin C_4t$</p>		
<p>วิธีทำ</p> <p>มิติของ s คือ L</p> <p>และแสดงโดยทางขวาของสมการ จะมีมิติของความยาว</p>		

มิติหน่วยของ	$[C_1] = L/T$	ตอบ
เพราะว่า $[C_1t]$ คือ	$[(L/T) T] = L$	
มิติหน่วยของ	$[C_2] = LT^{-2}$	ตอบ
มิติหน่วยของ	$[C_3] = L$	ตอบ
เพราะว่าค่า sine ไม่มีมิติ และ argument ของฟังก์ชันตรีโกณมิติไม่มีหน่วย,		
มิติหน่วยของ	$[C_4] = T^{-1}$	ตอบ

ถ้าต้องการหนังสือ สามารถซื้อได้ที่ร้านหนังสือ ซีเอ็ด บุ๊ค แพร่พิทยา ศูนย์หนังสือจุฬาฯ
 ดอกหญ้า ศึกษาภัณฑ์ หรือติดต่อสั่งซื้อทางไปรษณีย์ได้ที่
 สำนักพิมพ์ science publishing เลขที่ 111/258 หมู่บ้าน มนวดิกรีนพาร์ค ต.พิมลราช
 อ.บางบัวทอง จ. นนทบุรี โทร 085-8086712

โจทย์แบบฝึกหัด

- ข้อ 1. จงหาความหนาแน่นของวัตถุรูปลูกบาศก์ ยาวด้านละ 5 cm และมีมวล 350 g
 (คำตอบ 2.8 g/cm³)
- ข้อ 2. จงหามวลของอะตอม (ก) ซีเลียม (ข) เหล็ก (ค) ตะกั่ว โดยที่มวลอะตอมในแต่ละกรณีเป็น
 4, 56 และ 207 ตามลำดับให้ตอบมวลของอะตอมเป็นหน่วยมวลอะตอม
 [คำตอบ (ก) $4u = 6.64 \times 10^{-27} \text{ kg}$ (ข) $56u = 9.30 \times 10^{-26} \text{ kg}$ (ค) $207u = 3.44 \times 10^{-25} \text{ kg}$]
- ข้อ 3. เมื่ออัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุหนึ่งเป็นไปตามสมการ $v^2 = ka^m \text{ s}^n$ เมื่อ a มีความเร็ว s
 คือการขจัดและค่า k เป็นค่าคงที่ไม่มีมิติหน่วย จงแสดงว่าสมการดังกล่าวมีมิติที่ถูกต้อง
- ข้อ 4. กฎของความโน้มถ่วงของโลกคือ $F = G \frac{Mn}{r^2}$, เมื่อ F คือแรงโน้มถ่วง M และ n คือมวลของ
 โลกและมวลของวัตถุ r คือระยะห่างระหว่างมวลทั้งสอง จงหาหน่วยของ G
 [คำตอบ m/s² kg.s²]
- ข้อ 5. ตะกั่วมีมวล 23.94g และมีปริมาตร 2.1 cm³ จงหาความหนาแน่น
 [คำตอบ $11.40 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$]

ข้อ 7. สีทาผนัง 1 แกลลอน (ปริมาตร $3.78 \times 10^{-3} \text{ m}^3$) สามารถทาผนังได้พื้นที่ 25 m^2 จงหาความหนาของสีบนผนัง
[คำตอบ $1.51 \times 10^{-4} \text{ m}$]



ถ้าต้องการหนังสือ สามารถซื้อได้ที่ร้านหนังสือ ซีเอ็ด บุ๊ค แพร่พิทยา ศูนย์หนังสืออุพาท
ดอกหญ้า ศึกษาภัณฑ์ หรือติดต่อสั่งซื้อทางไปรษณีย์ได้ที่
สำนักพิมพ์ science publishing เลขที่ 111/258 หมู่บ้าน มนวิดิกรีนพาร์ค ต.พิมลราช
อ.บางบัวทอง จ. นนทบุรี โทร 085-8086712

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ(ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

