

บทที่ 2

การเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่

จลนศาสตร์ (kinematics) เป็นแขนงหนึ่งของวิชาฟิสิกส์ ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยไม่คำนึงถึงสาเหตุที่ทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของวัตถุแบ่งได้ 2 อย่างคือ

1. การเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ (translation) เป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุในแนวเส้นตรงหรือเส้นโค้ง
2. การเคลื่อนที่แบบหมุน (rotation) เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการหมุนหรือสั่น

ตัวอย่างการเคลื่อนที่ที่ง่ายที่สุด ได้แก่ การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยการสมมติให้อนุภาคหนึ่งมีขนาดเล็กเกือบเป็นจุด ไม่มีการหมุน การสั่น หรือเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงอยู่บนแกน x (หนึ่งมิติ)

2.1 ปริมาณต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่

ในการศึกษาจลนศาสตร์ของวัตถุ จะเริ่มที่การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ เพื่อง่ายต่อความเข้าใจ จำเป็นต้องศึกษาคำนิยามรวมถึงสมการของปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่

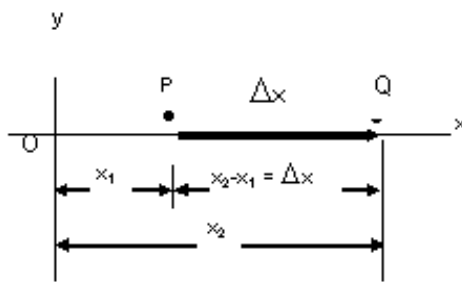
2.1.1 ระยะทางและการกระจัด

ระยะทาง (distance) เป็นปริมาณสเกลาร์ บอกถึงระยะทางทั้งหมดที่วัตถุมีการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็นเมตร

การกระจัด (displacement) เป็นปริมาณเวกเตอร์ บอกให้ทราบถึงการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุ การกระจัดขึ้นอยู่กับตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้ายของวัตถุ ไม่ขึ้นกับเส้นทางการเคลื่อนที่ หากวัตถุเคลื่อนที่ไปแล้วกลับมาที่ตำแหน่งเริ่มต้นแสดงว่าระยะกระจัดเป็นศูนย์

วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น $x = 0$ เป็นเส้นตรงไปตามแกน $+x$ ณ เวลา t_1 ตำแหน่งของวัตถุอยู่ที่จุด P ห่างจากจุดเริ่มต้นเท่ากับ x_1 และ ณ เวลา t_2 ตำแหน่งของวัตถุอยู่ที่จุด Q ห่างจากจุดเริ่มต้นเท่ากับ x_2 ช่วงเวลาระหว่าง t_1 ถึง t_2 วัตถุเคลื่อนที่ตามแนวแกน x จากจุด P ถึง Q ได้การกระจัดในหนึ่งมิติเป็น

$$\Delta x = x_2 - x_1 \quad (2.1)$$



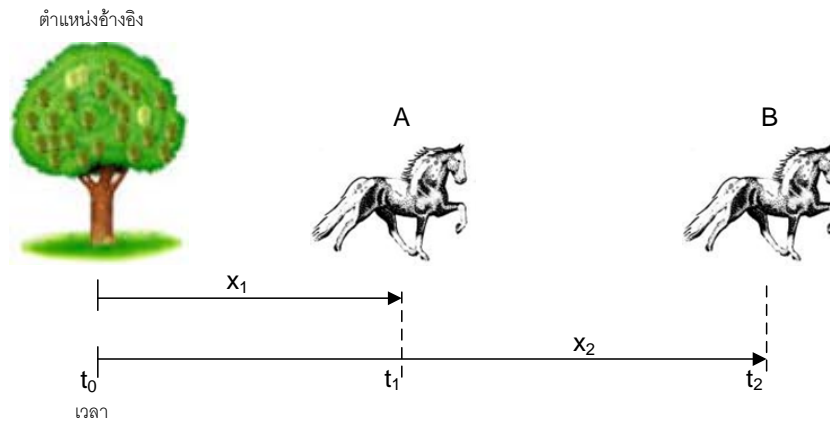
รูปที่ 2.1 การแสดงตำแหน่งและการกระจัดบนแกน x

2.1.2 อัตราเร็วและความเร็ว

เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งวัตถุที่เคลื่อนที่ได้เร็วจะใช้เวลาในการเปลี่ยนตำแหน่งน้อยกว่าวัตถุที่เคลื่อนที่ได้ช้า ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา จะหมายถึง **อัตราเร็วเฉลี่ย**

$$v_{av} = \frac{s}{t} \quad (2.1)$$

ถ้าหาอัตราเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ในช่วงเวลาสั้น ๆ จนใกล้ศูนย์เรียกอัตราเร็วในช่วงเวลาสั้น ๆ นี้ว่า **อัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่ง**



รูปที่ 2.1 การเคลื่อนที่ของม้าตัวหนึ่ง

จากรูปม้าเปลี่ยนตำแหน่งจาก x_1 ณ เวลา t_1 เป็น x_2 ณ เวลา t_2 เมื่อพิจารณาการกระจัดของม้า โดยเทียบกับจุดอ้างอิงในระบบพิกัดฉากจะได้

ในเวลา $t_2 - t_1$ มีการกระจัด $\vec{d} = \vec{x}_2 - \vec{x}_1$ มีทิศจากจุดอ้างอิงไปยัง x_2 การกระจัดต่อหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า **ความเร็วเฉลี่ย**

$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$$

เมื่อ
$$\vec{v}_{av} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad (2.2)$$

ถ้าเวลา $t_2 - t_1$ เป็นช่วงเวลาสั้น ๆ จนเข้าใกล้ศูนย์ ความเร็วเฉลี่ย คือ **ความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง** นั่นเอง

2.1.3 ความเร่ง

โดยทั่วไปวัตถุอาจเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ไม่คงที่ ซึ่งเราสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงความเร็วนี้ได้ด้วย **ความเร่ง** โดยกำหนดให้ ความเร่งเป็นการเปลี่ยนแปลงความเร็วต่อหน่วยเวลา

สมมติว่าที่เวลา t_1 วัตถุมีความเร็ว \vec{v}_1 และเมื่อเวลา t_2 วัตถุมีความเร็ว \vec{v}_2 ความเร่งเฉลี่ยของวัตถุในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 คือ

$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} \quad (2.3)$$

ความเร่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที² (m/s^2) และความเร่งในช่วงเวลาเข้าใกล้ศูนย์เราเรียกว่า **ความเร่งชั่วขณะ**

2.2 การเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่

การเคลื่อนที่หลาย ๆ อย่างเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ ยกตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือการตกลงมาอย่างอิสระของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

ถ้าสมมติให้เริ่มต้นที่เวลา $t = 0$ วัตถุที่เราสังเกตอยู่ที่ตำแหน่ง x_1 และมีความเร็วต้น v_0 ต่อมาที่เวลา t วัตถุเปลี่ยนมาอยู่ที่ตำแหน่ง x_2 มีความเร็ว v โดยในการเคลื่อนที่นี้วัตถุมีความเร่งคงที่ a ดังนั้นจากนิยามของความเร่งเราสามารถหาความสัมพันธ์ของสิ่งเหล่านี้ได้

จากสมการความเร่งซึ่งในที่นี้จะเขียนเฉพาะขนาดและใช้เครื่องหมายบวกและลบแทนทิศทาง

$$\begin{aligned} a &= \frac{\Delta v}{\Delta t} \\ \therefore \Delta v &= a \Delta t \\ v - v_0 &= a(t - 0) \\ &= at \\ \therefore v &= v_0 + at \end{aligned} \quad (2.4)$$

จากสมการความเร็วซึ่งในที่นี้จะเขียนเฉพาะขนาดและใช้เครื่องหมายบวกและลบแทนทิศทาง สำหรับการคำนวณหาระยะทาง x ที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในช่วงเวลา เมื่อกำหนดความเร็วต้น v_0 และความเร่งคงตัว a จะหาได้ดังนี้

เนื่องจากระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ไปมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างความเร็วเฉลี่ยกับเวลาจึงเขียนได้ว่า

$$x = \frac{(v_0 + v)t}{2}$$

แทนค่า v จากสมการ (2.4) ลงไป จะได้

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (2.5)$$

และจากสมการ $v = v_0 + at$ ทำให้ได้ว่า $t = \frac{v - v_0}{a}$

เมื่อเราแทนค่า $t = \frac{v - v_0}{a}$ ลงในสมการ $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ จะได้

$$v^2 = v_0^2 + 2ax \quad (2.6)$$

ดังนั้นสรุปได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง ของอนุภาคที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งที่คือ

v	$=$	$v_0 + at$
x	$=$	$v_0 t + \frac{1}{2} at^2$
v^2	$=$	$v_0^2 + 2ax$

ตัวอย่าง 2.1 อนุภาคหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 50 เมตรต่อวินาที เมื่ออนุภาคนี้เคลื่อนที่ได้ระยะกระจัด 100 เมตร ความเร็วของอนุภาคลดลงเหลือ 35 เมตรต่อวินาที จงหาขนาดและทิศทางของความเร่ง

วิธีทำ จากสมการ $v^2 = v_0^2 + 2ax$

$$\therefore a = \frac{(v^2 - v_0^2)}{2x}$$

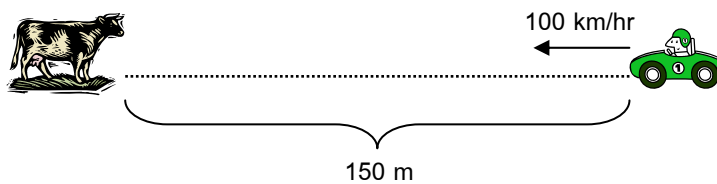
โดยที่โจทย์กำหนดให้ $v = 35 \text{ m/s}$
 $v_0 = 50 \text{ m/s}$
 $x = 100 \text{ m}$

เมื่อแทนค่าสิ่งที่โจทย์กำหนดลงในสมการ $a = \frac{(v^2 - v_0^2)}{2x}$

จะได้ $a = \frac{(35^2 - 50^2)}{2 \times 100} = -6.375 \text{ m/s}^2$

คำตอบ ความเร่งมีขนาด 6.375 เมตรต่อวินาที² และมีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่

ตัวอย่าง 2.2 นักแสดงหนุ่มรูปหล่อคนหนึ่งขับรถด้วยความเร็ว 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพื่อรีบไปกองถ่าย ในขณะที่เขาขับรถอยู่นั้นเขามองเห็นสิ่งกีดขวางอยู่ข้างหน้าในระยะ 150 เมตร ถ้าวาเขาจะต้องเหยียบเบรคให้ได้ความเร่งเท่าไรจึงจะหยุดรถหน้าสิ่งกีดขวางพอดี



วิธีทำ ถ้านักแสดงคนนี้ต้องการให้รถหยุดที่หน้าสิ่งกีดขวางพอดี เขาจะต้องเหยียบเบรคให้ความเร็วกลายเป็นศูนย์ในระยะ 150 เมตร

จากสมการ $v^2 = v_0^2 + 2ax$

$$\therefore a = \frac{(v^2 - v_0^2)}{2x}$$

แทนค่าสิ่งที่โจทย์กำหนดลงในสมการจะได้

$$a = \frac{\left(0 - \left(\frac{100}{3.6}\right)^2\right)}{2 \times 150} = -2.572 \text{ m/s}^2$$

คำตอบ เขาจะต้องเหยียบเบรคให้ได้ความเร่ง -2.572 เมตรต่อวินาที²

2.2.1 การตกอย่างอิสระ

จากที่กล่าวมาแล้วว่าการตกอย่างอิสระของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ในแนวตั้งเป็นกรณีหนึ่งของการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ โดยความเร่งของวัตถุก็คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกซึ่งค่าคงที่ประมาณ 9.8 เมตรต่อวินาที² ซึ่งความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกนี้แทนด้วยสัญลักษณ์ g การเคลื่อนที่ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นการเคลื่อนที่ในแนวแกน y และความเร่งคือ $a = -g$ ดังนั้นเราจะได้สมการการตกอย่างอิสระดังนี้

$$\begin{aligned} v &= v_0 - gt \\ y &= v_0 t - \frac{1}{2} gt^2 \\ v^2 &= v_0^2 - 2gy \end{aligned}$$

ตัวอย่าง 2.3 นักศึกษาคนหนึ่งยืนอยู่บนอาคารคณะวิทยาศาสตร์ซึ่งสูง 50 เมตร ถ้านักศึกษาคนเดียวกันนี้ขว้างก้อนหินขึ้นด้วยความเร็ว 20 เมตรต่อวินาทีดังรูปจงหา

- เวลาที่ใช้เมื่อก้อนหินขึ้นไปยังตำแหน่งสูงสุด
- ก้อนหินจะเคลื่อนที่ขึ้นสูงจากยอดตึกเท่าไร
- เวลาที่ก้อนหินใช้ในการเคลื่อนที่จากตำแหน่งสูงสุดมายังตำแหน่งที่นักศึกษายืนอยู่
- เมื่อเวลาผ่านไป 5 วินาทีก้อนหินมีความเร็วเท่าไรและอยู่ที่ตำแหน่งใด

วิธีทำ

- ก) ตำแหน่งที่ก้อนหินขึ้นไปสูงสุดจะมีความเร็วเป็นศูนย์

จากสมการ $v = v_0 - gt$

จะได้ $t = \frac{v - v_0}{-g}$

นักศึกษขว้างก้อนหินขึ้นด้วยความเร็วต้น 20 m/s

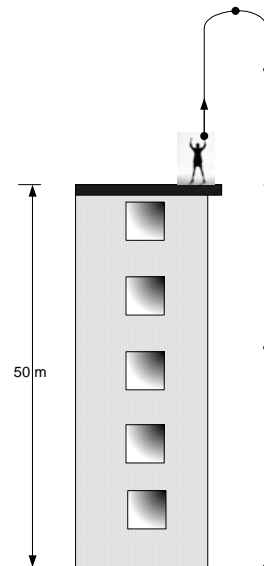
$$\therefore t = \frac{0 - 20}{-9.8} = 2.04 \text{ s}$$

เวลาที่ใช้เมื่อก้อนหินขึ้นไปยังตำแหน่งสูงสุด คือ 2.04 วินาที

- ข) ใช้สมการ $y = v_0 t - \frac{1}{2} gt^2$ หาระยะที่ก้อนหินขึ้นไปได้สูงสุด จะได้

$$\begin{aligned} y &= (20 \times 2.04) - \frac{1}{2} (9.8)(2.04)^2 \\ &= 20.4 \text{ m} \end{aligned}$$

ก้อนหินจะเคลื่อนที่ขึ้นสูงจากยอดตึก 20.4 เมตร



ค) เมื่อก้อนหินเคลื่อนที่ย้อนกลับมายังตำแหน่งที่นักศึกษาโยนอยู่ y จะเท่ากับ 0

$$\text{เพราะฉะนั้นจากสมการ } y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{จะได้ } v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 = 0$$

$$20t - \frac{1}{2} (-9.8)t^2 = 0$$

$$20t + 4.9t^2 = 0$$

$$t(20 + 4.9t) = 0$$

แก้สมการเพื่อหาคำตอบจะได้คำตอบของสมการ 2 คำตอบ คือ $t = 0$ s และ $t = 4.08$ s ซึ่งที่เวลาเท่ากับ 0 คือเวลาตอนเริ่มต้น เพราะฉะนั้นคำตอบของข้อนี้คือ 4.08 วินาที

ง) จากสมการ $v = v_0 - gt$ ความเร็วเมื่อเวลาผ่านไป 5 วินาที คือ

$$v = 20 - (9.8)(5) = -29.0 \text{ m/s}$$

จากสมการ $y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$ ตำแหน่งของก้อนหินเมื่อเวลาผ่านไป 5 วินาทีคือ

$$y = (20)(5) - \frac{1}{2} (9.8)(5)^2 = -22.5 \text{ m}$$

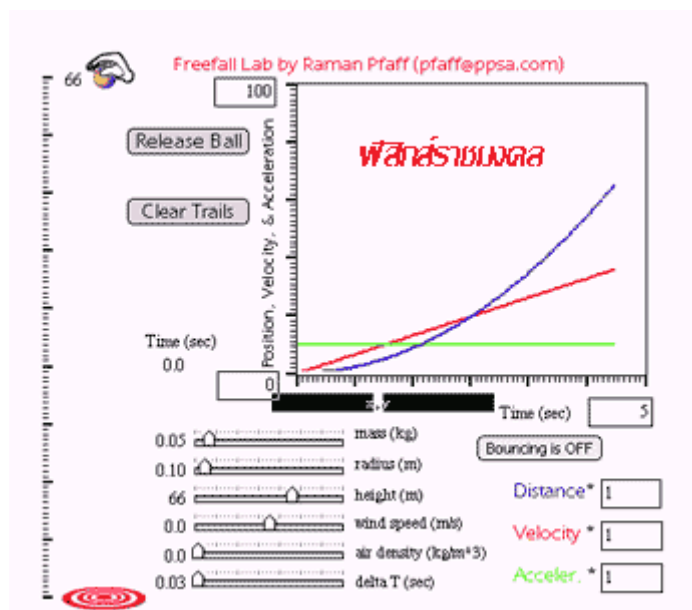
เมื่อเวลาผ่านไป 5 วินาทีก้อนหินจะมีความเร็ว 29 เมตรต่อวินาทีมีทิศพุ่งลงสู่พื้นดิน และก้อนหินอยู่สูงจากพื้นเป็นระยะ 22.5 เมตร

แบบฝึกหัดบทที่ 2

- ถ้าการเคลื่อนที่ของก้อนหินในแนวดิ่ง เกิดจากการโยนขึ้นด้วยความเร็วต้น 5 เมตรต่อวินาที ซึ่งจะมี ความเร่งคงตัวในทิศลงมีค่า 10 เมตร/วินาที² ก้อนหินจะใช้เวลาเท่าใดจะถึงจุดสูงสุด และใช้เวลาอีกเท่าใดจึง จะกลับถึงจุดโยน ความเร็วเฉลี่ยช่วงขาขึ้นเป็นเท่าใด และระยะทางถึงจุดสูงสุดเป็นเท่าใด
- รถยนต์คันหนึ่งเคลื่อนที่ได้ 30 กิโลเมตร ในครึ่งชั่วโมงแรกและเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 50 กิโลเมตร ในครึ่ง ชั่วโมงต่อมา อัตราเร็วเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงมีค่าเท่าใด
- เด็กชายคนหนึ่งเดินทางไปทางทิศตะวันออก 150 เมตร และเดินกลับทางเดิม 30 เมตร ไปทางทิศตะวันตก จงหาระยะทาง และ การกระจัดของเด็กคนนี้
- วัตถุชิ้นหนึ่งเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร็วต้น 100 เมตรต่อวินาที โดยมีความเร่ง 5 เมตรต่อวินาที² ขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 480 เมตร วัตถุเคลื่อนที่มาแล้วกี่วินาที
- โยนก้อนหินขึ้นไปตามแนวดิ่งด้วยความเร็วต้น 10 เมตรต่อวินาที จงหา
 - เมื่อใดที่ก้อนหินมีความเร็วเป็นศูนย์
 - ก้อนหินขึ้นไปได้สูงสุดเท่าใด
 - เป็นเวลานานเท่าใดที่ก้อนหินจึงจะตกลงมาถึงตำแหน่งเริ่มต้น
- ขณะที่บอลลู่นลอยขึ้นตรง ๆ ด้วยความเร็ว 5 เมตรต่อวินาที ขณะที่บอลลู่นสูงจากพื้นดิน 30 เมตร ผู้ที่อยู่ใน บอลลู่นก็ปล่อยถุงทรายลงมา
 - จงหาตำแหน่งของถุงทรายหลังจากปล่อยไปแล้ว 1 และ 2 วินาที
 - ถุงทรายจะตกถึงพื้นดินในเวลาเท่าใด
 - ขณะที่ถึงพื้นดิน ถุงทรายมีความเร็วเท่าใด
 - จุดสูงสุดของถุงทรายอยู่สูงจากพื้นดินเท่าใด
- อิเล็กตรอนตัวหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1×10^4 วินาที เข้าสู่บริเวณสนามไฟฟ้าและถูกเร่งโดย สนามไฟฟ้าเป็นระยะทาง 1 เซนติเมตร เมื่อออกจากสนามไฟฟ้าอิเล็กตรอนนั้นมีความเร็ว 4×10^4 เมตรต่อ วินาที จงคำนวณหาความเร่ง
- โยนก้อนหินขึ้นไปในแนวดิ่งจากพื้นดิน ด้วยความเร็วต้น 20 เมตรต่อวินาที หลังจากโยนไปแล้วเป็นเวลา เท่าไร ก้อนหินจึงจะตกลงมาด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที
- วัตถุมวล 2 กิโลกรัม เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงจากหยุดนิ่งด้วยความเร่งคงที่ 3 เมตรต่อวินาที² เมื่อผ่านจุด สังเกตมีความเร็ว 12 เมตรต่อวินาที ขณะที่วัตถุมีความเร็ว 24 เมตรต่อวินาที วัตถุอยู่ห่างจากจุดสังเกตกี่ เมตร
- ถ้าความเร็วต้นของน้ำที่ฉีดขึ้นในแนวดิ่งมีค่าเท่ากับ 8 เมตรต่อวินาที จงหาความสูงของน้ำที่พุ่งขึ้นใน อากาศ

11. ให้นักศึกษาทำการทดลองการตกแบบอิสระใน

<http://www.rmutphysics.com/charud/virtualexperiment/explorescience/gravitation/index.htm>



โดยสมมติว่าไม่มีความเร็วลม (wind speed = 0 m/s) ไม่มีแรงต้านอากาศ (air density = 0 kg/m³) และ ปรับระยะบนแกน x แกน y (วิธีปรับ แกน x และ y ให้ใช้เมาส์ไปคลิกที่ช่องสี่เหลี่ยม และ กดแป้นคีย์บอร์ดป้อนค่าลงไป ต่อไป ปรับมาตราส่วนของ **Diatance** จาก 4 เป็น 1 , **Velocity** จาก 2 เป็น 1 และ **acceler** = 1)

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	ตารางธาตุไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(คดีปริศนา
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	

