แผนบริหารการสอน ประจำบทที่ 3
เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง

เนื้อหา

บทที่ 3 การเคลื่อนที่แนวตรง

3.1 ปริมาณของการเคลื่อนที่

3.1.1 ระยะทางและการกระจัด

3.1.2 ความเร็วเฉลี่ยและความเร็วชั่วขณะ

3.1.3 ความเร็วเฉลี่ย (Average Velocity)

3.1.4 ความเร็วชั่วขณะ (Instantaneous Velocity)

3.1.5 ความเร่งเฉลี่ยและความเร่งชั่วขณะ

3.2 การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ด้วยความเร่งคงที่

3.3 การเคลื่อนที่ตามแนวดิ่งโดยอิสระ

สรุปท้ายบท

แบบฝึกหัดบทที่ 3

เอกสารอ้างอิง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หลังจากศึกษาจบบทที่ 3 แล้วผู้เรียนสามารถ

1. สามารถนำความรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรงบูรณาการใช้ในชีวิตประจำวันได้
2. สามารถอธิบายความหมาย การเคลื่อนที่แนวตรง พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
4. สามารถวิเคราะห์และแก้โจทย์ปัญหาโดยอาศัยกฎหรือทฤษฎีทางฟิสิกส์

วิธีการสอนและกิจกรรมการเรียนการสอน

1. บรรยายและยกตัวอย่าง กรณีศึกษาในประเด็นที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จากแบบฝึกทักษะ ใบกิจกรรม และตัวอย่างแบบทดสอบ
3. ศึกษาจากเอกสารประกอบการสอน ด้วยตนเองจากสื่อการสอน และแหล่งการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีทางการศึกษาที่เหมาะสม

4. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากห้องสมุด และศูนย์หนังสือ โดยรู้จักวิเคราะห์ข้อมูลที่ศึกษาให้มีความถูกต้อง

5. รวบรวมข้อมูล นำเสนอรายงานเป็นรายบุคคล และเป็นกลุ่มในกรณี ศึกษา หน้าชั้นเรียน

6. แก้โจทย์ปัญหา โดยศึกษาเนื้อหา ความสัมพันธ์ สามารถเลือกใช้สูตร และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องอย่างถูกต้อง

สื่อการสอน

1. เอกสารประกอบการสอน วิชาฟิสิกส์ 1
2. สื่อประกอบการสอน Power Point เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง
3. เอกสารและแหล่งการเรียนรู้ออนไลน์

การวัดผล ประเมินผล

1. ประเมินการมีส่วนร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียน
2. ประเมินผลตามแบบทดสอบประจำบท
3. ผลการทำแบบฝึกหัด
4. จากผลการสอบเก็บคะแนนระหว่างภาค

บทที่ 3
การเคลื่อนที่แนวตรง

วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ เมื่อมีการออกแรงและผลของแรง ผลักหรือดันวัตถุนั้น โดยใช้เชือกดึง ถ้าวัตถุหนักมากเราก็ต้องใช้แรงมาก ซึ่งแรงที่เราคุ้นเคยมากที่สุดคือ แรงดึงดูดของโลก เพราะเมื่อปล่อยวัตถุโดยอิสระวัตถุจะเคลื่อนที่ลง ซึ่งเรากล่าวได้ว่าโลกออกแรง ดึงดูดวัตถุนั้น โดยแรงดึงดูดของโลกนี้ต่างจากแรงดูดข้างต้น เพราะว่า แรงนี้กระทำต่อวัตถุได้โดยไม่ต้องสัมผัสกัน ซึ่งแรงที่โลกกระทำต่อวัตถุ เรียกว่า น้ำหนักของวัตถุโดยนิยามแรงและมวลเพิ่มขึ้น

ในบทนี้จะทำการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีขนาดใหญ่พอที่สังเกตด้วยตาเปล่า พบว่า แรง เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของ วัตถุ และพบว่า บางครั้งเมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้ว วัตถุไม่เคลื่อนที่ เช่น เมื่อเรานั่งอ่านหนังสือ อยู่ที่โต๊ะ ซึ่งมีแรงโน้มถ่วงกระทำอยู่กับที่ หรือเมื่อเราออกแรงผลัก ก้อนหินแต่ก้อนหินไม่เคลื่อนที่ จึงเกิดคำถามว่า แรงมีผลทำให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ซึ่งนิวตันตอบ คำถามนี้ว่าแรงจะเป็นตัว ทำให้ความเร็วเปลี่ยนแปลง ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ไม่จำเป็นต้อง มีแรงกระทำต่อวัตถุ จึงถือว่ามีแต่แรงเท่านั้นที่จะทำให้ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนแปลง แสดงว่าแรง เป็นตัวที่ทำให้วัตถุมีความเร่งอัตราเร็วในการเคลื่อนที่น้อยกว่าอัตราเร็วของแสงมาก ๆ โดยใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

กรณีที่มีแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุพร้อมกัน พบว่าวัตถุจะมีความเร่ง ก็ต่อเมื่อ แรงสุทธิ (Net force) หรือแรงลัพธ์ (Resultant force) ที่กระทำต่อวัตถุไม่เป็นศูนย์ ถ้าแรงลัพธ์ที่ กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ ความเร่งของวัตถุเป็นศูนย์ด้วย นั่นคือ ความเร็วของวัตถุคงที่เหมือนเดิม ทำ ให้สรุปได้ว่า ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์วัตถุจะยังคงอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความเร็ว คงที่ การที่วัตถุอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ เรียกว่า วัตถุอยู่ในสภาพสมดุล

3.1 ปริมาณของการเคลื่อนที่

ในการศึกษาจลนศาสตร์ของวัตถุ จะเริ่มที่การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ เพื่อง่ายต่อความเข้าใจ จำเป็นต้องศึกษาคำนิยามรวมถึงสมการของปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ จลนศาสตร์ (Kinematics) เป็นแขนงหนึ่งของวิชากลศาสตร์ ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยไม่คำนึงถึงสาเหตุที่ทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของวัตถุแบ่งได้ 2 อย่างคือ

1. การเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ (translation) เป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุในแนวเส้นตรงหรือเส้นโค้ง

2. การเคลื่อนที่แบบหมุน (rotation) เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการหมุนหรือสั่น

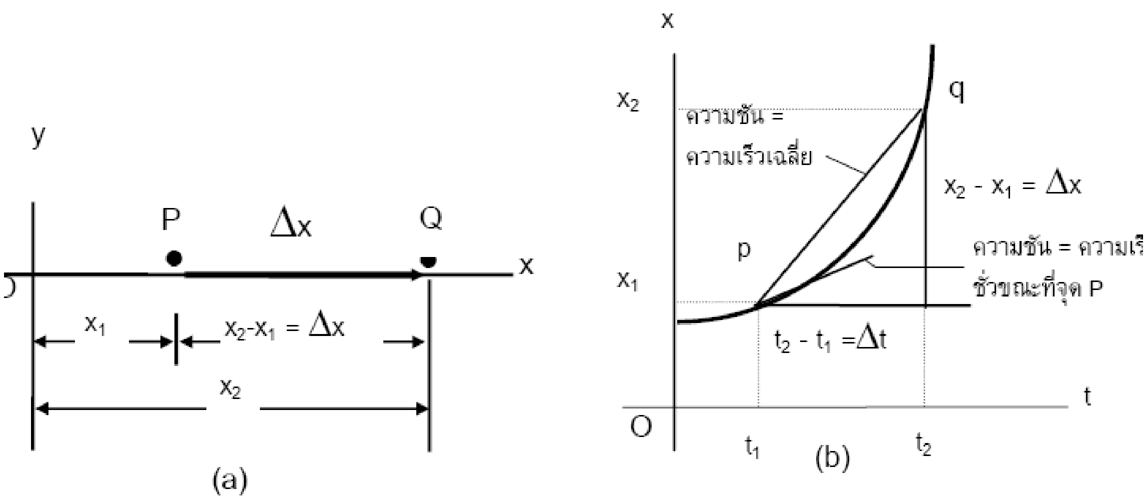
ตัวอย่างการเคลื่อนที่ที่ง่ายที่สุด ได้แก่ การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง โดยการสมมติให้อนุภาคหนึ่งมีขนาดเล็กเกือบเป็นจุด ไม่มีการหมุน การสั่น หรือเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงอยู่บนแกน x (หนึ่งมิติ)

3.1.1 ระยะทางและการกระจัด

ระยะทาง (Distance) เป็นปริมาณสเกลาร์ บอกถึงระยะทางทั้งหมดที่วัตถุมีการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็นเมตร

การกระจัด (Displacement) เป็นปริมาณเวกเตอร์ บอกให้ทราบถึงการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุ การกระจัดขึ้นอยู่กับตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้ายของวัตถุ ไม่ขึ้นกับเส้นทางการเคลื่อนที่ หากวัตถุเคลื่อนที่ไปแล้วกลับมาที่ตำแหน่งเริ่มต้นแสดงว่าระยะกระจัดเป็นศูนย์

ความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 คือความชันของเส้น pq ส่วนความเร็วชั่วขณะที่จุด P ก็คือความชันที่จุด P



ภาพประกอบ 3.1 (a) อนุภาคเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงบนแกน x

(b) กราฟระยะกระจัดกับเวลา

ที่มา : ศรีธน วรศักดิ์โยธิน , (2546)

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

$$\Delta x \quad = \quad x_2 - x_1$$

3.1.2 ความเร็วเฉลี่ยและความเร็วชั่วขณะ

ความเร็วเป็นปริมาณพื้นฐานอันหนึ่ง ที่ใช้บรรยายการเคลื่อนที่ของวัตถุ ความเร็วในทางฟิสิกส์ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ความเร็วเฉลี่ย (Average velocity) กับความเร็วขณะ ใดขณะหนึ่ง (Instantaneous velocity) มนุษย์ต้องการที่จะวัดการกระจัดต่อหน่วยเวลา ในทางฟิสิกส์นั้น คำว่า ความเร็ว แตกต่างจาก อัตราเร็ว โดยที่ความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีทั้งขนาดและทิศทาง ในขณะที่อัตราเร็วเป็นปริมาณ สเกลาร์

3.1.3 ความเร็วเฉลี่ย (Average Velocity)

บอกถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุระหว่างจุด x_1 และ x_2 ความเร็วเฉลี่ยหาได้จากระยะกระจัดหารด้วยเวลาที่ใช้ ถ้าที่เวลา t_1 วัตถุอยู่ที่ตำแหน่ง x_1 ต่อมาที่เวลา t_2 วัตถุอยู่ที่ตำแหน่ง x_2

$$V_{av} = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

ความเร็วแต่ละตำแหน่งที่อยู่ในช่วง x_1 ถึง x_2 อาจไม่คงที่ บางตำแหน่งช้า บางตำแหน่งเร็ว ความเร็วเฉลี่ยจึงเป็นค่าเฉลี่ยแทนความเร็วทั้งหมดของการเคลื่อนที่ในช่วงนี้ จากกราฟความเร็วเฉลี่ย แทนด้วยความชันตามเส้น pq

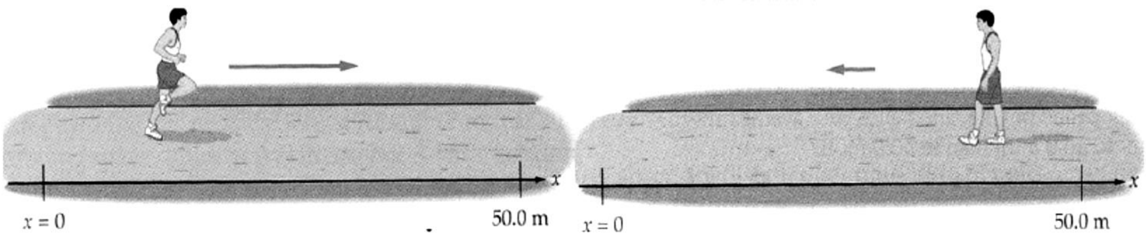
ตัวอย่าง 3.1

สมชายวิ่งจากจุดเริ่มต้นไปได้ระยะทาง 50 เมตร ภายในเวลา 8 วินาที เขาหยุดแล้วเดินกลับอย่างช้า ๆ ถึงจุดเริ่มต้นใช้เวลา 40 วินาที ถ้ากำหนดให้ทิศที่เขาวิ่งเป็นบวก

ก. ความเร็วเฉลี่ยของการวิ่งเป็นเท่าใด

ข. ความเร็วเฉลี่ยของการเดินเป็นเท่าใด

ค. ความเร็วเฉลี่ยตลอดเส้นทางการไปกลับ



ภาพประกอบ 3.2 การหาความเร็วเฉลี่ยในระยะทาง 50 เมตร
ที่มา : ศรีธน วรศักดิ์โยธิน , (2546)

หลักการคำนวณ

ก. $V_{av} = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} = \dfrac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} = \dfrac{50.0\text{m} - 0}{8.00\text{s} - 0}$ = $6.25\ \text{m}\bullet\text{s}^{-1}$

ข. $V_{av} = \dfrac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} = \dfrac{0 - 50.0\text{m}}{48.0 - 8.00\text{s}}$ = $-1.25\ \text{m}\bullet\text{s}^{-1}$

ค. $V_{av} = \dfrac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} = \dfrac{0}{48.0\text{s}}$ = $0\ \text{m}\bullet\text{s}^{-1}$

เครื่องหมายของความเร็วแสดงถึงทิศทางของการเคลื่อนที่

3.1.4 ความเร็วชั่วขณะ (Instantaneous Velocity)

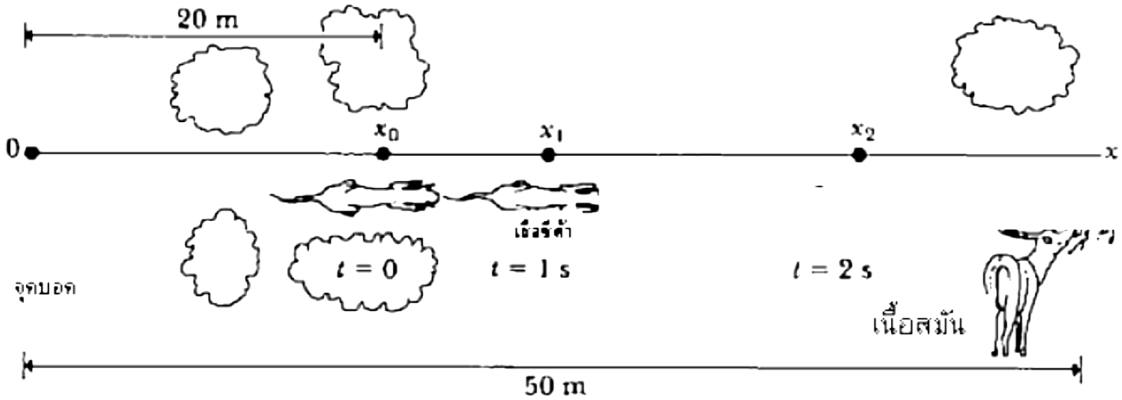
พิจารณาความเร็วของวัตถุที่เวลาใดเวลาหนึ่ง แทนที่จะพิจารณาจากช่วงเวลา ทั้งหมดของการเคลื่อนที่ ความเร็วของวัตถุที่เวลาใดเวลาหนึ่งในช่วงเวลาสั้น ๆ นี้เรียกว่า ความเร็ว ขณะใดขณะหนึ่ง (Instantaneous velocity) ในกรณีที่ความเร็วเฉลี่ย ในช่วงเวลาต่าง ๆ กันไม่คงที่ นอกจากความเร็วเฉลี่ยของวัตถุในช่วงเวลาหนึ่งแล้ว เรายังอยากจะทราบว่าวัตถุจะเคลื่อนที่ ณ เวลาหนึ่งด้วยความเร็วเท่าใด ซึ่งโดยปกติจะเรียกสั้น ๆ ว่า**ความเร็วชั่วขณะ** จากภาพประกอบ ถ้าต้องการจะหาความเร็วชั่วขณะที่จุด ก็ให้เลื่อนจุด เข้าใกล้จุด มากที่สุดจนเกือบทับจุด เพื่อจะคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาที่สั้นมาก ๆ ความเร็วชั่วขณะ คือ PQPP

$$V = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} \qquad (3.1)$$

จากภาพประกอบ 3.1 ถ้าเลื่อนจุด เข้าใกล้จุด ความชันแนวเส้น ก็เกือบจะเท่ากับความชันที่จุด จนกระทั่งเลื่อนจุด เข้าใกล้ที่สุดหรือทับจุด ความชันก็คือความชันที่จุด ดังนั้น **ความเร็วชั่วขณะที่ตำแหน่งใดๆก็คือความชันของกราฟที่ตำแหน่งนั้น** ๆ นั่นเอง ความเร็วเฉลี่ย และความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง มีความแตกต่างกัน ดังตัวอย่าง กรณีเครื่องบินบินจากกรุงเทพ ฯ ไปยังขอนแก่น แล้วก็กลับมายังกรุงเทพ ฯ อีก จะได้ว่าความเร็วเฉลี่ย ของเครื่องบินเป็นศูนย์เพราะการขจัดสุทธิมีค่าเป็นศูนย์ ในขณะที่ความเร็วขณะใดขณะหนึ่งระหว่างการบินไม่เท่ากับศูนย์

ตัวอย่าง 3.2

กวางอยู่ห่างจากจุดบอด 50 m เสือชีต้าตัวหนึ่งกำลังย่องเพื่อไปจับกวาง ขณะที่ย่องไปได้ระยะ 20 m.จากจุดบอด เริ่มจับเวลา t = 0 การเคลื่อนที่ของเสือชีต้าอธิบายได้ด้วยสมการ $x = a+bt^2$ กำหนดให้ a = 20 m และ $b = 5\ m{\bullet}s^{-2}$



ภาพประกอบ 3.3 เสือชีต้ากำลังย่องเพื่อไปเขมือบเนื้อสมัน

ที่มา : ศรีธน วรศักดิ์โยธิน , (2546)

หลักการคำนวณ

ก) ระยะกระจัดของเสือในช่วงเวลา $t_1 = 1$ s ถึง $t_2 = 2$ s

ณ เวลา $t_1 = 1$ s และ $t_2 = 2$ s ตำแหน่งของเสือคือ x_1 และ x_2 ตามลำดับ

$$x_1 = 20\text{ m} + (5\text{m}\bullet\text{s}^{-2})(1\text{ s})^2 = 25\text{ m}$$

$$x_2 = 20\text{ m} + (5\text{m}\bullet\text{s}^{-2})(2\text{ s})^2 = 40\text{ m}$$

เพราะฉะนั้น ระยะกระจัดของการเคลื่อนที่คือ

$$x_2 - x_1 = 40\text{ m} - 25\text{ m} = 15\text{ m}$$

ข) ความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาดังกล่าว t_1 ถึง t_2

$$V_{av} = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} = \frac{15m}{1s} = 15\text{ m}\bullet\text{s}^{-1}$$

ค) ความเร็วชั่วขณะ ณ เวลา $t_1 = 1$ s

ตำแหน่ง ณ เวลา $t = 1\text{s} + \Delta t$ คือ

$$x = 20\text{m} + (5\text{m}\bullet\text{s}^{-2})(1\text{ s} + \Delta t)^2$$

$$= 25\text{m} + (10\text{m}\bullet\text{s}^{-1})\Delta t + (5\text{m}\bullet\text{s}^{-2})(\Delta t)^2$$

ระยะกระจัดในช่วงเวลา Δt คือ

$$\Delta x = 25m + (10m \bullet s^{-1})\,\Delta t + (5m \bullet s^{-2})\,(\Delta t)^2 - 25\text{ m}$$

$$= (10m \bullet s^{-1})\,\Delta t + (5m \bullet s^{-2})\,(\Delta t)^2$$

ดังนั้น ความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลา Δt คือ

$$V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad 10m \bullet s^{-1}$$

ให้ Δt เป็นศูนย์ แทนลงไปในสมการจะได้ความเร็วชั่วขณะที่ t = 1 s

$v = 10\ m \bullet s^{-1}$ จากภาพประกอบ 2-1b คือความชันที่จุด P

ง) สมการทั่วไปของความเร็วชั่วขณะ

หาอนุพันธ์สมการ $x = a+bt^2$ เทียบกับเวลา จะได้

$$V = \frac{dx}{dt} = 2bt = (10\ m \bullet s^{-1})\ t$$

ณ เวลา t = 1 s แทนค่าจะได้ $v = 10\ m \bullet s^{-1}$

และ ณ เวลา t = 2 s แทนค่าจะได้ $v = 20m \bullet s^{-1}$

3.1.5 ความเร่งเฉลี่ยและความเร่งชั่วขณะ

โดยทั่วไปวัตถุอาจเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ไม่คงที่ เรียกว่าวัตถุนั้นมี **ความเร่ง** (Acceleration) เช่น อัตราเร็วของรถยนต์เพิ่มขึ้น เมื่อคนขับเหยียบคันเร่งหรืออัตราเร็วของรถยนต์ลดลง เมื่อคนขับเหยียบเบรก ดังนั้นความเร่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ความเร่งเฉลี่ย (Average acceleration) กับความเร่งขณะใดขณะหนึ่ง (Instantaneous acceleration) โดย ความเร่งเป็นการเปลี่ยนแปลงความเร็วต่อหน่วยเวลา พิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวแกน x โดยกำหนดให้ที่เวลา t_1 วัตถุอยู่ที่จุด P มีความเร็ว v1 และ เมื่อเวลา t_2 วัตถุอยู่ที่จุด Q มีความเร็ว v_2 ความเร่งเฉลี่ย (Average Acceleration)ของวัตถุในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 คือ

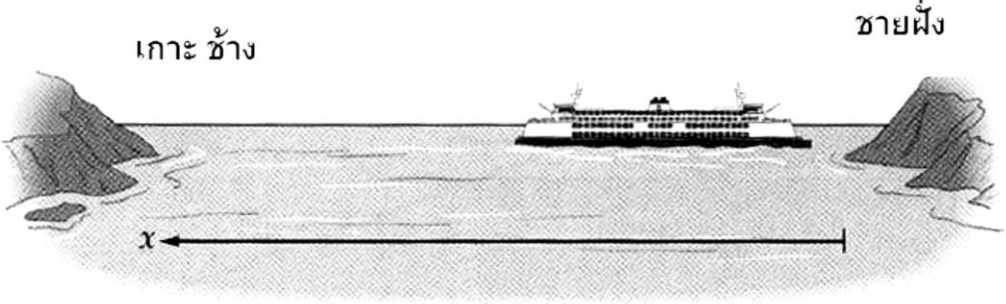
$$a_{av} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \qquad (3.2)$$

ตัวอย่าง 3.3

เรือเฟอรี่เดินทางจากชายฝั่งไปยังเกาะ ช้าง ด้วยความเร็ว 7.4 m/s ไปตามทิศ +x

ก. ถ้าเรือเฟอรี่แล่นช้าลงและจอดภายในเวลา 12.3 วินาที ความเร่งเฉลี่ยของเรือเฟอรี่เป็นเท่าใด

ข. ถ้าเรือเฟอรีแล่นกลับชายฝั่งด้วยความเร็ว 7.3 m/s จากนั้นจอดในเวลา 13.1 วินาที ความเร่งเฉลี่ยของเรือเฟอรี่เป็นเท่าใด



ภาพประกอบ 3.4 เรือเฟอรี่เดินทางจากชายฝั่งไปยังเกาะ

ที่มา : ศรีธน วรศักดิ์โยธิน , (2546)

หลักการคำนวณ

ก. $a_{av} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{V_2 - V_1}{\Delta t} = \dfrac{0 - 0.74}{12.3}$ $= -0.60\ m \bullet s^{-1}$

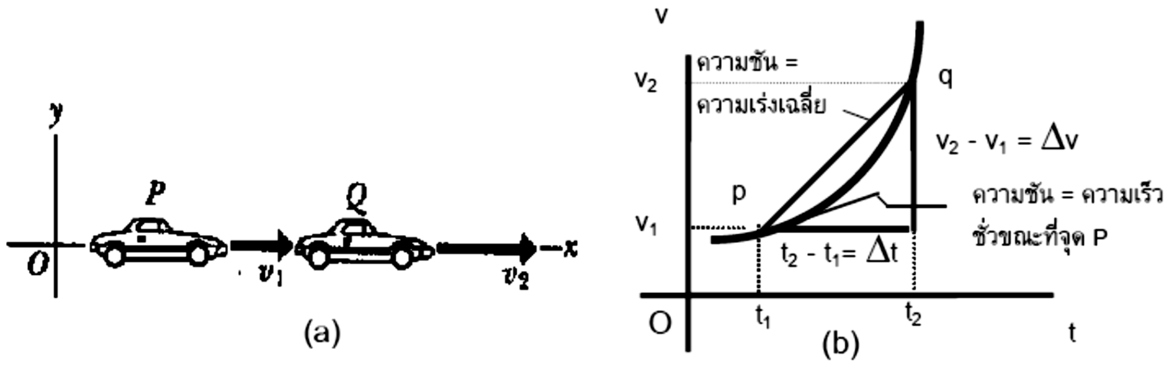
ข. $a_{av} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{V_2 - V_1}{\Delta t} = \dfrac{0 - (-7.4)}{13.1}$ $= 0.56\ m \bullet s^{-1}$

จะเห็นว่าความเร่งของเรือเฟอรีมีทิศตรงข้ามกับทิศของความเร็ว

พิจารณาภาพประกอบ เริ่มจับเวลารถแข่งคันหนึ่งที่จุด P ณ เวลา t_1 เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v_1 ถึงเส้นชัยที่จุด Q ณ เวลา t_2 ด้วยความเร็ว v_2 กราฟระหว่างความเร็วกับเวลา ความเร่งเฉลี่ย คือ อัตราส่วนระหว่างความเร็วที่เปลี่ยนไป ในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 คือ ความชันตามแนวเส้น pq ความเร่งชั่วขณะของอนุภาคก็คือ ความเร่ง ณ ตำแหน่งใดๆ บนกราฟ ถ้าให้จุด P เป็นจุดที่เราต้องการหาความเร่งชั่วขณะ ก็ให้เลื่อนจุด Q เข้าใกล้จุด P มากที่สุดจนเกือบทับจุด P เพื่อคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาสั้นมากๆ เกือบเท่ากับศูนย์จะได้

$$a = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right) = \frac{d^2 x}{dt^2} \qquad (3.3)$$

ความเร่ง เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที^{2} (m/s^2) ความเร่งในช่วงเวลาเข้าใกล้ศูนย์เราเรียกว่า **ความเร่งชั่วขณะ (**Instantaneous Acceleration**)** ความเร่งเฉลี่ยในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 คือความชันตามแนวเส้น pq ความเร่งชั่วขณะที่จุด P คือความชันที่จุด P



ภาพประกอบ 3.5 (a) รถเคลื่อนที่อยู่บนแกน x
(b) กราฟการเคลื่อนที่ พล็อตระหว่างความเร็วกับเวลา

ที่มา : ศรีธน วรศักดิ์โยธิน , (2546)

จากสมการ ความเร่งขณะใดขณะหนึ่งเท่ากับค่าอนุพันธ์ (Derivative) ของความเร็วเทียบกับเวลาและจะมีค่าเท่ากับค่าความชันของกราฟ ความเร็ว-เวลา อาจจะแสดงค่าของความเร่งขณะใดขณะหนึ่งในเทอมของอนุพันธ์ของ x กับ t

ถ้าเลื่อนจุด Q เข้าใกล้จุด P จนเกือบทับจุด P ความชันตามแนว pq ก็คือความชันที่จุด p นั่นเอง จึงสรุปได้ว่า **ความเร่งชั่วขณะ ก็คือ ความชันที่ตำแหน่งนั้น**

ตัวอย่าง 3.4

ให้ความเร็วของรถดังภาพประกอบ 3.5 เป็นไปตามสมการ $v = m+nt^2$ ถ้า $m = 10\ m{\bullet}s^{-1}$ และ $n = 2\ m{\bullet}s^{-3}$ จงหา

ก) ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา $t_1 = 2$ s ถึง $t_2 = 5$s

ณ เวลา $t_1 = 2s$ $v_1 = 10\ m{\bullet}s^{-1} + (2\ m{\bullet}s^{-3})(2s)^2$

$= 18\ m{\bullet}s^{-1}$

ณ เวลา $t_2 = 5s$ $v_2 = 10\ m{\bullet}s^{-1} + (2\ m{\bullet}s^{-3})(5s)^2$

$= 60\ m{\bullet}s^{-1}$

เพราะฉะนั้นความเร็วที่เปลี่ยนไปคือ

$$v_2 - v_1 = 60\ m{\bullet}s^{-1} - 18\ m{\bullet}s^{-1}$$
$$= 42\ m{\bullet}s^{-1}$$

ข) ความเร่งเฉลี่ยในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 คือ

$$a_{av} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{42m \bullet s^{-1}}{3s} = 14\ m{\bullet}s^{-2}$$

ค) ความเร่งชั่วขณะ ณ เวลา $t_1 = 2s$

ณ เวลา $t = 2s + \Delta t$

$$V = 10\ m{\bullet}s^{-1} + (2\ m{\bullet}s^{-3})(2s + \Delta t)^2$$
$$= 18\ m{\bullet}s^{-1} + (8\ m{\bullet}s^{-2})\ \Delta t + (2\ m{\bullet}s^{-3})(\Delta t)^2$$

ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา Δt คือ

$$\Delta v = 18\ m{\bullet}s^{-1} + (8\ m{\bullet}s^{-2})\ \Delta t + (2\ m{\bullet}s^{-3})(\Delta t)^2 - 18\ m{\bullet}s^{-1}$$
$$= (8\ m{\bullet}s^{-2})\ \Delta t + (2\ m{\bullet}s^{-3})(\Delta t)^2$$

ความเร่งเฉลี่ยในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 คือ

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = (8\ m{\bullet}s^{-2}) + (2\ m{\bullet}s^{-3})\Delta t$$

ความเร่งชั่วขณะ ณ เวลา $t = 2s$ หาได้โดยการให้ Δt เข้าใกล้ศูนย์ จะได้ $a = 8\ m{\bullet}s^{-2}$

ง) สมการทั่วไปสำหรับความเร่งชั่วขณะ ณ เวลา $t = 2s$ และ $t = 5s$ จาก

$$v = 10\ m{\bullet}s^{-1} + 2\ m{\bullet}s^{-3}t^2$$

หาอนุพันธ์ v เทียบกับเวลาจะได้

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}\ [\ 10\ m{\bullet}s^{-1} + (2\ m{\bullet}s^{-3})t^2\ ]$$
$$= 2\ (2\ m{\bullet}\ s^{-3})t$$

เมื่อ $t = 2s$, $a = (2)(2\ m{\bullet}s^{-3})(2s) = 8\ m{\bullet}s^{-2}$

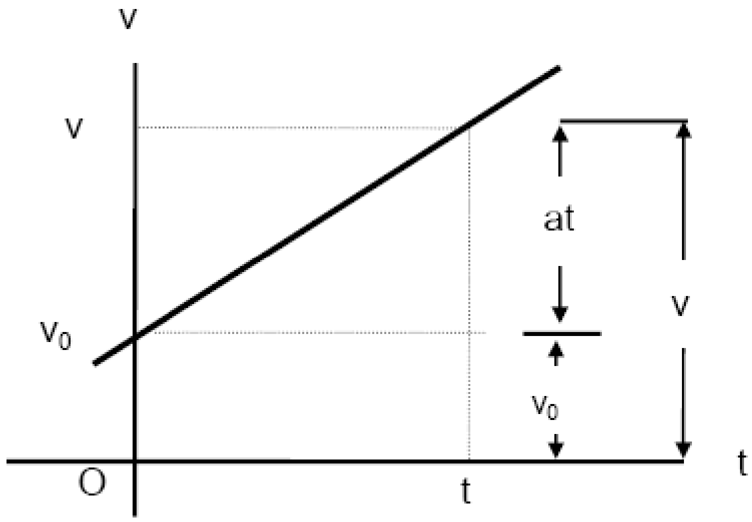
เมื่อ $t = 5s$, $a = (2)(2\ m{\bullet}\ s^{-3})(5s) = 20\ m{\bullet}s^{-2}$

3.2 การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ด้วยความเร่งคงที่

การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ด้วยความเร่งคงที่ ยกตัวอย่างที่เห็นได้ชัด เช่น การตกลงมาอย่างอิสระของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

ถ้าวัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร่งคงที่ ความเร็วจะเปลี่ยนแปลงสม่ำเสมอ เมื่อเทียบกับเวลา หรือเมื่อพล็อตกราฟเทียบกับเวลาจะได้เป็นกราฟเส้นตรงดังภาพประกอบ 3.6 ความชันจะเท่ากัน ทุกจุด ความเร่งเฉลี่ยกับความเร่งชั่วขณะก็จะเท่ากันด้วย

$$a = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} \tag{3.4}$$



ภาพประกอบ 3.6 กราฟการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง เมื่อความเร่งคงที่
ที่มา : ศรีธน วรศักดิ์โยธิน , (2546)

ให้ $t_1 = 0$, t_2 เป็นเวลาใด ๆ แทนด้วย t, v_0 แทนความเร็ว เมื่อ $t = 0$ (ความเร็วต้น) และ v เป็นความเร็ว ณ เวลาใด ๆ แทนลงในสมการ (3.4) จะได้

$$a = \frac{V - V_0}{t - 0} \quad \text{หรือ} \quad v = v_0 + at$$

เราสามารถหาสมการได้ ดังนี้

จากสมการ $a = \frac{dv}{dt}$,เทอมหนึ่งของ v ประกอบด้วย at อย่างแน่นอน และจะต้องบวกด้วยค่าคงที่ C เนื่องเพราะว่า อนุพันธ์ของค่าคงที่เทียบกับเวลาเป็นศูนย์

$$v = at + C$$

ถ้า เวลา t = 0 ความเร็วเริ่มต้น = v_0 จะได้

$$v_0 = a\,(0) + C \text{ หรือ } C = v_0$$

นำค่า C แทนลงในสมการ จะได้

$$v = v_0 + at$$

เราสามารถใช้วิธีเดียวกันนี้เพื่อหาระยะกระจัด x ณ ตำแหน่งเวลาใด ๆ ได้

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

รวมสมการ เพื่อตัดเทอม t เหลือเพียงระยะกระจัด ความเร็ว และความเร่ง ดังนี้

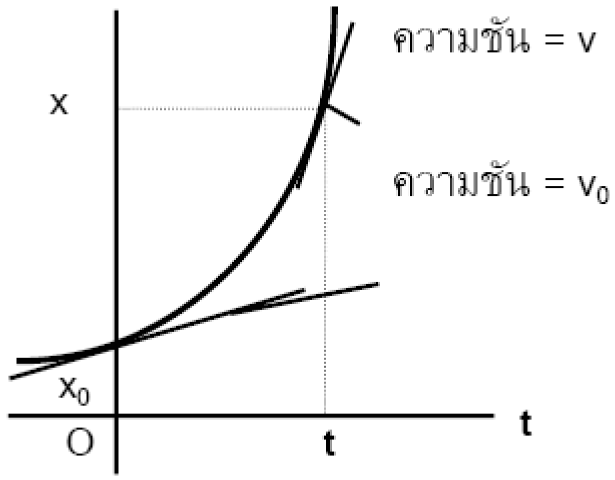
$$t = \frac{v - v_0}{a}$$

$$x = x_0 + v_0\left(\frac{v - v_0}{a}\right) + \frac{1}{2}\left(\frac{v - v_0}{a}\right)^2$$

ย้าย x_0 ไปข้างซ้ายของสมการ และคูณด้วย 2a ทั้ง 2 ข้างของสมการ จะได้

$$2a(x - x_0) = 2v_0 v - 2v_0^2 + v^2 - 2v_0 v + v_0^2$$

จะได้ $$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$



ภาพประกอบ 3.7 กราฟระยะกระจัดกับเวลา เมื่อความเร่งคงที่
ที่มา : ศรีธน วรศักดิ์โยธิน , (2546)

จากภาพประกอบ 3.7 เป็นกราฟระหว่างระยะกระจัดกับเวลา เมื่อความเร่งคงที่มีลักษณะเป็นรูปพาราโบลา ความชัน ณ เวลา t = 0 จะมีค่าเท่ากับความเร็วเริ่มต้น v_0 ส่วนความชัน ณ เวลา t ใด ๆ ก็คือ v สรุปความสัมพันธ์ ของวัตถุที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงที่คือ

$$v = v_0 + at$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

ตัวอย่าง 3.5

นักบิดมอเตอร์ไซด์ซิ่งไปทางทิศตะวันออกด้วยความเร่งคงที่ $a = 4\ m{\bullet}s^{-2}$ ขณะ เริ่มต้นจับเวลา t = 0 เขาอยู่ที่ตำแหน่ง x = 5 m. วัดจากจุดเริ่มต้นและมีความเร็วเริ่มต้น $v_0 = 3\ m{\bullet}s^{-1}$

ก) ตำแหน่งและความเร็ว ณ เวลา t = 2 s

ข) ตำแหน่งและเวลาขณะความเร็วของมอเตอร์ไซด์เป็น $5\ m{\bullet}s^{-1}$

หลักการคำนวณ

ก. จากสมการ $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$

$= 5\ \text{m.} + (3\ \text{m}\bullet\text{s}^{-1})(2\ \text{s}) + \frac{1}{2}(4\ \text{m}\bullet\text{s}^{-2})(2\ \text{s})^2$

$= 19\ \text{m}$

จากสมการ $V = v_0 + at$ $= 3\ \text{m}\bullet\text{s}^{-1} + (4\ \text{m}\bullet\text{s}^{-2})(2\ \text{s})$

$= 11\ \text{m}\bullet\text{s}^{-1}$

ข) จากสมการ $v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$

$= (5\ \text{m}\bullet\text{s}^{-1})^2 = (3\ \text{m}\bullet\text{s}^{-1})^2 + 2(4\ \text{m}\bullet\text{s}^{-2})(x - 5\ \text{m})$

$x = 7\ \text{m}$

แทน $v = 5\ \text{m}\bullet\text{s}^{-1}$ ลงในสมการ $v = v_0 + at$

$(5\ \text{m}\bullet\text{s}^{-1})^2 = 3\ \text{m}\bullet\text{s}^{-1} + (4\ \text{m}\bullet\text{s}^{-2})(t)$

$t = \frac{1}{2}\ \text{s}$

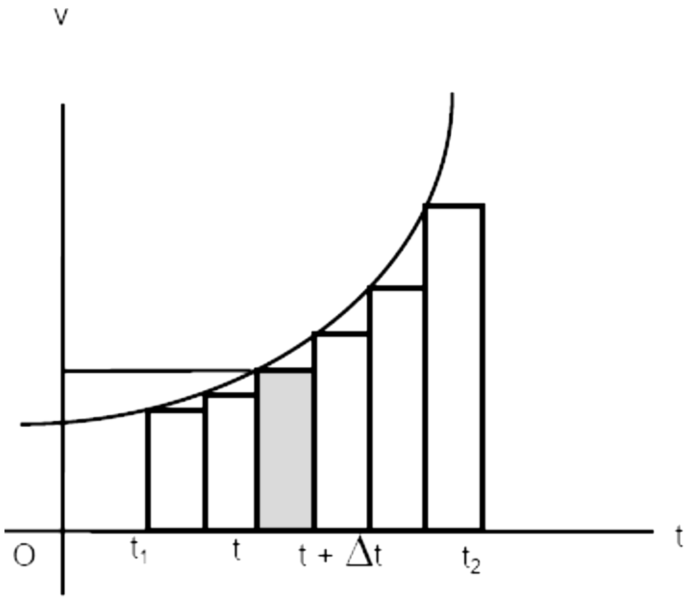
ใช้สมการความสัมพันธ์ ของวัตถุที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง หาตำแหน่งของนักบิด

$X = 5\ \text{m.} + (3\ \text{m}\bullet\text{s}^{-1})(\frac{1}{2}\ \text{s}) + \frac{1}{2}(4\ \text{m}\bullet\text{s}^{-2})(\frac{1}{2}\ \text{s})^2$

$= 7\ \text{m}$

สมการ ใช้ได้กับกรณีที่ความเร่งคงที่เท่านั้น ถ้าระยะกระจัด x เป็นฟังก์ชันกับเวลา ความเร็วหาได้จาก $v = \frac{dx}{dt}$ เช่นเดียวกันความเร่งก็หาได้จาก $a = \frac{dv}{dt}$ ในทางกลับกัน ถ้าทราบ v เป็นฟังก์ชันกับเวลา เราก็คำนวณกลับไปหาระยะกระจัด x ได้ โดยใช้การอินทิเกรต

กราฟพล็อตระหว่างความเร็วกับเวลาในกรณีที่ความเร่งไม่สม่ำเสมอ พิจารณา การเคลื่อนที่ในช่วงเวลา t_1 และ t_2 โดยแบ่งเวลาออกเป็นช่วงเล็ก ๆ Δt ช่วงเวลานี้ความเร็วจะเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย สามารถแทนความเร็วในช่วงเวลา Δt เป็นความเร็วชั่วขณะได้



ภาพประกอบ 3.8 พื้นที่ใต้กราฟระหว่างความเร็วและเวลา
ที่มา : ศรีธน วรศักดิ์โยธิน , (2546)

การเปลี่ยนแปลงของระยะกระจัด คำนวณได้จาก $\Delta x = v\Delta t$ ซึ่งก็คือพื้นที่ใต้กราฟที่ได้ แรเงาไว้เพียงแท่งเดียว ดังภาพประกอบ 3.8 ดังนั้น ถ้าต้องการจะหาระยะกระจัดทั้งหมดในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 ก็ให้นำระยะกระจัด ในช่วงต่าง ๆ ที่แบ่งไว้ตั้งแต่ t_1 จนถึง t_2 มาบวกกันทั้งหมด และถ้าให้ Δt เล็กมาก ๆ เข้าใกล้ศูนย์ จำนวนช่องการแบ่งจะเป็นอนันต์ ผลบวกของระยะกระจัดจะเรียกอีกอย่างว่า การอินทิกรัลของ v จาก t_1 ไป t_2 ให้ x_1 เป็นตำแหน่งของอนุภาค ณ เวลา t_1 และ x_2 เป็นตำแหน่งของอนุภาค ณ เวลา t_2

$$x_2 - x_1 = \int_{x_1}^{x_2} dx = \int_{t_1}^{t_2} v dt \qquad (3.5)$$

เมื่อพิจารณากราฟความเร่งกับเวลา การวิเคราะห์ก็มีลักษณะแบบเดียวกัน ให้ v_1 คือความเร็ว ณ เวลา t_1 และ v_2 คือความเร็ว ณ เวลา t_2 การเปลี่ยนแปลงของความเร็ว Δv ในช่วงเวลาสั้นๆ Δt ประมาณเท่ากับ $a\Delta t$ ถ้า Δt เข้าใกล้ศูนย์ สามารถเขียนอยู่ในรูปอินทิกรัลของ a จาก t_1 ถึง t_2 ได้ดังนี้

$$v_2 - v_1 = \int_{v_1}^{v_2} dv = \int_{t_1}^{t_2} a dt \qquad (3.6)$$

ตัวอย่าง 3.6

รถยนต์แล่นอยู่บนทางหลวง มีความเร่งเป็นฟังก์ชันกับเวลาดังนี้

$a = 2.0\ m{\bullet}s^{-2} - (0.1\ m{\bullet}s^{-3})\ t$ $t = 0$, $x_0 = 0$ รถยนต์มีความเร็วต้น $v_0 = 10\ m{\bullet}s^{-1}$

จงหา ก) ความเร็วและตำแหน่งในรูปฟังก์ชันกับเวลา

ข) เวลาที่รถยนต์มีความเร็วสูงสุด

ค) ความเร็วสูงสุด

หลักการคำนวณ

ก) ให้ t_1 คือเวลาเริ่มต้น = 0 และ t_2 คือเวลาขณะใด ๆ แทนด้วย t

ให้ v_1 คือความเร็วเริ่มต้น = $10\ m{\bullet}s^{-1}$ และ v_2 คือความเร็วขณะใด ๆ แทนด้วย v

จากสมการ (3.6)

$$v - 10\ m{\bullet}s^{-1} = \int_0^t \left[2.0\,m \bullet s^{2} - \left(0.1\,m \bullet s^{-3}\right)t\right]dt$$

$$= (2.0\ m{\bullet}s^{-2})\ t - 21(0.1\ m{\bullet}s^{-3})t^{2}$$

จากสมการ (3.5) ให้ x_1 คือตำแหน่งเริ่มต้น = 0 และ x_2 คือตำแหน่งขณะใด ๆ แทนด้วย x

$$x - 0 = \int_0^t \left[10\,m \bullet s^{2} + \left(2.0\,m \bullet s^{-2}\right)t - \frac{1}{2}\left(0.1\,m \bullet s^{-3}\right)t^{2}\right]dt$$

$$= (10\ m{\bullet}s^{-1})\ t + 21(2.0\ m{\bullet}s^{-2})t^{2} - 61(0.1\ m{\bullet}s^{-3})t^{3}$$

ข) เวลาที่รถยนต์มีความเร็วสูงสุดจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ $\frac{dv}{dt} = 0$

ตรงตำแหน่งนี้รถยนต์มีความเร็วสูงสุด และกำลังเริ่มจะลดลง เราจะได้

$$0 = (2.0\ m{\bullet}s^{-2}) - (0.1 + m{\bullet}s^{-3})t$$

$$t = \frac{2.0\,m \bullet s^{-2}}{0.1\,m \bullet s^{-3}} = 20s$$

ค) แทน t = 20 s ลงในสมการข้อ a จะได้ความเร็วสูงสุด

$$v = (2.0\ m{\bullet}s^{-2})\ (20\ s) - 21(0.1\ m{\bullet}s^{-2})\ (20\ s)^{2} + 10\ m{\bullet}s^{-1}$$

$$= 30\ m{\bullet}s^{-1}$$

3.3 การเคลื่อนที่ตามแนวดิ่งโดยอิสระ

ถ้าปล่อยวัตถุให้ตกลงมาอย่างอิสระ ไม่ว่าจะเป็นขนนก กระดาษ เหรียญ หรือก้อนหิน จะตกลงสู่พื้นโลกด้วยความเร่งเท่ากัน เมื่อไม่คิดแรงต้านของอากาศ หรือการตก อิสระใน สุญญากาศ โดยค่าความเร่งของการตกอย่างอิสระ (free fall acceleration) โดยค่า g บนโลกจะลดลง เมื่อความสูง (altitude) จากพื้นโลกมากขึ้น และค่า g จะแปรผันเล็กน้อย ตามแนวเส้นขนานกับเส้น ศูนย์สูตรหรือเส้นรุ้ง (latitude) โดยค่าความเร่ง g จะมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางของ โลก และที่ผิวโลก g = 9.8 เมตร/วินาที ค่าความเร่ง g นี้ อาจเรียกว่า ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูด ของโลก (acceleration due to gravity) หรือความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลก (gravitational acceleration การเคลื่อนที่ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกในแนวแกน y

การตกของวัตถุอย่างอิสระ ไม่ได้หมายความว่าเป็นการปล่อยให้วัตถุตกลงจากที่ สูงลง มายังพื้นโลกเท่านั้น ยังหมายรวมถึงการเคลื่อนที่อย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงทั้งการเคลื่อนที่ขึ้น และลงในแนวดิ่งด้วย อาจนิยามได้ดังนี้ “เมื่อโยนวัตถุขึ้นหรือลง วัตถุจะเคลื่อนที่ภายใต้ความเร่ง ที่เท่ากัน เช่นเดียวกับเมื่อปล่อยวัตถุให้เคลื่อนที่จากหยุดนิ่งหรือถือว่าวัตถุเคลื่อนที่อย่างอิสระ โดยวัตถุ ในกรณีนี้จะมีความเร่งในทิศลงเท่ากับความเร่งเนื่องจากการตกอย่างอิสระ” ถ้าไม่คิดแรง ต้านของอากาศและถือว่าความเร่ง เนื่องจากการตกอิสระมีค่าคงที่ ถือว่าการ เคลื่อนที่ในแนวดิ่งหรือ การตกอย่างอิสระของวัตถุเหมือนกับการเคลื่อนที่ใน 1 มิติ ด้วยความเร่งคงที่ ดังนั้น จะได้สมการ การตกของวัตถุอย่างอิสระ

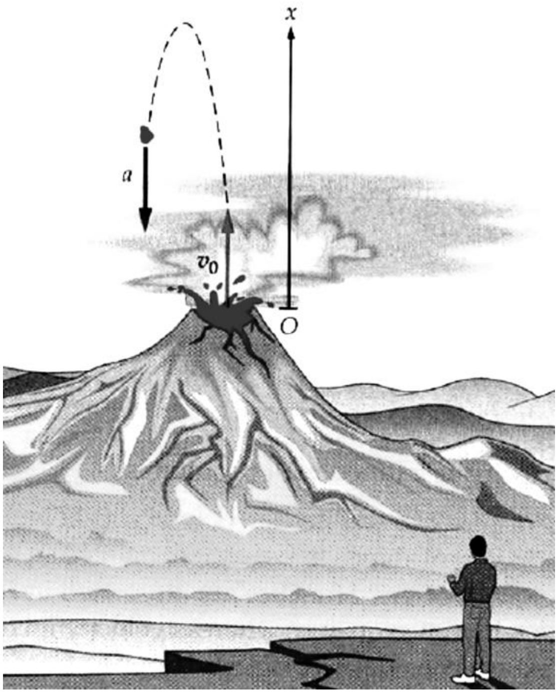
$$v = v_0 + gt \tag{3.7}$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \tag{3.8}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2g(x - x_0) \tag{3.9}$$

ตัวอย่าง 3.7

ชายคนหนึ่งยืนสังเกตการณ์เคลื่อนที่ของลาวาอันเนื่องจากการระเบิดของภูเขาไฟลูกหนึ่ง โดยจับเวลาตั้งแต่เริ่มกระเด็นออกจากระดับพื้น(ระดับอ้างอิง) ของปล้องภูเขาไฟขึ้นไป จนกระทั่ง หยุดแล้วตกกลับมาที่พื้นดังภาพประกอบใช้เวลาทั้งสิ้น 4.75 วินาที และความเร่งขณะตกลงมาคือ 9.8 เมตร/วินาที^{2} ถามว่าความเร็วเริ่มต้นของการเคลื่อนที่นี้เป็นเท่าใด



ภาพประกอบ 3.9 การระเบิดของภูเขาไฟ
ที่มา : ศรีธน วรศักดิ์โยธิน , (2546)

หลักการคำนวณ

หาระยะ x โดย a=-g และ $x_0 = 0$

จาก $$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

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

$$= \left(v_0 t + \frac{1}{2} g t \right) t \qquad \text{เมื่อ} \quad t = 0$$

สมการนี้เป็นจริงเมื่อ (A) t = 0 (B) $v_0 - \frac{1}{2} g t = 0$

คำตอบแรกแสดงถึงเงื่อนไขเริ่มต้นนั่นคือ x = 0 ที่ t = 0 ดังนั้นคำตอบที่เป็นไปได้น่าจะเป็นสมการที่ 2 แก้ $v_0 - \frac{1}{2}gt = 0$ เพื่อหา ความเร็วต้น จะได้

$$v_0 = \frac{1}{2} gt = \frac{1}{2}(9.8 m/s^2)(4.75 s) \quad = \quad 23.3 \text{ m/s}$$

ตัวอย่าง 3.8

การเหวี่ยงลูกบอลขึ้นไปในแนวดิ่ง จากขอบตึกบนดาดฟ้าของตึกสูง ขณะที่ลูกบอลหลุดออกจากมือมี ความเร็วเริ่มต้น 15 $m{\bullet}s^{-1}$ จงหา

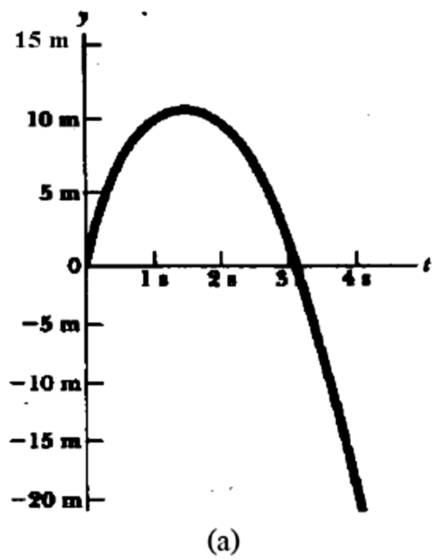
ก) ตำแหน่งและความเร็วของลูกบอล ณ เวลา 1 s และ 4 s หลังจากเหวี่ยงออก

ข) ความเร็วขณะที่ลูกบอลอยู่เหนือดาดฟ้า 5 เมตร

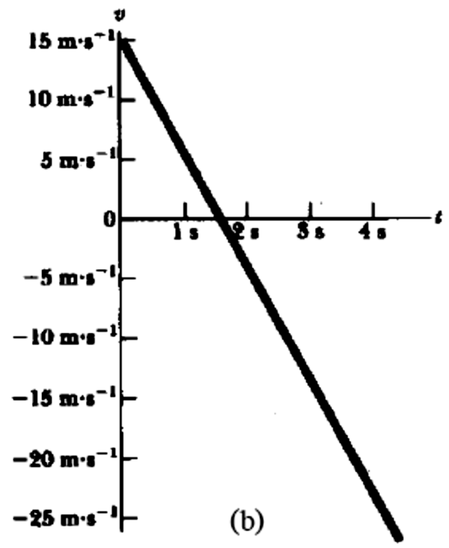
ค) เวลาและตำแหน่งขณะที่ลูกบอลอยู่ที่จุดสูงสุด

หลักการคำนวณ

ให้ตำแหน่งเริ่มต้นอยู่ที่มือของผู้เหวี่ยง แกน y แสดงทิศทางเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง จากจุดเริ่มต้นขึ้นไปใช้เครื่องหมายบวก ตำแหน่งเริ่มต้น $y_0 = 0$, ความเร็วเริ่มต้น $v_0 = +15\ m{\bullet}s^{-1}$ ความเร่งโน้มถ่วง ของโลก $a = -g = -9.8\ m{\bullet}s^{-2}$



(a)



(b)

ภาพประกอบ 3.10 (a) กราฟระยะกระจัด y กับเวลา t

(b) กราฟความเร็ว v กับเวลา t

ที่มา : ศรีธน วรศักดิ์โยธิน , (2546)

ความเร็ว ณ เวลาใด ๆ หาได้จาก

$$v = v_0 + at$$

$$= 15\ m{\bullet}s^{-1} + (-9.8\ m{\bullet}s^{-2})t$$

ตำแหน่ง ณ เวลาใด ๆ หาได้จาก

$$y = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

$$= \left(15\mathrm{m} \bullet \mathrm{s}^{-1}\right)t + \frac{1}{2}\left(-9.8\mathrm{m} \bullet \mathrm{s}^{-2}\right)t^2$$

ความเร็วที่ตำแหน่งใด ๆ คือ

$$v^2 = v_0^2 + 2gy$$

$$= (15\ m{\bullet}s^{-1}) + 2(-9.8\ m{\bullet}s^{-2})y$$

ก) แทน t = 1 s ลงในสมการ จะได้

$$y = +10.1\ m$$

$$v = +5.2\ m{\bullet}s^{-1}$$

ลูกบอลอยู่เหนือจากดาดฟ้า 10.1 m ความเร็ว (เป็นบวก) = 5.2 $m{\bullet}s^{-1}$ แสดงว่าลูกบอลพุ่งขึ้น (สังเกตว่ามีค่าน้อยกว่าความเร็วต้น) แทน t = 4 s ลงในสมการ (2-17) และ (2-18) จะได้

$$y = -18.4\ m$$

$$v = -24.2\ m{\bullet}s^{-1}$$

ลูกบอลอยู่ต่ำกว่าดาดฟ้า 18.4 m (y เป็นลบ) ความเร็ว (เป็นลบ) = 24.2 $m{\bullet}s^{-1}$ แสดงว่าลูกบอลกำลังดิ่งลง

ข) ความเร็วขณะที่ลูกบอลอยู่เหนือดาดฟ้า 5 เมตร

$$y = +5\ m$$

จากสมการ (3.9) $v^2 = 127\ m^2{\bullet}s^{-2}$, $v = \pm\ 11.3\ m{\bullet}s^{-1}$

เครื่องหมาย + และ - แสดงว่าลูกบอลผ่านตำแหน่งนี้ 2 ครั้ง ครั้งแรกกำลังพุ่งขึ้น และครั้งที่สองดิ่งลง ความเร็วพุ่งขึ้น = +11.3 $m{\bullet}s^{-1}$ และความเร็วดิ่งลง = -11.3 $m{\bullet}s^{-1}$

ค) ที่จุดสูงสุด v = 0 จากสมการ (3.8)

O = $(15\ m{\bullet}s^{-1})^2$ - $(19.6\ m{\bullet}s^{-2})$y

ดังนั้น y = 11.5 m

จากสมการ (3.7) ให้ v = 0

O = 1 5 $m{\bullet}s^{-1}$ + $(-9.8\ m{\bullet}s^{-2})$t

t = 1.53 s

หรือจะแทนค่า t ลงในสมการ (2-17) ก็สามารถหาจุดสูงสุดได้เช่นเดียวกัน

y = $(15\ m{\bullet}s^{-1})(1.53\ s) + 21(-9.8\ m{\bullet}s^{-2})(1.53\ s)^2$

= 11.5 m

ที่จุดสูงสุดความเร็วเป็นศูนย์ ความเร่งที่จุดนี้คงที่ที่ -9.8 $m{\bullet}s^{-2}$ ดังนั้นความเร็วยังคงเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง สังเกตดังภาพประกอบ 3.10

สรุปท้ายบท

1. สมการการเคลื่อนที่เมื่อความเร็วคงที่ v = s/t

สมการการเคลื่อนที่ในแนวราบของวัตถุ $v = v_0 + at$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \qquad v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

สมการการตกของวัตถุอย่างอิสระ $v = v_0 + gt$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}gt^2 \qquad v^2 = v_0^2 + 2g(x - x_0)$$

2. ใช้ค่า g ในทิศลงเป็นบวกก็ได้ โดย a = +g เมื่อกำหนดให้ y ในทิศลงเป็นบวก เมื่อโยนวัตถุขึ้นไปในแนวดิ่งแล้ววัตถุย้อนกลับตกลงมาที่เดิม ได้ดังนี้

2.1 ความเร็วที่จุดสูงสุดเท่ากับศูนย์

2.2 เวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ขึ้นจะเท่ากับเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ลง

2.3 ที่ระดับเดียวกันความเร็วของวัตถุจะเท่ากัน แต่มีทิศตรงกันข้าม

แบบฝึกหัดบทที่ 3

1. รถยนต์ A เริ่มเคลื่อนที่จากจุดหยุดนิ่ง โดยอัตราเร็วเพิ่มขึ้น 2 m/s ทุก ๆ 1 s เมื่อสิ้นวินาทีที่ 5 รถยนต์จะมีอัตราเร็วเท่าใด

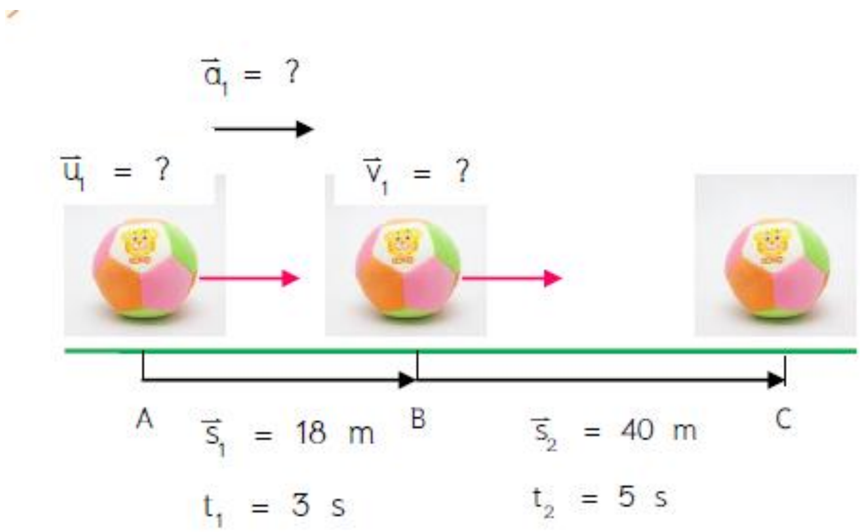
2. รถยนต์แล่นบนถนนตรงโดยมีความเร็วต้น 15 m/s ถ้ารถยนต์มีความเร่งคงตัว 3 m/s^2 ในช่วงเวลานานเท่าใดรถยนต์จึงมีความเร็วเฉลี่ยเป็น 2 เท่าของความเร็วต้น

3. รถเริ่มเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งด้วยความเร่งคงตัวในแนวเส้นตรง แล้วเบรกด้วย ความหน่วงคงตัวจนหยุดนิ่งพบว่าเครื่องวัดระยะทางในรถบอกระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ 300 m และจับเวลาที่รถเคลื่อนที่ได้ 1 s พอดี อัตราเร็วสูงสุดของรถในการเคลื่อนที่ครั้งนี้มีค่าเท่าใด

4. วัตถุชิ้นหนึ่งเคลื่อนที่ตามแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงตัวใน 3 s ได้การกระจัด 18 m และเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวใน 5 s ต่อมา ได้การกระจัด 40 m

4.1 ความเร็วต้นของวัตถุ

4.2 ความเร่งของวัตถุ



ภาพประกอบ 3.11 การเคลื่อนที่ของวัตถุตามแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงตัว

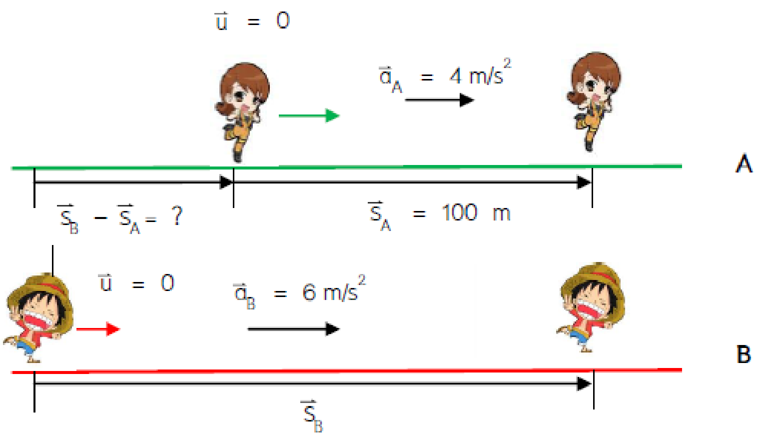
ที่มา: สมสุข แสงปราบ, (2558).

5. รถยนต์คันหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 2 m/s2 จากหยุดนิ่งจนมีความเร็ว 8 m/s หลังจากนั้นวิ่งด้วยความเร็วคงตัวนาน 4 s จึงเบรกรถให้หยุดนิ่งในเวลา 2 s จงหา ระยะทางทั้งหมดที่รถยนต์เคลื่อนที่ได้

6. กล่องมวล 5 กิโลกรัมวางอยู่บนพื้นเอียง 60 องศา ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นมีค่า 0.2 จะต้องออกแรงดึงเท่าใด จึงจะทำให้กล่องอยู่นิ่งบนพื้นเอียง ($g = 10$ m/s^2)

7. กล่องหนัก 200 กิโลกรัมวางอยู่บนพื้นเอียง 30 องศา ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นมีค่า 0.3 จะต้องออกแรงดึงเท่าใด จึงจะทำให้กล่องเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง 2 m/s^2 ($g = 10$ m/s^2)

8. เด็กหญิง A และเด็กชาย B วิ่งออกจากจุดเริ่มต้นพร้อมกัน โดยจุดเริ่มต้นของ B อยู่หลัง A เด็กทั้งสองวิ่งด้วยความเร่ง 4 m/s^2 และ 6 m/s^2 ตามลำดับและวิ่งทันกัน เมื่อ A วิ่งได้การกระจัด 100 m จงหาว่าเด็กทั้งสองอยู่ห่างกันเท่าไรตอนเริ่มต้น



ภาพประกอบ 3.12 การเคลื่อนที่ออกจากจุดเริ่มต้นพร้อมกัน

ที่มา: สมสุข แสงปราบ, (2558).

9. รถยนต์คันหนึ่งวิ่งด้วยความเร็วคงตัว 10 m/s ขณะที่อยู่ห่างจากสิ่งกีดขวางเป็นระยะ35 m คนขับตัดสินใจห้ามล้อซึ่งใช้เวลา 1 s ก่อนที่ห้ามล้อจะทำงาน เมื่อห้ามล้อทำงานรถจะต้องลดความเร็วในอัตราเท่าใดจึงทำให้รถหยุดพอดีเมื่อถึงสิ่งกีดขวางนั้น

10. รถยนต์คันหนึ่งกำลังแล่นบนถนนด้วยความเร็ว 72 km/h คนขับเห็นไฟแดง ข้างหน้าจึงเหยียบเบรกทำให้รถหยุดในเวลา 5 s จงหาความเร่งและระยะทางในช่วงการเบรกนี้

เอกสารอ้างอิง

จรัส บุณยธรรมา. (2543). **ฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย ภาคกลศาสตร์** .กรุงเทพ ฯ : สุวีริยาสาส์น.

มหาวิทยาลัย , ทบวง. (2543). ฟิสิกส์เล่ม 1 . กรุงเทพ ฯ : ชวนพิมพ์ .

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2538). **ฟิสิกส์ 1**. (พิมพ์ครั้งที่4). กรุงเทพ ฯ : ศูนย์ หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ต่อศักดิ์ โกมาสถิตย์, (2548). **ฟิสิกส์ 1.** มหาสารคาม : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

บดินทร ชาติสุขบท. (2546). **ฟิสิกส์ 1**. กรุงเทพ ฯ : สกายบุ๊กส์

ปรเมษฐ์ ปัญญาเหล็ก. (2542). **ฟิสิกส์1**. (พิมพ์ครั้งที่4). กรุงเทพ ฯ ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยศรีปทุม.

มนตรี พิรุณเกษตร, (2540). **ฟิสิกส์ 1**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สมปอง ทองผ่อง, (2543) **ฟิสิกส์ทั่วไป 1.** มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขต. ปัตตานี

สมสุข แสงปราบ, (2558). **ชุดที่ 7 เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งคงตัว(แนวระดับ).** โรงเรียนนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์

สุทธิพงษ์ อันทรบุตร, (2561) **วิทยาศาสตร์เพื่องานไฟฟ้าและการสื่อสาร.** วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด.

สมพงษ์ ใจดี. (2548). **ฟิสิกส์ มหาวิทยาลัย 1. (**พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สานักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมชูปถัมภ์. (2543). **ฟิสิกส์ เล่ม 1 .(**พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับ ปรับปรุงแก้ไข). กรุงเทพฯ

ศรีธน วรศักดิ์โยธิน(2546). **ฟิสิกส์1**. สำนักพิมพ์ สกายบุ๊คส์, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อุกฤษฏ์ นาจำปา, (2563). **เอกสารประกอบการสอน ฟิสิกส์ทั่วไป 1**. คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์