

# วิทยาศาสตร์ กายภาพ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)  
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ม. 5

เล่ม 2

ผู้เรียบเรียง

วรรัชมล เสนาะคำ

105.-



 | MAC EDUCATION

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

# วิทยาศาสตร์กายภาพ

## ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง

วรรษมล เสนาะคำ

ผู้ตรวจ

ผศ.มาลี สุทธิโอภาส

รศ.มานัส มงคลสุข

ผศ.ปรีดา เพชรมีศรี

บรรณาธิการ

ศ. ดร.พิเชษฐ์ ลิ้มสุวรรณ

# หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

## วิทยาศาสตร์กายภาพ

### ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2

ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง

วรัชมล เสนาะคำ

ผู้ตรวจ

ผศ.มาลี สุทธิโอภาส

รศ.มานัส มงคลสุข

ผศ.ปรีดา เพชรศรีศรี

บรรณาธิการ

ศ. ดร.พิเชษฐ์ ลิ้มสุวรรณ

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

วรัชมล เสนาะคำ.

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2.--กรุงเทพฯ :  
แม็คเ็ดดูเคชั่น, 2562.

180 หน้า.

1. วิทยาศาสตร์--การศึกษาและการสอน (มัธยมศึกษา).

I. ชื่อเรื่อง.

507

ISBN 978-616-345-142-2

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวน 15,000 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ : มกราคม 2563

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใด  
ของหนังสือเล่มนี้ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

จัดทำโดย

**MAC EDUCATION**

ส่งชานนิตีสง่าจ่าย ไปรษณีย์ลาดพร้าว

ในนาม บริษัท แม็คเ็ดดูเคชั่น จำกัด

9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว

แขวงจันทระเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร. 0-2512-0661, 0-2938-2022-7 แฟกซ์ 0-2938-2028

[www.MACeducation.com](http://www.MACeducation.com)


พิมพ์ที่ : บริษัท ไชเบอร์พริ้นท์กรุ๊ป จำกัด

# คำชี้แจง

ตามที่กระทรวงศึกษาธิการโดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ดำเนินการทบทวนหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยในระยะแรกให้ปรับปรุงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม สำหรับใช้ในปีการศึกษา 2561 ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 4 ปีการศึกษา 2562 ให้ใช้ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1, 2, 4 และ 5 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2, 4 และ 5 และตั้งแต่ปีการศึกษา 2563 เป็นต้นไปให้ใช้ในทุกชั้นเรียน ซึ่งการปรับหลักสูตรครั้งนี้มีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้โรงเรียนสามารถจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบสามารถใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบูรณาการกับความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่นำไปสู่การคิดค้นสิ่งประดิษฐ์หรือสร้างสรรค์นวัตกรรม นอกจากนี้ยังให้เกิดการเรียนรู้เรื่องภูมิศาสตร์ (Geo-literacy) ทั้งด้านความสามารถทางภูมิศาสตร์ กระบวนการทางภูมิศาสตร์ และทักษะทางภูมิศาสตร์ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจได้อย่างถูกต้องและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิต

ด้วยตระหนักถึงความสำคัญของการปรับเปลี่ยนหลักสูตรข้างต้น บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด จึงได้มอบหมายให้ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร ด้านการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล ได้ปรับปรุงพัฒนาหนังสือเรียนให้สอดคล้องมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ของหลักสูตรในกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่มีการเปลี่ยนแปลง และให้สอดคล้องกับการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่กำหนดไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 และยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี




โดยหนังสือเรียนแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะให้ผู้ใช้หนังสือเรียนได้ทราบเป้าหมายการเรียนรู้ในตอนต้นหน่วยการเรียนรู้ จากสาระการเรียนรู้และตัวชี้วัดชั้นปี และทุกหัวข้อหลักจะนำเสนอแนวคิดสำคัญเพื่อให้ทราบถึงสิ่งที่เป็นความรู้ ความคิดที่เป็นแก่นสำคัญที่ต้องเรียนรู้ให้ลึกซึ้ง และการเรียนรู้ที่ดี ผู้เรียนควรได้ตรวจสอบความรู้ความเข้าใจเป็นระยะ ๆ ก่อนเรียนเรื่องใหม่ ดังนั้น ในหนังสือเรียนจะมีการสอดแทรกกิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับเรื่องที่ได้เรียนผ่านมา เพื่อให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบ

ตนเอง หรือบางหัวข้ออาจเป็นการฝึกทักษะให้ชำนาญก่อน สิ่งที่เพิ่มเติมในหนังสือเรียนแม็ค 4.0 นี้ คือ กิจกรรมบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ (STEM) ตามเป้าหมายสำคัญของการปรับหลักสูตรครั้งนี้ ซึ่งผู้เรียนและผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์หรือดัดแปลงให้เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนและผู้เรียน การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารและสารสนเทศ (ICT) เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติม ดังนั้นในหนังสือเรียนแม็ค 4.0 จึงได้มีการเสริมเนื้อหาเพิ่มเติมที่ได้ผ่านการคัดกรองมาแล้วว่าเหมาะสมกับการเรียนรู้ แทรกไว้ในเนื้อหาบางหน่วย โดยใช้สัญลักษณ์  ผู้เรียนสามารถใช้สมาร์ทโฟนสแกน AR Code โดยใช้แอปพลิเคชัน SnapLearn ท้ายหน่วยการเรียนรู้ทุกหน่วยจะมีการสรุปบทเรียนสำหรับผู้เรียนได้ใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการตรวจสอบองค์ความรู้ที่ควรได้รับการพัฒนาหลังจากเสร็จสิ้นการเรียนรู้ หรือเป็นสาระสำคัญที่ควรจดจำและทำความเข้าใจให้ถ่องแท้ ซึ่งนับว่าเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งในการปรับปรุงหนังสือเรียนครั้งนี้ที่ได้พัฒนาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชัน จำกัด หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียน แบบฝึกหัด คู่มือครู และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงใหม่ชุดนี้ จะมีคุณค่า มีประโยชน์ และช่วยส่งเสริมการปฏิรูปการศึกษารอบนี้ เพื่อเป็นรากฐานสำคัญที่จะช่วยทำให้ประเทศไทยก้าวสู่ประเทศที่มีการพัฒนาอย่างยั่งยืน ด้วยการมีพลเมืองที่มีคุณภาพ มีความคิดสร้างสรรค์ ตามเจตนารมณ์ของการปรับปรุงหลักสูตรครั้งนี้ และนโยบายประเทศไทย 4.0

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชัน จำกัด

### วิธีการใช้ SnapLearn

1. ดาวน์โหลดแอปพลิเคชัน SnapLearn 
2. เปิดใช้งานแอปพลิเคชัน SnapLearn
  - 2.1 กดปุ่มตรงกลาง  เพื่อสแกนบาร์โค้ด ISBN ที่ปกหลังมุมล่างด้านขวามือ
  - 2.2 กรอกชื่อหนังสือเรียนลงในช่องค้นหา "Physical Science M.5 Vol.2"
3. กดดาวน์โหลดหนังสือเรียน
4. สแกนหน้าหนังสือเรียนที่มีสัญลักษณ์ 

# คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์กายภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2 ได้พัฒนาและปรับทั้งเนื้อหา กิจกรรมการทดลอง ภาพประกอบ กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ให้ตรงตามมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียงได้ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี สาระการเรียนรู้แกนกลาง กระบวนการจัดการเรียนรู้ และแนวทางในการวัดและประเมินผล นำมาจัดทำโครงสร้างสำหรับหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเลือกเนื้อหา กระบวนการเรียนการสอน การทำกิจกรรม ทักษะการคิด การวัดผลและประเมินผล ผ่านการนำเสนอด้วยการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Active Learning) ที่เหมาะสมกับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ เข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการสำรวจตรวจสอบข้อมูล การคิดแก้ปัญหา ตลอดจนการเสริมสร้างจิตวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญ ด้วยกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน นำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาและนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นคำตอบของการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

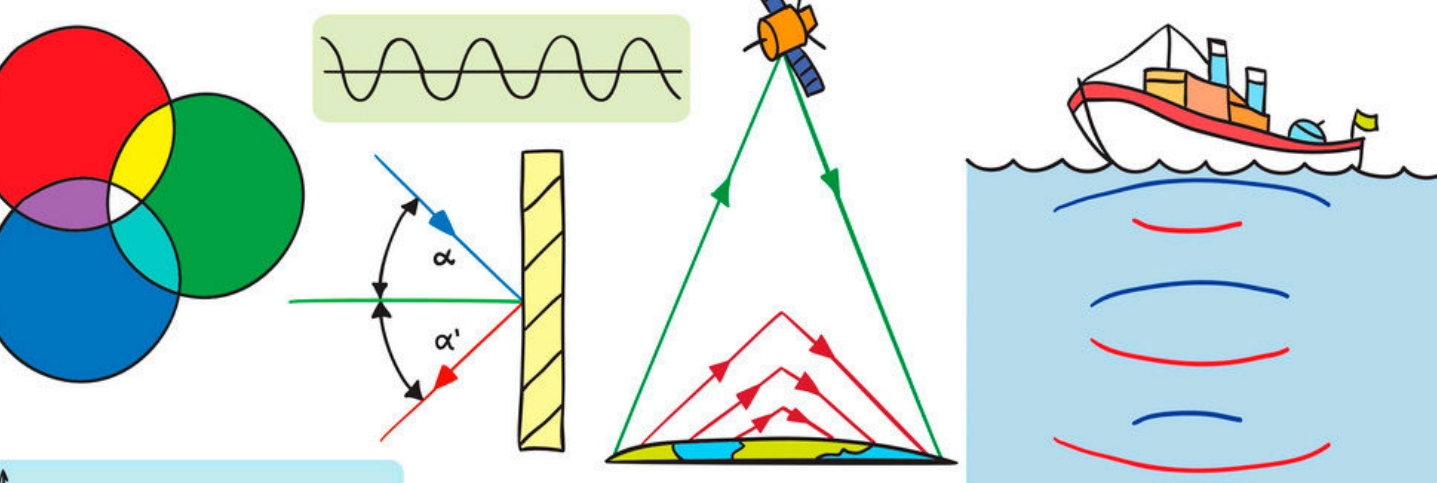
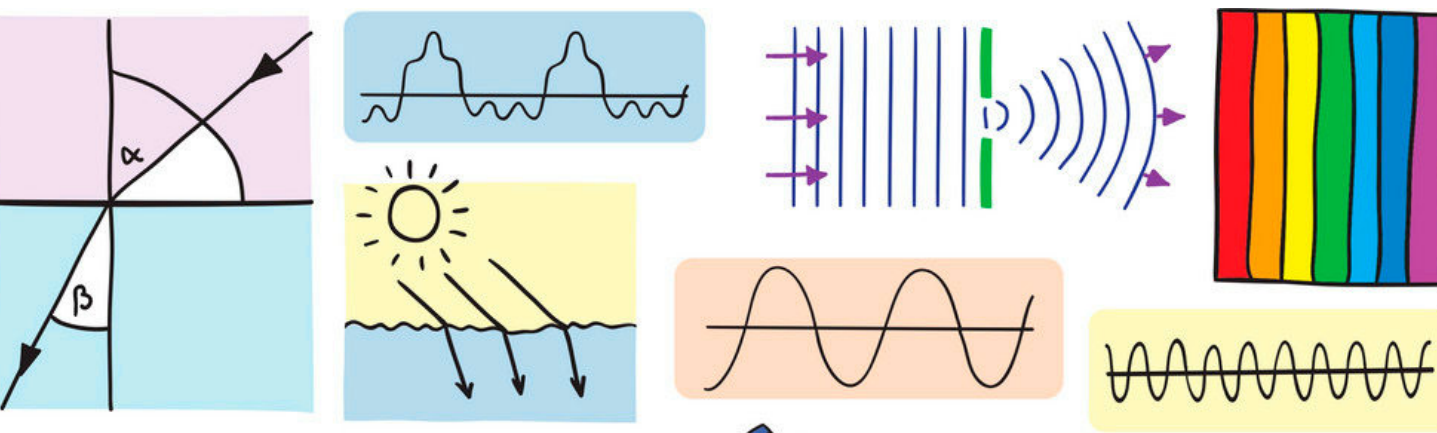
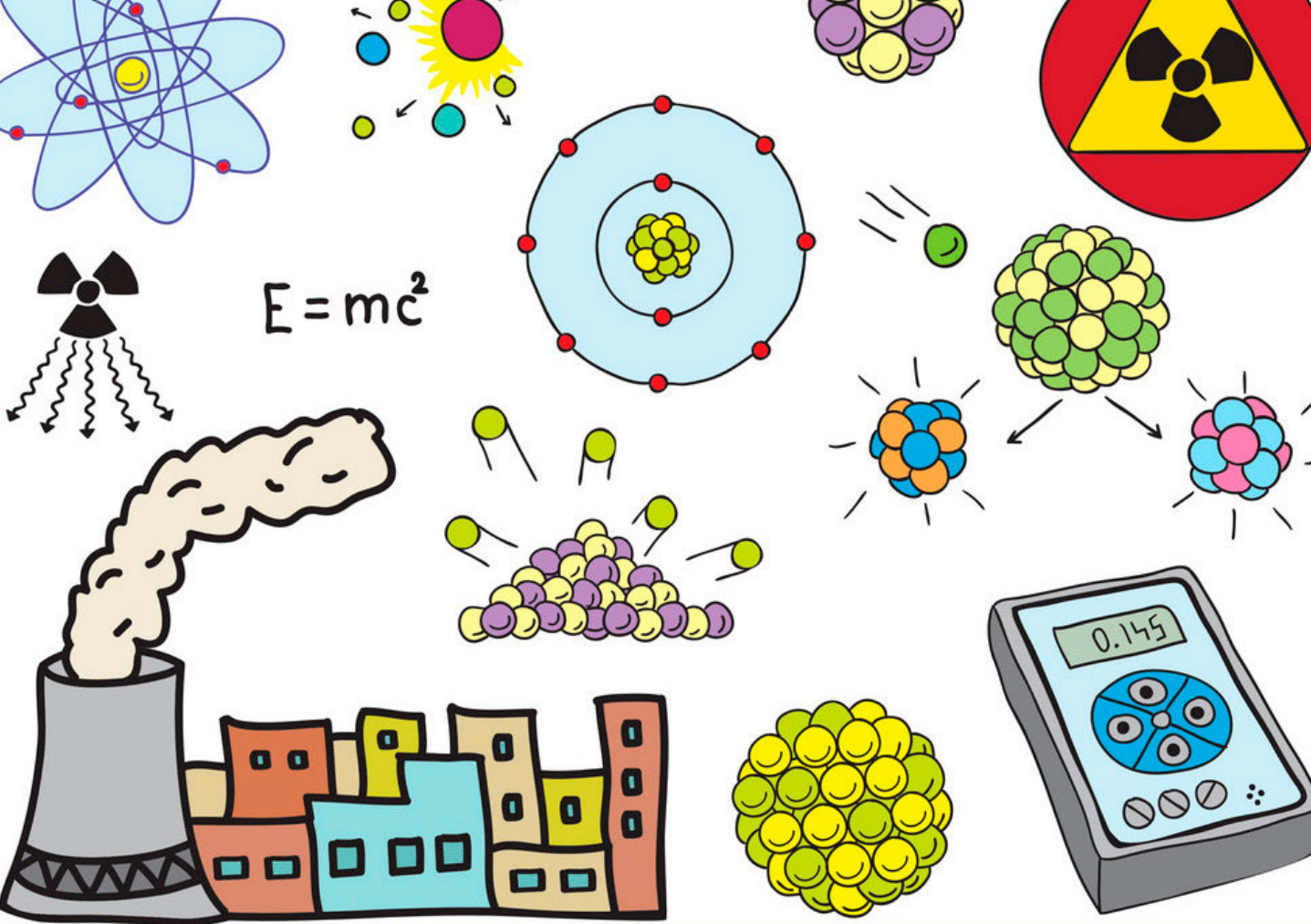
หนังสือเรียนเล่มนี้ประกอบด้วย 5 หน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยการเรียนรู้ได้สรุปสาระการเรียนรู้ ระบุตัวชี้วัดชั้นปี มีภาพและคำถามเข้าสู่บทเรียน แนวคิดสำคัญของแต่ละเรื่อง กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ เนื้อหา และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เพื่อเป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนตามแนวปฏิรูปการศึกษา และมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานการเรียนรู้ตัวชี้วัดชั้นปี และสาระการเรียนรู้แกนกลาง หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้เรียบเรียงขออภัยและขอคำแนะนำด้วยความขอบคุณยิ่ง

# สารบัญ

<b>หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 แรงและการเคลื่อนที่</b>	<b>1</b>
(ว 2.2 ม.5/1, 2, 3, 4, 5, 6, 10)	
1. การเคลื่อนที่แนวตรง	3
2. แรง	13
3. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	25
4. การเคลื่อนที่แบบวงกลม	28
5. การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	33
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	41
<b>หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 คลื่น</b>	<b>43</b>
(ว 2.3 ม.5/3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)	
1. คลื่นและสมบัติของคลื่น	45
2. เสียงและการได้ยิน	62
3. แสงและการมองเห็น	78
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	88
<b>หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 แม่เหล็กไฟฟ้า</b>	<b>90</b>
(ว 2.2 ม.5/7, 8, 9 และ ว 2.3 ม.5/11, 12)	
1. แม่เหล็กไฟฟ้า	92
2. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	108
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	121
<b>หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 ฟิสิกส์นิวเคลียร์</b>	<b>122</b>
(ว 2.2 ม.5/10 และ ว 2.3 ม.5/1)	
1. กัมมันตภาพรังสี	124
2. พลังงานนิวเคลียร์	134
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	144

<b>หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 พลังงานและพลังงานทดแทน</b>	<b>145</b>
(ว 2.3 ม.5/2)	
1. พลังงาน	147
2. พลังงานทดแทน	151
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	164
<b>บรรณานุกรม</b>	<b>165</b>
<b>อภิธานศัพท์</b>	<b>167</b>





หน่วยการเรียนรู้ที่

1



## แรงและการเคลื่อนที่

### สาระการเรียนรู้

- 1 การเคลื่อนที่แนวตรง
- 2 แรง
- 3 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
- 4 การเคลื่อนที่แบบวงกลม
- 5 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

### ตัวชี้วัดชั้นปี

1. วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลความเร็วกับเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุ เพื่ออธิบายความเร่งของวัตถุ (ว 2.2 ม.5/1)
2. สังเกตและอธิบายการหาแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่อยู่ในระนาบเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุโดยการเขียนแผนภาพการรวมแบบเวกเตอร์ (ว 2.2 ม.5/2)
3. สังเกต วิเคราะห์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของวัตถุกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและมวลของวัตถุ (ว 2.2 ม.5/3)
4. สังเกตและอธิบายแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาระหว่างวัตถุคู่หนึ่ง ๆ (ว 2.2 ม.5/4)
5. สังเกตและอธิบายผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุ ได้แก่ การเคลื่อนที่แนวตรง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม และการเคลื่อนที่แบบสั่น (ว 2.2 ม.5/5)
6. สืบค้นข้อมูลและอธิบายแรงโน้มถ่วงที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุต่างๆ ทั่วโลก (ว 2.2 ม.5/6)
7. สืบค้นข้อมูลและอธิบายแรงเสียดทานและแรงอ่อน (ว 2.2 ม.5/10)

การเผาไหม้เชื้อเพลิงทำให้จรวดเคลื่อนที่ขึ้นสู่อวกาศได้  
การเคลื่อนที่ของจรวดเกี่ยวข้องกับแรงอย่างไรบ้าง



# 1. การเคลื่อนที่แนวตรง



## แนวคิดสำคัญ

การเคลื่อนที่แนวตรงเป็นการเคลื่อนที่ใน 1 มิติ ทั้งในแนวระดับและแนวตั้ง วัตถุที่เคลื่อนที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว จะมีความเร่งเป็นศูนย์ ส่วนวัตถุที่มีเปลี่ยนแปลงความเร็วขณะเคลื่อนที่ แสดงว่า วัตถุนั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง และวัตถุที่เคลื่อนที่ในแนวตั้ง จะเรียกว่า การตกอย่างอิสระ เป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัวภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลก ซึ่งความเร่งโน้มถ่วงของโลกมีค่าประมาณ 9.8 เมตรต่อวินาที<sup>2</sup>



เราทราบได้อย่างไร  
ว่าวัตถุมีการเคลื่อนที่

**การเคลื่อนที่แนวตรง (linear motion)** เป็นการเคลื่อนที่ใน 1 มิติ การเคลื่อนที่แนวตรงที่เราพบเห็นในชีวิตประจำวัน เช่น การเคลื่อนที่ของรถยนต์บนถนนที่เป็นเส้นตรง การเดินบนทางตรง การตกของวัตถุในแนวตั้ง



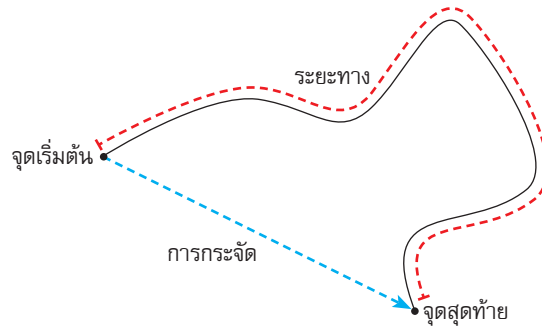
รูปที่ 1.1 การเคลื่อนที่ในแนวตรงที่พบได้ในชีวิตประจำวัน

ถ้าตำแหน่งของวัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น นักเรียนนั่งอยู่ในรถที่กำลังจอดติดสัญญาณไฟแดง เมื่อสัญญาณไฟเปลี่ยนเป็นสีเขียว รถของนักเรียนจะเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิม การอธิบายเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของรถคันนี้จะต้องเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของรถกับวัตถุอื่นที่อยู่หนึ่ง เช่น เปรียบเทียบกับป้ายจราจรเสาไฟฟ้า โดยวัตถุที่อยู่หนึ่งที่ใช้อ้างอิงตำแหน่ง เรียกว่า **จุดอ้างอิง** วัตถุที่มีตำแหน่งเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเปรียบเทียบกับจุดอ้างอิง แสดงว่า วัตถุนั้นเกิดการเคลื่อนที่

เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางใดๆ แสดงด้วยเส้นสีดำ ดังรูปที่ 1.2 ขนาดของเส้นทางหรือความยาวตามเส้นทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้จริงจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้าย ซึ่งแสดงด้วยเส้นประสีแดง เรียกว่า **ระยะทาง (distance : S)** เป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็น เมตร (m) และเวกเตอร์ที่เชื่อมโยงจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้ายของการเคลื่อนที่ ซึ่งแสดงด้วยเส้นประสีน้ำเงิน เรียกว่า **การกระจัด (displacement :  $\vec{S}$ )** เป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทั้งขนาดและทิศทาง มีหน่วยเป็น เมตร (m)



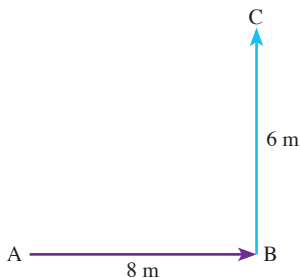
การเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับ  
ปริมาณใดบ้าง



รูปที่ 1.2 การกระจัดและระยะทางของการเคลื่อนที่ของวัตถุหนึ่ง

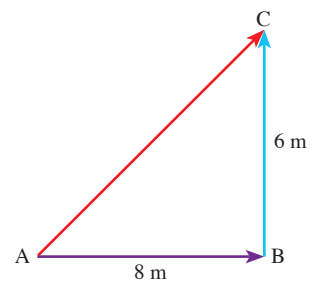
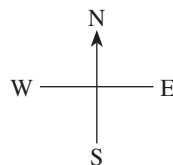
ในกรณีที่มีการเคลื่อนที่หลายๆ ช่วง วัตถุอาจมีการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ การพิจารณาระยะทางทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนตำแหน่ง จะนำเฉพาะขนาดของการเปลี่ยนตำแหน่งโดยไม่ต้องคำนึงถึงทิศทางมารวมกัน แต่สำหรับการกระจัดซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ การหาการกระจัดลัพธ์จะต้องนำทั้งขนาดและทิศทางของการกระจัดในแต่ละช่วงมารวมกันตามหลักการรวมเวกเตอร์

**ตัวอย่างที่ 1.1** วัตถุชิ้นหนึ่งเคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B และเคลื่อนที่ต่อไปยังจุด C ดังรูป จงหาระยะทางและการกระจัดในการเคลื่อนที่ของวัตถุนี้



**วิธีทำ** จากโจทย์ ระยะทางจะมีค่าเท่ากับ  
 $8 + 6 = 14$  เมตร

และการกระจัดมีค่าเท่ากับเส้นตรงที่สั้นที่สุดที่ลากจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้ายของการเคลื่อนที่ คือ ความยาวของเส้นตรง AC

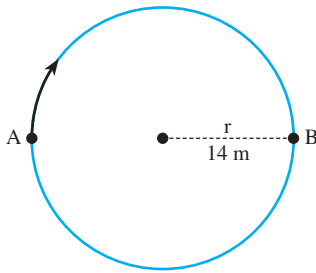


$$\begin{aligned} \text{จากทฤษฎีบทพีทาโกรัส} \quad AC^2 &= AB^2 + BC^2 \\ AC &= \sqrt{AB^2 + BC^2} \\ \text{ขนาดของการกระจัด} &= \sqrt{8^2 + 6^2} = \sqrt{100} \\ &= 10 \text{ เมตร ในทิศตะวันออกเฉียงไปทางเหนือ} \end{aligned}$$

ดังนั้น ระยะทางในการเคลื่อนที่ของวัตถุนี้เท่ากับ 14 เมตร และการกระจัดมีขนาดเท่ากับ 10 เมตร ในทิศตะวันออกเฉียงไปทางเหนือ

**ตอบ**

**ตัวอย่างที่ 1.2** วัตถุอันหนึ่งเคลื่อนที่เป็นวงกลมที่มีรัศมีความโค้งเท่ากับ 14 เมตร โดยเริ่มเคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B จงหาระยะทางและการกระจัดของการเคลื่อนที่นี้



**วิธีทำ** จากรูป หาระยะทางได้จาก

$$\begin{aligned} \text{ระยะทาง} &= \text{ครึ่งหนึ่งของความยาวเส้นรอบวงกลม} \\ &= \frac{2\pi r}{2} = \pi r \\ &= \frac{22}{7} \times 14 \\ &= 44 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\text{ขนาดของการกระจัด} = 2r = (2)(14) = 28 \text{ เมตร ในทิศไปทางขวา}$$

ดังนั้น ระยะทางของการเคลื่อนที่นี้เท่ากับ 44 เมตร และการกระจัดมีขนาดเท่ากับ 28 เมตร ในทิศไปทางขวา

**ตอบ**

## 1.1 อัตราเร็วและความเร็ว

เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ ปริมาณที่อธิบายเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ คือ อัตราเร็วและความเร็ว ซึ่งจะเป็นปริมาณที่บ่งบอกว่าวัตถุนั้นเคลื่อนที่เร็วหรือช้า สำหรับการเคลื่อนที่แนวตรงโดยไม่มีการเปลี่ยนทิศทาง ระยะทางและขนาดของการกระจัดจะมีค่าเท่ากัน เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ในแนวตรงของวัตถุด้วยระยะทางค่าหนึ่ง วัตถุที่ใช้เวลาในการเคลื่อนที่มาก แสดงว่าวัตถุนั้นเคลื่อนที่ช้า และวัตถุที่ใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อย แสดงว่าวัตถุนั้นเคลื่อนที่เร็ว

ดังนั้น ปริมาณที่จะบอกได้ว่าวัตถุเคลื่อนที่เร็วหรือช้า คือ **อัตราเร็ว (speed : v)** จัดเป็นปริมาณสเกลาร์ ซึ่งโดยทั่วไปเมื่อกล่าวถึงอัตราเร็วจะหมายถึงอัตราเร็วเฉลี่ย จากนิยามของอัตราเร็วคือ ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ไปในหนึ่งหน่วยเวลา จะสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\text{อัตราเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{ระยะทางในการเคลื่อนที่}}{\text{เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่}}$$

หรือ

$$v_{av} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

(1.1)

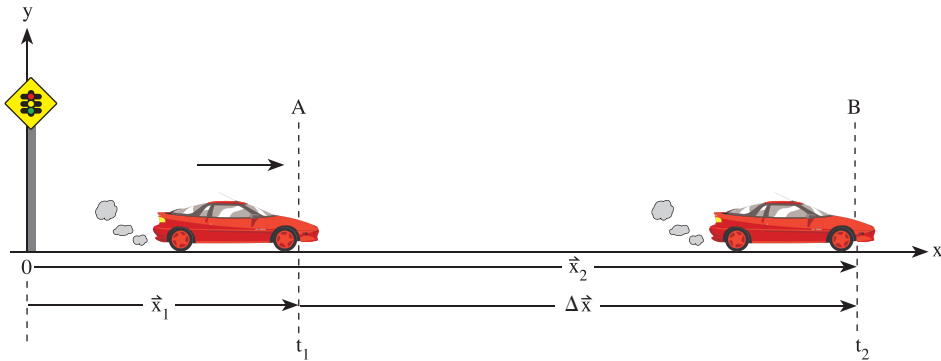
เมื่อ  $v_{av}$  คือ อัตราเร็วเฉลี่ย มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

$\Delta S$  คือ ระยะทางจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย มีหน่วยเป็น เมตร (m)

$\Delta t$  คือ เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย มีหน่วยเป็น วินาที (s)

อัตราเร็วเฉลี่ยเป็นปริมาณที่อธิบายถึงความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุเท่านั้น แต่ไม่ได้บอกถึงทิศทางในการเคลื่อนที่ของวัตถุ หากต้องการอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุให้ชัดเจนมากขึ้น อาจบอกทิศทางของการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วย การเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุที่คำนึงถึงทิศทางด้วยจะเรียกว่า **ความเร็ว (velocity :  $\vec{v}$ )** คือ การกระจัดที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s) เช่นเดียวกับอัตราเร็ว จัดเป็นปริมาณเวกเตอร์ ซึ่งมีทั้งขนาดและทิศทาง โดยทั่วไปความเร็วของวัตถุจะหมายถึง **ความเร็วเฉลี่ย (average velocity :  $\vec{v}_{av}$ )**

ให้นักเรียนพิจารณารูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 การเปลี่ยนตำแหน่งของรถยนต์จากจุด A ไปยังจุด B

จากรูปที่ 1.3 รถคันนี้เปลี่ยนตำแหน่งจากจุด A ที่เวลา  $t_1$  ไปยังจุด B ที่เวลา  $t_2$  เมื่อพิจารณาการกระจัดของรถยนต์เทียบกับจุดอ้างอิงบนพิกัดฉากจากจุด A ไปยังจุด B จะได้การกระจัดของรถมีค่าเท่ากับ  $\vec{x}_2 - \vec{x}_1 = \Delta\vec{x}$  และมีทิศไปทางขวามือ เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่ง คือ  $t_2 - t_1$  หรือ  $(\Delta t)$  จากนิยามของความเร็วข้างต้นสามารถหาความเร็วเฉลี่ยได้จากสมการ

$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{x}_2 - \vec{x}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t} \quad (1.2)$$

หรือเขียนเป็นสมการทั่วไปได้ว่า

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta\vec{S}}{\Delta t} \quad (1.3)$$

เมื่อ  $\vec{v}_{av}$  คือ ความเร็วเฉลี่ย มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

$\Delta\vec{S}$  คือ การกระจัดของวัตถุจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย มีหน่วยเป็น เมตร (m)

$\Delta t$  คือ เวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย มีหน่วยเป็น วินาที (s)

และเมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุช่วงเวลาสั้นๆ ความเร็วหรืออัตราเร็วของวัตถุจะเรียกว่า **ความเร็วขณะหนึ่ง** หรือ **อัตราเร็วขณะหนึ่ง** ถ้าในทุกช่วงเวลา วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วหรือขนาดของความเร็วเท่ากันตลอดทั้งการเคลื่อนที่ แสดงว่า วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว วัตถุจะมีอัตราเร็วขณะหนึ่งเท่ากับอัตราเร็วเฉลี่ย แต่ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วหรือความเร็วที่ไม่สม่ำเสมอ แสดงว่า วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง อัตราเร็วขณะหนึ่งของวัตถุอาจไม่เท่ากับอัตราเร็วเฉลี่ย

ค่าของอัตราเร็วเฉลี่ยจะทำให้ทราบลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุในช่วงเวลากว้างๆ จึงไม่สามารถอธิบายรายละเอียดในทุกขณะของการเคลื่อนที่ได้ แต่ในความเป็นจริง การเคลื่อนที่ของวัตถุแต่ละช่วงเวลาอาจมีอัตราเร็วสูงหรือต่ำกว่าอัตราเร็วเฉลี่ยก็ได้ ในบางกรณี การบอกอัตราเร็วของวัตถุด้วยอัตราเร็วเฉลี่ยเพียงอย่างเดียวจึงอาจไม่เหมาะสม เช่น ในการพยากรณ์อากาศเกี่ยวกับอัตราเร็วของลมมักจะบอกเป็นอัตราเร็วเฉลี่ย แต่ในความเป็นจริงแล้วอัตราเร็วขณะหนึ่งของลมจะไม่คงตัว ถ้าออกแบบสิ่งก่อสร้างต่างๆ ให้โครงสร้างต้านทานลมได้เท่ากับอัตราเร็วเฉลี่ยเมื่อลมพัดด้วยอัตราเร็วสูงกว่าอัตราเร็วเฉลี่ย สิ่งก่อสร้างนั้นจะไม่สามารถต้านทานแรงลมได้

## 1.2 ความเร่ง

ความเร่งเป็นปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความเร็ว เช่น การเคลื่อนที่ของรถยนต์ที่วิ่งด้วยความเร็วค่าหนึ่ง เมื่อถึงทางแยกที่สัญญาณไฟจราจรเปลี่ยนเป็นสีแดง คนขับรถจะต้องลดความเร็วลงจนกระทั่งรถหยุดนิ่ง และเมื่อสัญญาณไฟจราจรเปลี่ยนเป็นสีเขียว คนขับรถจะเร่งเครื่องยนต์เพื่อให้รถเคลื่อนที่อีกครั้ง ซึ่งความเร็วของรถจะเพิ่มขึ้น การเคลื่อนที่ที่มีการเปลี่ยนความเร็วในลักษณะนี้ จัดเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง เนื่องจากความเร็วของรถคันดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงขนาด คือ เคลื่อนที่เร็วขึ้น หรือช้าลง หรืออาจมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วทั้งขนาดและทิศทางหากรถคันนี้เลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวา

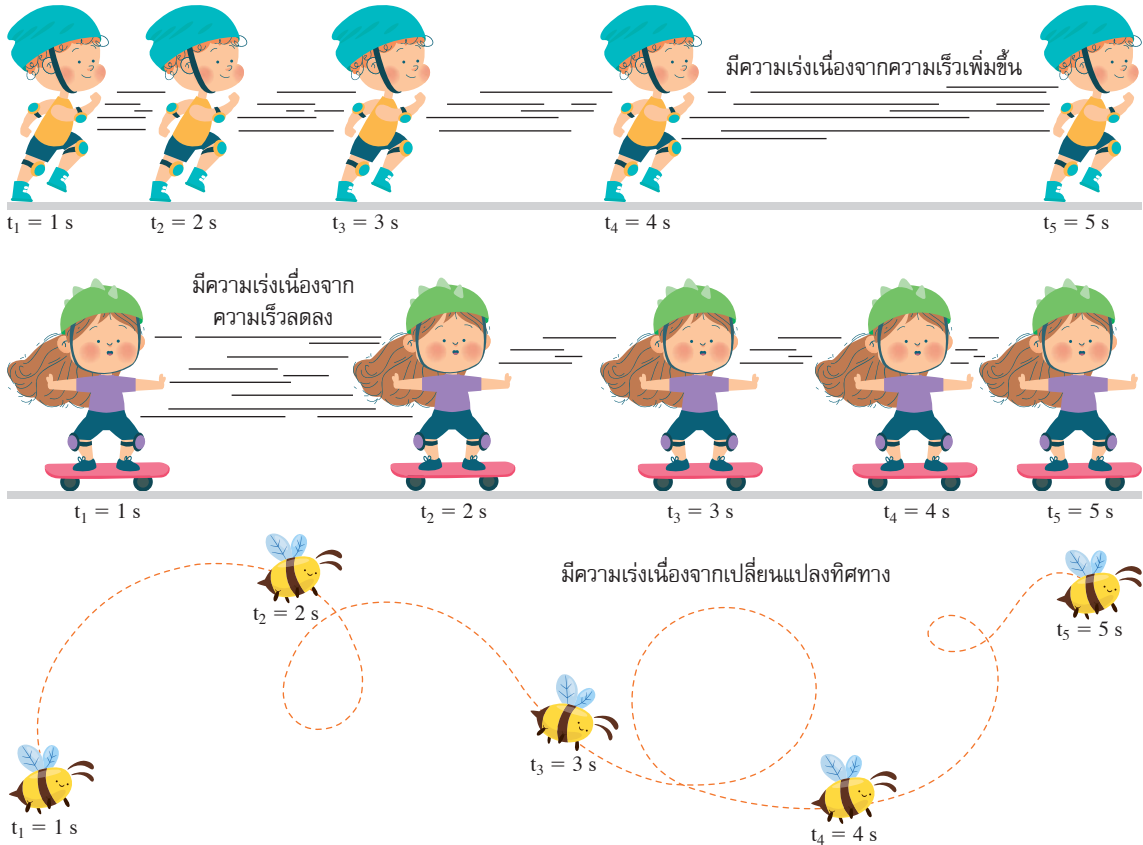
นิยามของ **ความเร่ง (acceleration :  $\vec{a}$ )** คือ ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไปในหนึ่งหน่วยเวลา การเปลี่ยนแปลงความเร็วนั้นอาจเปลี่ยนแปลงเฉพาะขนาดหรือทิศทาง หรืออาจเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดและทิศทางพร้อม ๆ กันก็ได้ เนื่องจากความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์จึงทำให้ความเร่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ด้วย มีสมการดังนี้

$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} \quad (1.4)$$

- เมื่อ  $\vec{a}_{av}$  คือ ความเร่งเฉลี่ย มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที<sup>2</sup> (m/s<sup>2</sup>)  
 $\Delta \vec{v}$  คือ การเปลี่ยนแปลงความเร็วหรือความเร็วที่เปลี่ยนไป มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)  
 $\Delta t$  คือ เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงความเร็ว มีหน่วยเป็น วินาที (s)  
 $v_1$  คือ ความเร็วเริ่มต้น มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)  
 $v_2$  คือ ความเร็วสุดท้าย มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

สำหรับการเคลื่อนที่แนวตรงหรือการเคลื่อนที่ใน 1 มิติ ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทาง หากความเร็วของวัตถุเปลี่ยนแปลง วัตถุนั้นจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง และสำหรับการเคลื่อนที่ที่ไม่เป็นเส้นตรง ความเร็วของวัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางหรืออาจเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดและทิศทาง วัตถุนั้นจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเช่นกัน ดังรูปที่ 1.4





รูปที่ 1.4 การเคลื่อนที่ด้วยความเร่งลักษณะต่างๆ

ดังนั้น วัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร่งอาจมีการเคลื่อนที่เร็วขึ้น ช้าลง หรือเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่ก็ได้ โดยถ้าวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วลดลงหรือเคลื่อนที่ช้าลง แสดงว่า วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเป็นลบ หรืออาจเรียกว่า **ความหน่วง (deceleration)**

ในเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง การคำนวณปริมาณเวกเตอร์ต่างๆ เช่น การกระจัด ความเร็ว ความเร่ง จะไม่ใส่เครื่องหมายเวกเตอร์ในสมการ เพราะเป็นการคำนวณขนาดของเวกเตอร์ ซึ่งโดยปกติมักจะมีการกำหนดทิศทางของเวกเตอร์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบในสมการ โดยกำหนดให้เวกเตอร์ที่มีทิศทางหนึ่งเป็นบวก เวกเตอร์อื่นที่มีทิศตรงข้ามกับเวกเตอร์ที่กำหนดไว้จะมีเครื่องหมายเป็นลบ

**ตัวอย่างที่ 1.3** รถคันหนึ่งวิ่งบนถนนตรงด้วยอัตราเร็วเฉลี่ย 10 เมตรต่อวินาที ได้ระยะทาง 100 เมตร แล้ววิ่งต่อไปด้วยอัตราเร็วเฉลี่ย 20 เมตรต่อวินาที ได้ระยะทาง 40 เมตร รถคันนี้มีอัตราเร็วเฉลี่ยเท่าไร ถ้าถือว่าช่วงที่เปลี่ยนความเร็วสั้นมาก

**วิธีทำ** จากโจทย์วาดภาพประกอบได้ดังนี้

