

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

ฟิสิกส์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1

เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ศึกษาเกี่ยวกับความเป็นมาของวิชาฟิสิกส์ ปริมาณกายภาพและหน่วยวัด การทดลองทางฟิสิกส์ การวิเคราะห์และการแปลความหมายข้อมูล การวัดและความไม่แน่นอนของการวัด เลขนัยสำคัญและการบันทึกผลการคำนวณ ปริมาณต่างๆ ของการเคลื่อนที่ การวัดอัตราเร็วและความเร็วของการเคลื่อนที่ในแนวตรง ความเร่ง กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่างๆ ของการเคลื่อนที่ในแนวตรง สมการสำหรับคำนวณปริมาณต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยความเร่งคงตัว แรง การหาแรงลัพธ์ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน น้ำหนัก กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน การนำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันไปประยุกต์ใช้ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และการเคลื่อนที่แบบวงกลม

โดยจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันควบคู่ไปกับคุณธรรมและจริยธรรม และมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ได้แก่ การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหา มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ พร้อมทั้งตระหนักว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้น และอธิบายการค้นหาคำความรู้ทางฟิสิกส์ ประวัติความเป็นมา รวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ ที่มีผลต่อการแสวงหาคำความรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี
2. วัดและรายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องเหมาะสม โดยนำความคลาดเคลื่อนในการวัดมาพิจารณาในการนำเสนอผล รวมทั้งแสดงผลการทดลองในรูปของกราฟ วิเคราะห์และแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง
3. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุ ในแนวตรงที่มีความเร่งคงตัวจากกราฟและสมการ รวมทั้งทดลองหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
4. ทดลองและอธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน
5. เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ ทดลอง และอธิบายกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
6. อธิบายกฎความโน้มถ่วงสากลและผลของสนามโน้มถ่วงที่ทำให้วัตถุมีน้ำหนัก รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
7. วิเคราะห์ อธิบาย และคำนวณแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่งๆ ในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่งและวัตถุเคลื่อนที่ รวมทั้งทดลองหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่งๆ และนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวัน
8. อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
9. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุ ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม

รวมทั้งหมด 9 ผลการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ฟิสิกส์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียง

ณัฐภัสสร เท่าเนตร

ผู้ตรวจ

รศ.มานัส มงคลสุข

ผศ.ปรีดา เพชรมีศรี

ดร.มรกต พุทธกาล

บรรณาธิการ

ศ. ดร.พิเชษฐ ลิ่มสุวรรณ

ฟลิคส์

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

ผู้ตรวจ รศ.มานัส มงคลสุข
ผศ.ปรีดา เพชรมีศรี
ดร.มรกต พุทธกาล

บรรณาธิการ ศ. ดร.พิเชษฐ ลัมสุวรรณ

ISBN 978-616-345-150-7

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใด
ของหนังสือเล่มนี้ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร



พิมพ์ที่ : บริษัท พิมพ์ดี จำกัด

คำชี้แจง

โดยหนังสือเรียนแต่ละหน่วยการเรียนรู้จะให้ใช้หนังสือเรียนได้ทราบเป้าหมายการเรียนรู้ ในตอนต้นหน่วยการเรียนรู้ จากสาระการเรียนรู้และตัวชี้วัดชั้นปี และทุกหัวข้อหลักจะนำเสนอแนวคิดสำคัญเพื่อให้ทราบถึงสิ่งที่เป็นความรู้ ความคิดที่เป็นแก่นสำคัญที่ต้องเรียนรู้ให้ลึกซึ้ง และการเรียนรู้ที่ดี ผู้เรียนควรได้ตรวจสอบความเข้าใจเป็นระยะ ๆ ก่อนเรียนเรื่องใหม่ ดังนั้น ในหนังสือเรียนจะมีการสอดแทรกกิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับเรื่องที่เรียนผ่านมา เพื่อให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบ

ตนเอง หรือบางหัวข้ออาจเป็นการฝึกทักษะให้ชำนาญก่อน สิ่งเพิ่มเติมในหนังสือเรียนเล่มนี้ คือ กิจกรรมบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ (STEM) ตามเป้าหมายสำคัญของการปรับหลักสูตรครั้งนี้ ซึ่งผู้เรียนและผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์หรือดัดแปลงให้เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนและผู้เรียน การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารและสารสนเทศ (ICT) เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติม ดังนั้นในหนังสือเรียนเล่มนี้จึงได้มีการเสริมเนื้อหาเพิ่มเติมที่ได้ผ่านการคัดกรองมาแล้วว่าเหมาะสมกับการเรียนรู้ แทรกไว้ในเนื้อหาบางหน่วย โดยใช้สัญลักษณ์



ผู้เรียนสามารถใช้ส마트โฟนสแกน QR Code หรือเปิดในเว็บไซต์ MACEducation.com เพื่อเข้าเมนู การศึกษาขั้นพื้นฐาน >>> MAC iLink และเลือกเปิดดูส่วนเสริมของบทเรียนในหนังสือเรียนแต่ละเล่มได้ ท้ายหน่วยการเรียนรู้ทุกหน่วยจะมีการสรุปบทเรียนสำหรับผู้เรียนได้ใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการตรวจสอบองค์ความรู้ที่ควรได้รับการพัฒนาหลังจากเสร็จสิ้นการเรียนรู้ หรือเป็นสาระสำคัญที่ควรจดจำและทำความเข้าใจให้ถ่องแท้ ซึ่งนับว่าเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งในการปรับปรุงหนังสือเรียนครั้งนี้ที่ได้พัฒนาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

บริษัท แม็คเอดูเคชัน จำกัด หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนเล่มนี้จะมีคุณค่า มีประโยชน์ และช่วยส่งเสริมการปฏิรูปการศึกษา เพื่อเป็นรากฐานสำคัญที่จะช่วยให้ประเทศไทยก้าวสู่ประเทศที่มีการพัฒนาอย่างยั่งยืน ด้วยการมีพลเมืองที่มีคุณภาพ มีความคิดสร้างสรรค์ ตามเจตนารมณ์ของการปรับปรุงหลักสูตรครั้งนี้ และนโยบายประเทศไทย 4.0

บริษัท แม็คเอดูเคชัน จำกัด

คำนำ

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1 ได้พัฒนาและปรับทั้งเนื้อหา กิจกรรมการทดลอง ภาพประกอบ กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมสะเต็มศึกษา และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ให้ตรงตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ผู้เรียบเรียงได้ศึกษาผลการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ และแนวทางในการวัดและประเมินผล นำมาจัดทำโครงสร้างสำหรับหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยเลือกเนื้อหา กระบวนการเรียนการสอน การทำกิจกรรม ทักษะการคิดการวัดผลและประเมินผล ผ่านการนำเสนอด้วยการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Active Learning) ที่เหมาะสมกับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ เข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการสำรวจตรวจสอบข้อมูล การคิดแก้ปัญหา ตลอดจนการเสริมสร้างจิตวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญ ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่จะต้องนำความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มาบูรณาการเพื่อหาคำตอบ หรือพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาและการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นคำตอบของการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

หนังสือเรียนเล่มนี้ประกอบด้วย 4 หน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยการเรียนรู้ได้สรุปสาระการเรียนรู้ ระบุผลการเรียนรู้ มีภาพและคำถามนำเข้าสู่เรียน แนวคิดหลักของหน่วยการเรียนรู้ แนวคิดสำคัญของแต่ละเรื่อง กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ กิจกรรมสะเต็มศึกษา บทสรุปเนื้อหา และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เพื่อเป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนตามแนวปฏิรูปการศึกษา และมีคุณภาพตรงตามผลการเรียนรู้ หากมีข้อบกพร่องประการใด ผู้เรียบเรียงขอน้อมรับคำแนะนำด้วยความขอบคุณยิ่ง

ณัฐกัสน์ เหล่าเนตร

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ธรรมชาติของวิชาฟิสิกส์

1. ความเป็นมาของวิชาฟิสิกส์	2
2. ปริมาณกายภาพและหน่วยวัด	7
3. การทดลองทางฟิสิกส์ การวิเคราะห์ และการแปลความหมายข้อมูล	13
4. การวัดและความไม่แน่นอนของการวัด	20
5. เลขนัยสำคัญและการบันทึกผลการคำนวณ	32
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	39

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การเคลื่อนที่แนวตรง

1. ปริมาณต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่	42
2. การวัดอัตราเร็วและความเร็วของการเคลื่อนที่ในแนวตรง	56
3. ความเร่ง	59
4. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่ในแนวตรง	69
4.1 กราฟการกระจัดกับเวลา	69
4.2 กราฟความเร็วกับเวลา	71
4.3 กราฟความเร่งกับเวลา	73
5. สมการสำหรับคำนวณปริมาณต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยความเร่งคงตัว	78
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	86

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

1. แรง	91
2. การหาแรงลัพธ์	94
3. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	103
3.1 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	104
3.2 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน	109
3.3 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	116

4. น้ำหนัก	120
5. กฎความโน้มถ่วงสากล	122
5.1 สนามโน้มถ่วงของโลก	125
5.2 สภาพไร้น้ำหนัก	129
6. แรงเสียดทาน	131
7. การนำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันไปประยุกต์ใช้	139
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	148

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 การเคลื่อนที่ใน 2 มิติ

1. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	153
1.1 การเคลื่อนที่ในแนวระดับและแนวตั้ง	157
1.2 วัตถุที่มีความเร็วเริ่มต้นทำมุมกับแนวระดับ	161
2. การเคลื่อนที่แบบวงกลม	168
2.1 ความเร่งสู่ศูนย์กลาง	175
2.2 การเคลื่อนที่บนทางโค้ง	180
2.3 การเคลื่อนที่ของดาวเทียม	185
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	191

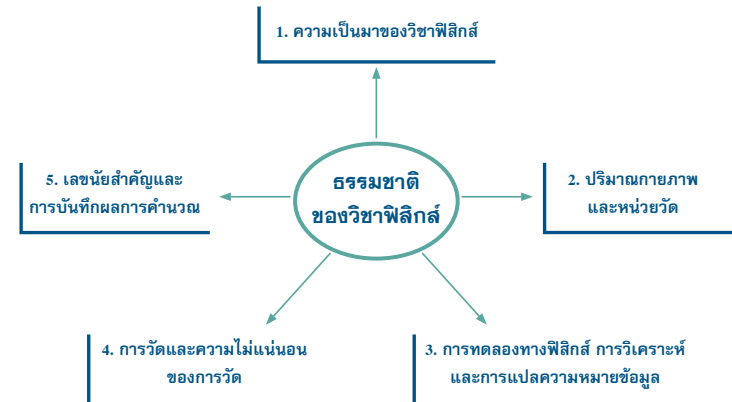
บรรณานุกรม

ดัชนี

194

196

ธรรมชาติของวิชาฟิสิกส์



ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นและอธิบายการค้นหาคำรู้ทางฟิสิกส์ ประวัติความเป็นมา รวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี
2. วัดและรายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องเหมาะสม โดยนำความคลาดเคลื่อนในการวัดมาพิจารณาในการนำเสนอผล รวมทั้งแสดงผลการทดลองในรูปของกราฟ วิเคราะห์และแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง

ฟิสิกส์คืออะไร เกี่ยวข้องกับสิ่งใดในชีวิตประจำวันบ้าง



แนวคิดหลัก

ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาหาหลักฐาน กฎ หลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ เช่น การวัด ซึ่งการวัดปริมาณต่าง ๆ จะประกอบด้วยค่าที่เป็นตัวเลขและหน่วย โดยหน่วยที่เป็นมาตรฐานสากล คือ หน่วยในระบบเอสไอ ส่วนตัวเลขจากผลการวัดจะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น จึงต้องเลือกใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมและบันทึกผลการวัดโดยใช้หลักการของเลขนัยสำคัญ เพื่อให้ผลการวัดมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด

1. ความเป็นมาของวิชาฟิสิกส์



แนวคิดสำคัญ

ความสงสัยและอยากรู้อยากเห็นเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาความรู้จากการสังเกต การบันทึกข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล จนกระทั่งสรุปเป็นความรู้และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่าง ๆ ทำให้เกิดกฎและทฤษฎีต่าง ๆ ขึ้นมากมาย

ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ในธรรมชาติหรือสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัว ซึ่งใช้การวัดและการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกายภาพ แล้วสรุปเป็นหลักการ ทฤษฎี หรือกฎ นำไปสู่การสร้างเครื่องมือ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีต่าง ๆ

การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผลมาจากการสังเกต การรวบรวมข้อมูล การทดลองและการคิดค้นหาเหตุผลของมนุษย์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในอดีตส่วนใหญ่ได้จากการสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัว ความอยากรู้อยากเห็น ความฉลาด ความคิด และสติปัญญาของมนุษย์ ทำให้เกิดข้อสงสัยหรือครุ่นคิดที่จะตอบคำถามเมื่อมีปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ เกิดขึ้นเริ่มตั้งแต่คำถามง่าย ๆ คือ มีสิ่งใดเกิดขึ้น สิ่งนั้นเกิดขึ้นที่ไหน และเกิดขึ้นเมื่อไร ไปจนถึงคำถามยากขึ้น คือ เหตุใดปรากฏการณ์นั้นจึงเกิดขึ้นและเกิดขึ้นได้อย่างไร

จากการสังเกต การคิด ไตร่ตรอง และใช้วิธีการอย่างเป็นระบบในการหาคำอธิบายอย่างเป็นเหตุเป็นผล ทำให้ต้องมีความรู้มากขึ้น และความพิเศษของมนุษย์ คือ ความสามารถในการบันทึกหรือถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้ค้นพบไปยังคนรุ่นต่อ ๆ ไป มีผลให้เกิดองค์ความรู้ใหม่และการประดิษฐ์คิดค้นสิ่งใหม่ต่อยอดจากคนรุ่นก่อน ๆ

สะสมเพิ่มพูนมากขึ้นและต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน โดยวิชาฟิสิกส์จัดเป็นวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งซึ่งมีบทบาทต่อการพัฒนาความรู้ของมนุษย์เป็นอย่างมาก ดังนั้นนักเรียนควรทราบลักษณะสำคัญของวิชาฟิสิกส์โดยภาพรวมก่อนที่จะเรียนรู้เนื้อหาอื่น ๆ ของวิชาฟิสิกส์

จุดเริ่มต้นของการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการที่มนุษย์สังเกตเห็นปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ เช่น กลางวัน กลางคืน ภูเขาไฟระเบิด ดาวตก พายุ พายุร้อน พายุฝน รุ้งกินน้ำ มนุษย์ในสมัยโบราณเชื่อว่าปรากฏการณ์ธรรมชาติเป็นฝีมือของเทพเจ้าหรือภูติผีปิศาจ แต่การพยายามหาคำตอบในสิ่งที่เกิดขึ้นนั้นเป็นธรรมชาติของมนุษย์ที่ต้องการทราบถึงสิ่งต่าง ๆ ที่ยังอธิบายไม่ได้



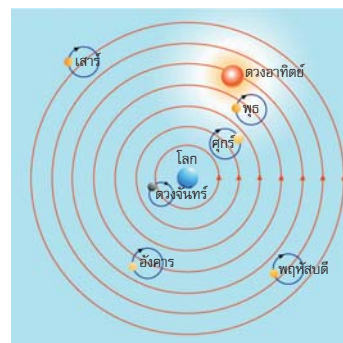
ก. พายุฟ้า

ข. รุ้งกินน้ำ

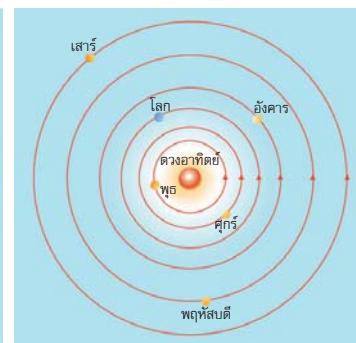
ค. สุริยุปราคา

รูปที่ 1.1 ปรากฏการณ์ธรรมชาติ

การสังเกตและบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างมีหลักเกณฑ์ได้ถูกนำมาใช้ในเวลาต่อมาดังนี้ ชาวอียิปต์โบราณศึกษาเกี่ยวกับฤดูกาลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลก โดเพอรินิคัสบรรยายการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ต่าง ๆ โดยเสนอว่า ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ เคปเลอร์สังเกตและบันทึกข้อมูลพร้อมศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการโคจรของดาวเคราะห์ จนสามารถสรุปเป็นกฎเกณฑ์ในเชิงคณิตศาสตร์ได้ใหม่ที่สุด



รูปที่ 1.2 ลักษณะของจักรวาลซึ่งมีโลกเป็นศูนย์กลางของจักรวาลตามความคิดของทอเลมี



รูปที่ 1.3 ลักษณะของจักรวาลซึ่งมีดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางตามความคิดของโคเพอร์นิคัส

จากการสังเกตและบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ธรรมชาติในยุคสมัยที่ผ่านมานี้ ได้ทำให้เกิดการพัฒนาความรู้ต่อเนื่องมาเรื่อย ๆ โดยเริ่มตั้งแต่ศตวรรษที่ 16 ได้มีการพัฒนาด้านการเขียนตำราอย่างกว้างขวางและรวดเร็วเมื่อสามารถประดิษฐ์เครื่องพิมพ์ได้ รวมถึงการประสานร่วมมือกันระหว่างนักวิทยาศาสตร์

ที่อยู่ในอีกโลกตะวันออกก็กลับโลกตะวันตก ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันอย่างกว้างขวาง ตัวอย่างของบุคคลในยุคนั้น เช่น เลโอนาร์โด ดา วินชี (Leonardo da Vinci) นิโคลัส โคเปอร์นิคัส (Nicolaus Copernicus) และวิทยาศาสตร์ในยุคปัจจุบันเริ่มต้นเมื่อช่วงต้นศตวรรษที่ 17 โดยมีนักวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ เช่น กาลิเลโอ กาลิเลอี (Galileo Galilei) โยฮันเนส เคปเลอร์ (Johannes Kepler) เซอร์ไอแซก นิวตัน (Sir Isaac Newton) คาโรลัส ลินเนียส (Carolus Linnaeus) และในช่วงศตวรรษที่ 17-19 มีการค้นพบที่เป็นรากฐานทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญให้กับยุคปัจจุบัน เนื่องจากความก้าวหน้าและการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์เป็นไปอย่างรวดเร็วและกว้างขวางทุกวิชา การค้นคว้าทดลอง การประดิษฐ์สิ่งใหม่ ๆ เกิดให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก โดยเฉพาะในศตวรรษที่ 20 ซึ่งถือเป็นยุคปฏิวัติทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยถือเป็นการบุกเบิก และมีการนำเอ็กซเรย์ (X-ray) การค้นพบกัมมันตภาพรังสี การค้นพบเทคโนโลยีสัมพัทธภาพ สิ่งเหล่านี้เป็นรากฐานสำคัญที่ทำให้มนุษย์เดินทางออกสู่อวกาศได้และแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ ในเอกภพ จนกระทั่งปัจจุบันนี้โลกได้เข้าสู่ศตวรรษที่ 21 นักเรียนจะเห็นการพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และการค้นพบใหม่ ๆ มากมาย ทั้งการนำระบบไอซีที (ICT) มาใช้ในการศึกษาเรียนรู้ ทำให้เกิดการพัฒนาด้านการสื่อสารที่ไร้พรมแดน ทำให้การพัฒนาความรู้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว การค้นพบเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น ตัวแทนเทคโนโลยีชีวภาพและการแพทย์ มีการคิดค้นสร้างเม็ดเลือดขนาดเล็กที่ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์และกล้องโทรทัศน์ที่สามารถสร้างร่างกายในร่างายมนุษย์ได้คล้ายกับเรือดำนํ้าที่สำรวจมหาสมุทร ภาพของอวัยวะในร่างกายจะถูกส่งออกมาให้เห็นได้อย่างชัดเจน ในเม็ดแคปซูลอาจติดต่อกับอุปกรณ์รักษาโรคด้วย เช่น การรักษาริดเคมเร็งในอวัยวะที่สำคัญหรือเป็นบริเวณที่ฉายรังสีได้ยาก โดยการบรรจุรังสีในเม็ดแคปซูลไปด้วยแล้วแคปซูลจะปล่อยรังสีบริเวณเซลล์ที่ผิดปกติ ช่วยให้การฉายรังสีตรงและไม่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

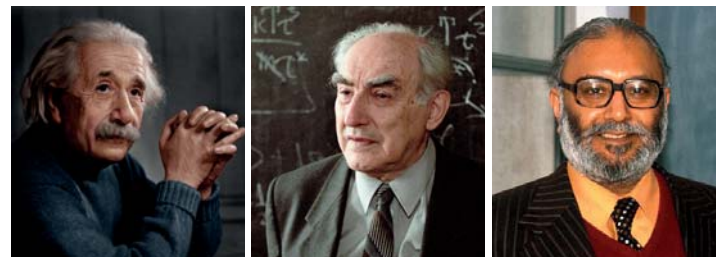
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีการพัฒนาขึ้นจากการสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างมีหลักการ การบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติซึ่งต้องอาศัยหลักฐานและข้อมูลที่น่าเชื่อถือ แล้ววิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยใช้ศาสตร์ต่าง ๆ อย่างบูรณาการ เพื่อสรุปเป็นความรู้และนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดการพัฒนาและสร้างเทคโนโลยีใหม่ ๆ ขึ้นได้อย่างมากมาย

จากการพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้าขึ้น **ฟิสิกส์ (Physics)** เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและความสัมพันธ์ระหว่างสสารกับพลังงาน ความรู้ทางฟิสิกส์เป็นพื้นฐานสำคัญที่ใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยีในทุก ๆ ด้าน เพื่ออำนวยความสะดวกและคุณภาพชีวิต เช่น การนำความรู้ด้านแม่เหล็กไฟฟ้าไปใช้ในการประดิษฐ์เครื่องใช้ต่าง ๆ การนำความรู้ทางอุณหพลศาสตร์ไปใช้ในการพัฒนาเครื่องจักรกลและยานพาหนะ การนำความรู้เรื่องกลศาสตร์ควอนตัมไปใช้ในการพัฒนากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน



รูปที่ 1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกิดจากความร้ทางฟิสิกส์

ในปัจจุบัน วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่สืบทอดกว้างขวาง โดยอาจแบ่งเป็นสาขาย่อยหลายสาขา เช่น กลศาสตร์ ฟิสิกส์อนุภาค ฟิสิกส์อะตอม ทัศนศาสตร์ ฟิสิกส์ดาราศาสตร์ พลศาสตร์ ฟิสิกส์ของไหล นอกจากนี้ยังแบ่งการทำงานของนักฟิสิกส์ได้อีก 2 แนวทาง คือ นักฟิสิกส์ทฤษฎีและนักฟิสิกส์การทดลอง โดยงานของนักฟิสิกส์ทฤษฎีจะเกี่ยวข้องกับการพัฒนาทฤษฎีใหม่ การแก้ไขทฤษฎีเดิม หรือการอธิบายการทดลองใหม่ ๆ ในขณะที่นักฟิสิกส์การทดลองจะเกี่ยวข้องกับการทดสอบทฤษฎีที่นักฟิสิกส์ทฤษฎีสร้างขึ้น การตรวจทดสอบการทดลองที่เคยมีทดลองไว้ หรือแม้แต่การพัฒนากการทดลองเพื่อหาผลทางกายภาพใหม่ ๆ

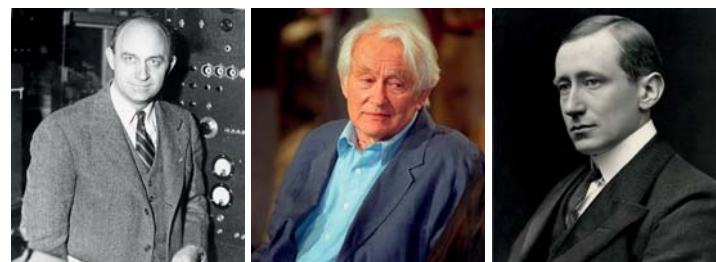


แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein)

วิทาลี กิ้นซ์เบิร์ก (Vitaly Ginzburg)

อับดุลส์ ซาลาม (Abdus Salam)

รูปที่ 1.5 นักฟิสิกส์ทฤษฎี



เอนรีโก แฟร์มี (Enrico Fermi)

ชอร์ช ชาร์ปาค (Georges Charpak

กกลีเอลโม มาร์โคนี (Guglielmo Marconi)

รูปที่ 1.6 นักฟิสิกส์การทดลอง

ขอบเขตของวิชาฟิสิกส์ภาคปฏิบัติจะขึ้นอยู่กับขีดจำกัดของการสังเกตและประสิทธิภาพของเครื่องมือวัด ถ้าเทคโนโลยีของเครื่องมือวัดพัฒนามากขึ้น ข้อมูลที่ได้จะมีควาละเอียดและถูกต้องมากขึ้น ทำให้ขอบเขตของวิชาฟิสิกส์ขยายออกไปมากขึ้น ข้อมูลที่ได้ให้เอาไม่สอดคล้องกับสิ่งที่ถูกปฏิบัติและกฎเดิมที่ทำนายไว้ ทำให้เกิดการพัฒนาคำรู้โดยการสร้างทฤษฎีใหม่ภายใต้หลักฐานหรือประจักษ์พยานใหม่ ซึ่งเป็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามหลักฐานหรือข้อพิจารณาค้นพบใหม่ แต่ความรู้นี้เดิมที่มีอยู่ยังคงมีความสำคัญเพื่อแสดงให้เห็นถึงความเป็นมาของการศึกษาเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งนั้น



ข้อมูลต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์
รุ่นก่อนบันทึกไว้และถ่ายทอด
ต่อกันมา ส่งผลต่อการพัฒนาความรู้
ทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างไร

การบันทึกข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญ
อย่างมากต่อความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์ ดังนั้น
นักวิทยาศาสตร์จะต้องมีความซื่อสัตย์และตรงไปตรงมาใน
การบันทึกข้อมูล เพื่อให้ให้นักวิทยาศาสตร์รุ่นต่อไปสามารถ
นำข้อมูลเหล่านั้นมาศึกษาและต่อยอดได้ การบันทึกข้อมูล
ทางวิทยาศาสตร์ควรยึดหลักดังนี้

1. บันทึกข้อมูลด้วยความรอบคอบและซื่อสัตย์
2. บันทึกวิธีการที่ใช้สังเกตเหตุการณ์
3. บันทึกเครื่องมือที่ใช้ขณะที่ทำการสังเกตเหตุการณ์
4. บันทึกตัวแปรต่าง ๆ ในขณะทำการสังเกตเหตุการณ์

ดังนั้น ความอยากรู้อยากเห็นและความช่างสังเกต
เป็นพฤติกรรมของมนุษย์ที่ก่อให้เกิดการศึกษาธรรมชาติ
ที่อยู่รอบตัวด้วยวิธีการต่าง ๆ จึงเป็นที่มาของวิชาฟิสิกส์
ความก้าวหน้าด้านฟิสิกส์เป็นผลมาจากการบันทึกข้อมูล
ของนักฟิสิกส์จากรุ่นสู่รุ่น นักเรียนคิดว่า การบันทึกข้อมูล
ที่ได้จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างไร

หากข้อมูลเหล่านั้นเป็นข้อมูลที่
ขาดความถูกต้อง นักเรียนคิดว่า
ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร



กล่าวได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นได้จาก 2 แนวทาง คือ แนวทางที่หนึ่งได้จากการสังเกต
การบันทึก การทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุป และแนวทางที่สองได้จากการสร้างแบบจำลองจากความคิด
อย่างมีเหตุผล ซึ่งอาจแหวกแนวจากความรู้เก่าและเป็นที่ยอมรับในขณะนั้น ซึ่งไม่ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะมาจาก
แนวทางใดก็ตาม ล้วนมีความสำคัญต่อความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาการต่าง ๆ ไม่แตกต่างกัน โดยเฉพาะ
อย่างยิ่งความรู้ในด้านฟิสิกส์ ซึ่งเป็นศาสตร์ทางกายภาพและเป็นวิชาที่มุ่งเสาะหากฎเกณฑ์ต่าง ๆ เพื่ออธิบาย
ปรากฏการณ์ธรรมชาติ ประกอบด้วยทฤษฎีหลายทฤษฎีที่ต้องอาศัยคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญ และความรู้
ทางฟิสิกส์สามารถนำไปใช้ร่วมกับความรู้ในสาขาอื่นได้มากมาย ไม่ว่าจะเป็นในวิชาเคมี ความรู้ทางฟิสิกส์นำไป
อธิบายเกี่ยวกับปฏิกิริยาในระดับโมเลกุลและอะตอมรวมถึงพันธะเคมีได้เป็นอย่างดี ในวิชาชีววิทยา ความรู้ด้านฟิสิกส์
และเคมีช่วยให้เข้าใจระบบและกระบวนการทำงานในร่างกายของสิ่งมีชีวิต ในวิชาคอมพิวเตอร์ ความรู้ด้านฟิสิกส์
ช่วยให้สามารถสร้างไมโครโพรเซสเซอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของคอมพิวเตอร์
ดังนั้น นักเรียนจะเห็นได้ว่าความรู้ด้านฟิสิกส์นั้นมีความเชื่อมโยงและสัมพันธ์กับศาสตร์แขนงต่าง ๆ ซึ่งสามารถ
นำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างเทคโนโลยีที่เป็นประโยชน์ ช่วยให้มนุษย์ได้รับความสะดวกสบาย ตั้งแต่สิ่งเล็กๆน้อยๆ
ในระดับนาโนไปจนถึงสิ่งที่ใหญ่โต เช่น ยานอวกาศ ดาวเทียมต่าง ๆ ทั้งการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้จะต้อง
คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่จะตามมาด้วย ไม่ว่าจะเป็นการเกิดภาวะโลกร้อน การทำลายสมดุลของธรรมชาติ
รวมถึงการใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลือง



กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.1

จับตอบคำถามต่อไปนี้

1. เหตุใดจึงมีความเชื่อที่ว่า การสังเกตและการบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ธรรมชาติตั้งแต่สมัยโบราณสืบต่อกันมา ทำให้เกิดการพัฒนาคำรู้ต่าง ๆ โดยเฉพาะด้านวิทยาศาสตร์
2. คนไทยโบราณมีคำอธิบายเกี่ยวกับการเกิดจันทรุปราคาและสุริยุปราคาอย่างไร แตกต่างจากปัจจุบันหรือไม่ อย่างไร
3. การศึกษาเกี่ยวกับจักรวาลของนักวิทยาศาสตร์ในยุคก่อน เช่น จักรวาลตามความคิดของทอเลมี ได้เสนอและบันทึกไว้ว่าโลกที่มีน้ำ อากาศ และไฟเป็นศูนย์กลางของจักรวาล ในเวลาต่อมาโคเปอร์นิคัส ได้ศึกษารวบรวมข้อมูลจากนักวิทยาศาสตร์รุ่นก่อน แล้วเสนอว่าจักรวาลมีดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลาง นักเรียนคิดว่า เหตุใดนักวิทยาศาสตร์จึงไม่ลบล้างแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับจักรวาลที่ทอเลมีเสนอไว้ทิ้งไป แต่ยังคงกล่าวถึงในตำราต่าง ๆ อยู่เสมอ
4. นักเรียนคิดเห็นอย่างไรกับคำกล่าวที่ว่า “ความรู้ทางฟิสิกส์เป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี”

2. ปริมาณกายภาพและหน่วยวัด



แนวคิดสำคัญ

ปริมาณทางฟิสิกส์สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือทั้งทางตรงและทางอ้อม มีความหมายเฉพาะเจาะจงอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น มวล ปริมาตร น้ำหนัก ความเร็ว แรง กระแสไฟฟ้า จะประกอบด้วยค่าที่วัดได้และหน่วยในการวัด เช่น มวลอาจมีหน่วยเป็นกิโลกรัม กรัม กิโลกรัม หรือปอนด์ เพื่อให้การใช้หน่วยเป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วโลกจึงได้กำหนดระบบหน่วยมาตรฐาน เรียกว่า ระบบเอสไอ ประกอบด้วยหน่วยฐานจำนวน 7 หน่วย ได้แก่ เมตร กิโลกรัม วินาที แอมแปร์ เคลวิน โมล และแคนเดลา หน่วยอนุพัทธ์เป็นหน่วยที่สร้างขึ้นจากหน่วยฐาน เช่น นิวตัน เกิดจากหน่วยฐานกิโลกรัม-เมตร/วินาที² และหน่วยเสริมที่ใช้วัดมุม คือ เติเดียนและดีเรเดียน นอกจากนี้ในระบบเอสไอยังมีการกำหนดตัวนำหน้าหน่วย เพื่อให้หน่วยเล็กลงหรือใหญ่ขึ้น เช่น นาโน ไมโคร กิโล เมกะ



นักเรียนทราบแล้วว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาได้อย่างไรและการศึกษาทางฟิสิกส์นั้นจะเน้นข้อมูลที่ได้จากการทดลองและการใช้เครื่องมือวัด มีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบเพื่อนำมาวิเคราะห์และแปลความหมาย แล้วสรุปเป็นองค์ความรู้ จากนั้นจึงนำออกมาเผยแพร่ ถ้าเป็นที่ยอมรับก็จะนำไปสู่การสรุปเป็นทฤษฎีและกฎต่อไป ดังนั้นในการทดลองจำเป็นอย่างยิ่งที่เครื่องมือวัดจะต้องให้ข้อมูลอย่างละเอียดและแม่นยำ ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษานั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณ

1. **ข้อมูลเชิงคุณภาพ (qualitative data)** เป็นข้อมูลที่ไม่มีขนาดและไม่สามารถวัดออกมาได้ เป็นสิ่งที่ได้จากการสังเกต รับรู้ และการสัมผัสเท่านั้น เช่น สี กลิ่น รส

2. **ข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative data)** เป็นข้อมูลที่สามารถวัดได้เป็นตัวเลข เช่น อุณหภูมิ ระยะทาง เวลา น้ำหนัก ซึ่งก็ต้องมีเครื่องมือในการวัดที่เป็นมาตรฐานสากลจึงจะนำสิ่งนี้มาเปรียบเทียบกันได้

ข้อมูลเชิงปริมาณสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งส่วนใหญ่นักเรียนจะพบเห็นได้จากทฤษฎีและกฎทางฟิสิกส์ที่ได้จากการทดลอง เช่น กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎของโอห์ม ทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์ เรียกปริมาณเหล่านี้ว่า **ปริมาณกายภาพ (physical quantity)** ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับหน่วยวัด เพราะหากไม่ระบุหน่วยวัดจะสื่อความหมายได้ไม่ชัดเจน ในสมัยก่อนหน่วยที่ใช้กำกับปริมาณต่าง ๆ มีหลายระบบ เช่น ระบบอังกฤษ ระบบเมตริก ระบบของไทย ทำให้ไม่เป็นมาตรฐานเดียวกัน จึงได้มีการกำหนดให้ใช้หน่วยมาตรฐานที่เรียกว่า **ระบบหน่วยระหว่างชาติ (The International System of Units)** หรือ **ระบบเอสไอ (SI units)** เพื่อใช้เป็นมาตรฐานกลางในการวัดทางวิทยาศาสตร์

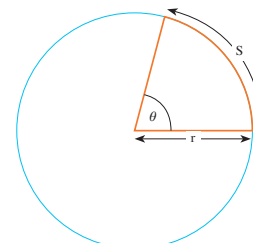
การระบุหน่วยวัดที่มาตรฐานและเป็นที่ยอมรับจะทำให้ผลการศึกษามีความเป็นสากลและนำไปเปรียบเทียบหรือใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง โดยระบบหน่วยเอสไอจะประกอบด้วยหน่วยฐาน หน่วยเสริม และหน่วยอนุพัทธ์ดังนี้

1. **หน่วยฐาน (base units)** เป็นหน่วยหลักของระบบเอสไอประกอบด้วยหน่วย 7 หน่วย ดังตารางที่ 1.1

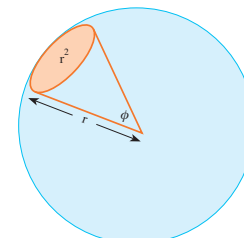
ตารางที่ 1.1 ชื่อและสัญลักษณ์ของหน่วยฐาน

ปริมาณฐาน	หน่วย	สัญลักษณ์
ความยาว (length)	เมตร (metre)	m
มวล (mass)	กิโลกรัม (kilogram)	kg
เวลา (time)	วินาที (second)	s
กระแสไฟฟ้า (electric current)	แอมแปร์ (ampere)	A
อุณหภูมิอุณหพลวัต (thermodynamic temperature)	เคลวิน (kelvin)	K
ปริมาณของสาร (amount of substance)	โมล (mole)	mol
ความเข้มของการส่องสว่าง (luminous intensity)	แคนเดลา (candela)	cd

2. **หน่วยเสริม (supplementary units)** มี 2 หน่วย คือ เรเดียน (radian : rad) เป็นหน่วยวัดมุมในระนาบ โดย 1 เรเดียน คือ มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลมที่รองรับความยาวส่วนโค้งที่มีความยาวเท่ากับรัศมี และสเตอเรเดียน (steradian : sr) เป็นหน่วยวัดมุมตัน โดย 1 สเตอเรเดียน คือ มุมที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมที่รองรับพื้นที่ผิวของทรงกลมที่มีขนาดเท่ากับรัศมีของทรงกลมยกกำลังสอง



รูปที่ 1.7 การวัดมุมในระนาบ



รูปที่ 1.8 การวัดมุมตัน

3. **หน่วยอนุพัทธ์ (derived units)** สร้างจากหน่วยฐานต่างๆ เช่น เฮิรตซ์ (Hz) นิวตัน (N) จูล (J) วัตต์ (W) คูลอมป์ (C) โวลต์ (V) เกิดจากการรวมกันของหน่วยฐานโดยการคูณหรือการหารตั้งแต่ 2 ปริมาณขึ้นไป เช่น หน่วยของพื้นที่เกิดจากผลคูณระหว่างหน่วยความยาวจึงมีหน่วยเป็นตารางเมตร หน่วยของความเร็วเกิดจากผลหารระหว่างหน่วยความยาวกับเวลาจึงมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

ตารางที่ 1.2 ชื่อและสัญลักษณ์ของหน่วยอนุพัทธ์

ปริมาณอนุพัทธ์	หน่วย	สัญลักษณ์	เทอมของเอสไอ
ความถี่ (frequency)	เฮิรตซ์ (hertz)	Hz	1/s
แรง (force)	นิวตัน (newton)	N	m·kg/s ²
ความดัน (pressure) / ความเค้น (stress)	พาสคัล (pascal)	Pa	N/m ²
พลังงาน (energy) / งาน (work) / ปริมาณความร้อน (quantity of heat)	จูล (joule)	J	N·m
กำลัง (power)	วัตต์ (watt)	W	J/s
ประจุไฟฟ้า (electric charge) / ปริมาณไฟฟ้า (quantity of electricity)	คูลอมป์ (coulomb)	C	A·s
ศักย์ไฟฟ้า (electric potential) / ความต่างศักย์ไฟฟ้า (electric potential difference) / แรงเคลื่อนไฟฟ้า (electromotive force)	โวลต์ (volt)	V	W/A
ความจุไฟฟ้า (electric capacitance)	ฟารัด (farad)	F	C/V
ความต้านทานไฟฟ้า (electric resistance)	โอห์ม (ohm)	Ω	V/A

ตารางที่ 1.2 ชื่อและสัญลักษณ์ของหน่วยอนุพัทธ์ (ต่อ)

ปริมาณอนุพัทธ์	หน่วย	สัญลักษณ์	เทอมของเอสไอ
ความนำไฟฟ้า (electric conductance)	ซีเมนส์ (siemens)	S	A/V
ฟลักซ์การเหนี่ยวนำแม่เหล็ก (flux of magnetic induction) / ฟลักซ์แม่เหล็ก (flux density) / การเหนี่ยวนำแม่เหล็ก (magnetic induction)	เวเบอร์ (weber)	Wb	V·s
ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux density) / การเหนี่ยวนำแม่เหล็ก (magnetic induction)	เทสลา (tesla)	T	Wb/m ²
ความเหนี่ยวนำ (inductance)	เฮนรี (henry)	H	Wb/A
ฟลักซ์การส่องสว่าง (luminous flux)	ลูเมน (lumen)	lm	cd·sr
ความสว่าง (illuminance)	ลักซ์ (lux)	lx	lm/m ²
กัมมันตภาพรังสี (radioactivity)	เบกเคอเรล (becquerel)	Bq	1/s
ขนาดกำหนดของกัมมันตภาพรังสี (equivalent dose)	ซีเวิร์ต (sievert)	Sv	J/kg
ขนาดกำหนดของการดูดกลืนของรังสีที่ทำให้แตกตัวเป็นไอออน (absorbed dose)	เกรย์ (gray)	Gy	J/kg

นอกจากนี้ ระบบเอสไอยังได้กำหนดให้มี **คำอุปสรรค (prefixes)** หรือคำนำหน้าหน่วย เพื่อให้หน่วยเอสไอเป็นหน่วยใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงเมื่อคำในหน่วยฐานหรือหน่วยอนุพัทธ์น้อยหรือมากเกินไป โดยเขียนคำนั้นให้อยู่ในรูป **สัญกรณ์วิทยาศาสตร์ (scientific notation)** ซึ่งเป็นการเขียนตัวเลขให้อยู่ในรูปการคูณของเลขยกกำลังฐานสิบที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม โดยมีรูปทั่วไปเป็น $A \times 10^n$ เมื่อ $1 \leq A < 10$ และ n เป็นจำนวนเต็ม เช่น ระยะทาง 0.002 เมตร ถ้าเขียนให้อยู่ในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์จะเขียนได้ว่า 2×10^{-3} เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2 มิลลิเมตร หรือ 2 mm คำนำหน้าหน่วยที่นิยมใช้แสดงดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 คำนำหน้าหน่วย

ตัวพหุคูณ	คำนำหน้าหน่วย	สัญลักษณ์
10^{18}	เอกซะ (exa)	E
10^{15}	เพตะ (peta)	P
10^{12}	เทระ (tera)	T
10^9	จิกะ (giga)	G

ตารางที่ 1.3 คำนำหน้าหน่วย (ต่อ)

ตัวพหุคูณ	คำนำหน้าหน่วย	สัญลักษณ์
10^6	เมกะ (mega)	M
10^3	กิโล (kilo)	k
10^2	เฮกโต (hecto)	h
10^1	เดคา (deca)	da
10^{-1}	เดซี (deci)	d
10^{-2}	เซนติ (centi)	c
10^{-3}	มิลลิ (milli)	m
10^{-6}	ไมโคร (micro)	μ
10^{-9}	นาโน (nano)	n
10^{-12}	พิโก (pico)	p
10^{-15}	เฟมโต (femto)	f
10^{-18}	อัตโต (atto)	a

ความรู้เพิ่มเติม

สำหรับงานด้านวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์จะแบ่งหน่วยออกเป็น 2 ประเภท คือ หน่วยวัดพื้นฐานและหน่วยวัดผสม หน่วยวัดพื้นฐานในทางกลศาสตร์ คือ ความยาว มวล และเวลา ขนาดของหน่วยวัดพื้นฐานอาจจะเป็นเมตร ฟุต กิโลกรัม ปอนด์ ชั่วโมง หรือวินาที ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน สัญลักษณ์แทนมิติของความยาว มวล และเวลา คือ L, M และ T ตามลำดับ อาจเรียกว่า **หน่วยวัดพื้นฐานปฐมภูมิ** ปริมาณทางกายภาพอื่น ๆ ในส่วนของความร้อน ไฟฟ้า และการส่องสว่างจะแทนด้วยหน่วยวัดพื้นฐานเหมือนกัน แต่หน่วยเหล่านี้จะใช้เฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องเท่านั้น เรียกว่า **หน่วยวัดพื้นฐานเพิ่มเติม**

ในส่วนของหน่วยวัดผสมทุกหน่วยจะมีจุดเริ่มต้นมาจากกฎทางฟิสิกส์ที่ใช้นิยามหน่วยนั้น ๆ เช่น พื้นที่สี่เหลี่ยมนิยามว่า ความกว้าง×ความยาว เมื่อหน่วยของความยาว คือ เมตร และหน่วยของพื้นที่ คือ ตารางเมตร หรือ m² หน่วยวัดผสมส่วนมากจะแสดงในรูปของมิติ ซึ่งนิยมเขียนเป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ที่สมบูรณ์ เช่น มิติของหน่วยวัดผสมของพื้นที่ คือ L² มิติของหน่วยวัดผสมของปริมาตร คือ L³ มิติของหน่วยวัดผสมของแรง คือ MLT⁻² มิติของหน่วยวัดผสมจะมีประโยชน์ในการเปลี่ยนหน่วยจากระบบหนึ่งไปสู่อีกระบบหนึ่ง และเพื่อความสะดวกในการเรียกจึงมีการกำหนดหน่วยวัดผสมขึ้นใหม่ เช่น หน่วยของแรงในระบบเอสไอ คือ นิวตัน (N) แทนเทอมของแรงที่มีหน่วยเป็น kg·m/s² และมีมิติเป็น MLT⁻²

นักเรียนทราบแล้วว่าปริมาณทางกายภาพและหน่วยวัดที่ใช้เป็นมาตรฐานระหว่างประเทศเป็นอย่างไร ในบางครั้งอาจมีการใช้หน่วยวัดในระบบอื่น ๆ ด้วย และสามารถเปลี่ยนหน่วยวัดในระบบอื่นให้เป็นระบบเอสไอได้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1.1 ห้องเรียนมีขนาดกว้าง 30 ฟุต ยาว 24 ฟุต ซึ่งเป็นหน่วยในระบบอังกฤษ พื้นที่ของห้องเรียนนี้ในหน่วย เอสไอมีค่าเท่ากับเท่าไร

วิธีทำ เปลี่ยนหน่วยฟุต ซึ่งเป็นหน่วยความยาวในระบบอังกฤษ ให้เป็นหน่วยเมตร ซึ่งเป็นหน่วยความยาวในระบบ เอสไอ โดย 1 ฟุต มีค่าเท่ากับ 0.3048 เมตร

$$\text{จะได้ว่า} \quad \text{ห้องเรียนกว้าง} \quad 30 \times 0.3048 = 9.1 \text{ เมตร}$$

$$\text{ยาว} \quad 24 \times 0.3048 = 7.3 \text{ เมตร}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \text{พื้นที่ของห้องเรียนมีขนาดเท่ากับ} \quad 9.1 \times 7.3 = 66 \text{ ตารางเมตร}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.2 ความเร็วของแสงในสุญญากาศมีค่า 3×10^8 เมตรต่อวินาที ความเร็วแสงในหน่วยกิโลเมตรต่อชั่วโมง จะมีค่าเท่ากับเท่าไร

วิธีทำ เปลี่ยนหน่วยความยาวจาก เมตร ให้เป็น กิโลเมตร โดย 1,000 เมตร มีค่าเท่ากับ 1 กิโลเมตร

$$\text{จะได้ว่า} \quad \text{ระยะทาง} \quad 3 \times 10^8 \text{ เมตร มีค่าเท่ากับ} \quad \frac{3 \times 10^8}{1000} = 3 \times 10^5 \text{ กิโลเมตร}$$

เปลี่ยนหน่วยเวลาจาก วินาที ให้เป็น ชั่วโมง โดย 3,600 วินาที มีค่าเท่ากับ 1 ชั่วโมง

$$\text{จะได้ว่า} \quad \text{เวลา} \quad 1 \text{ วินาที มีค่าเท่ากับ} \quad \frac{1}{3600} = 3 \times 10^{-4} \text{ ชั่วโมง}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \text{ความเร็วแสงจะมีค่าเท่ากับ} \quad \frac{3 \times 10^5}{3 \times 10^{-4}} = 1 \times 10^9 \text{ กิโลเมตรต่อชั่วโมง}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.3 จงเปลี่ยนระยะทาง 65 เทอราเมตร (Tm) เป็นนาโนเมตร (nm) และ มิลลิเมตร (mm)

$$\text{วิธีทำ} \quad \text{ระยะทาง} \quad 65 \text{ Tm} = 65 \times 10^{12} \text{ m}$$

$$\text{ระยะทาง} \quad 1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้ว่า} \quad \text{ระยะทาง} \quad 65 \times 10^{12} \text{ m} &= \frac{65 \times 10^{12}}{10^{-9}} \\ &= 65 \times 10^{21} = 6.5 \times 10^{22} \text{ nm} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \text{ระยะทาง} \quad 65 \text{ เทอราเมตร เท่ากับ} \quad 6.5 \times 10^{22} \text{ นาโนเมตร}$$

ตอบ

$$\text{ระยะทาง} \quad 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้ว่า} \quad \text{ระยะทาง} \quad 65 \times 10^{12} \text{ m} &= \frac{65 \times 10^{12}}{10^{-3}} \\ &= 65 \times 10^{15} = 6.5 \times 10^{16} \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \text{ระยะทาง} \quad 65 \text{ เทอราเมตร เท่ากับ} \quad 6.5 \times 10^{16} \text{ มิลลิเมตร}$$

ตอบ



กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.2

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงเขียนหน่วยของปริมาณต่อไปนี้ให้อยู่ในหน่วยมิลลิเมตร
 - 1.1 112.5 เมตร
 - 1.2 205.2 เซนติเมตร
2. จงเขียนปริมาณต่อไปนี้โดยใช้คำอุปสรรคที่นักเรียนเห็นว่าเหมาะสม
 - 2.1 3×10^{-11} เมตร
 - 2.2 4×10^{-17} วินาที
3. พื้นที่ 200 ตารางเซนติเมตร เท่ากับกี่ตารางเมตร
4. ความหนาแน่น 0.008 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เท่ากับกี่กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3. การทดลองทางฟิสิกส์ การวิเคราะห์ และการแปลความหมายข้อมูล



แนวคิดสำคัญ

การทดลองถือเป็นกิจกรรมสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์ในทุกสาขา เพราะโดยธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การลงข้อสรุป การตอบข้อสงสัย หรือข้อโต้แย้งต่าง ๆ ต้องอ้างอิงหลักฐานและข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะได้จากการทดลอง ความรู้ในวิชาฟิสิกส์สามารถยืนยันได้ด้วยการทดลองหรือเหตุผลเชิงทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับ โดยมีคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์ การแปลความหมายข้อมูล และสร้างความสัมพันธ์ต่าง ๆ ด้วยเหตุผลที่สามารถพิสูจน์ได้ และการทดลองยังสำคัญต่อการฝึกทักษะ กระบวนการคิดขั้นสูง รวมถึงทักษะการทำงานทักษะการสื่อสาร และทักษะการเขียน

”

การทดลองถือเป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้ได้ข้อมูลและความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในทุกสาขา รวมถึงวิชาฟิสิกส์ด้วย การทดลองถือเป็นส่วนสำคัญในการหาข้อมูล หลักฐาน และเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อยืนยันความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของสิ่งที่ค้นพบ และยังเป็นการศึกษาที่กระชับการปฏิบัติ ทักษะการสืบเสาะหาความรู้ และการคิดหาเหตุผลอย่างนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะการคิดขั้นสูงที่นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมี จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่นักเรียนควรจะมีวิธีการทำการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดการทำข้อมูล การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล โดยสามารถเชื่อมโยงกับหลักการทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่ศึกษาได้อย่างเหมาะสม

“

การทดลองเพื่อศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในทางฟิสิกส์นั้น ไม่สามารถที่จะกำหนดกฎเกณฑ์ในการศึกษาทดลองโดยเจาะจงลงไปได้ เนื่องจากแต่ละเรื่องจะมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันไป จึงมีวิธีการทดลองที่แตกต่างกันเพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาหรือเพื่ออธิบายความจริงบางอย่าง ในการทำการทดลองจึงเกี่ยวข้องกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์โดยตรง ดังนั้นในการปฏิบัติการทดลองแต่ละครั้ง นักเรียนจึงต้องคำนึงถึงวิธีการทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. การวิเคราะห์ถึงปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ เพื่อกำหนดเป็นวัตถุประสงค์ของการทดลอง
2. การทำนายคำตอบของปัญหาหรือการตั้งสมมติฐาน เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ทั้งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม
3. การทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล และการจัดกระทำในรูปแบบต่างๆ เช่น การเขียนตารางแสดงผลการทดลอง การเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์หรือเพื่อเปรียบเทียบปริมาณต่างๆ
4. การวิเคราะห์และสรุปข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยเชื่อมโยงหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง แล้วเขียนแสดงออกมาในรูปของรายงานการทดลองที่สามารถเข้าใจได้ง่าย กระชับ มีข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์เชื่อถือ

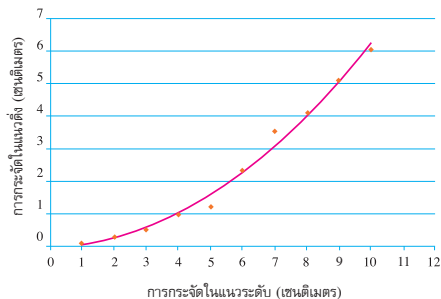
วิธีการทางวิทยาศาสตร์นี้เป็นแนวทางเดียวกับที่นักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายใช้ในการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเก็บรวบรวมเป็นตำรา หลักการ รวมถึงทฤษฎีต่าง ๆ ที่ศึกษากันอยู่ในปัจจุบัน

การวิเคราะห์ผลการทดลองเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (ข้อมูลที่ได้จากการวัด) เพื่อเปรียบเทียบกับกฎพื้นฐานทางฟิสิกส์หรือเพื่อสร้างกฎทางฟิสิกส์ใหม่จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การวิเคราะห์ผลการทดลองทางฟิสิกส์มีหลายวิธี โดยวิธีหนึ่งที่นิยมมาก คือ การเขียนกราฟ การเขียนกราฟที่ดีจะนำไปสู่การวิเคราะห์ข้อมูลที่ถูกต้องและเชื่อถือได้ โดยปกติจะนิยมให้ตัวแปรต้นเป็นแกนนอน ส่วนตัวแปรตามจะเป็นแกนตั้ง เช่น การทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ของลูกกลมโลหะสามารถบันทึกค่าการกระจัดในแนวดิ่ง (ตัวแปรต้น) กับการกระจัดในแนวนิ่ง (ตัวแปรตาม) ของลูกกลมเหล็กได้ดังตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 การกระจัดในแนวดิ่งกับการกระจัดในแนวนิ่งของลูกกลมโลหะที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

การกระจัดในแนวดิ่ง (เซนติเมตร)	การกระจัดในแนวนิ่ง (เซนติเมตร)
1.00	0.21
2.00	0.34
3.00	0.54
4.00	0.98
5.00	1.22
6.00	2.35
7.00	3.56
8.00	4.12
9.00	5.11
10.00	6.07

เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 1.4 มาเขียนกราฟ จะได้กราฟที่มีลักษณะดังกราฟที่ 1.1



กราฟที่ 1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดในแนวดิ่งกับการกระจัดในแนวนิ่งของลูกกลมโลหะที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

จากกราฟนักเรียนจะเห็นว่า ความสัมพันธ์ของการกระจัดในแนวดิ่งกับการกระจัดในแนวนิ่งของลูกกลมโลหะที่เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ จะมีกราฟเป็นรูปพาราโบลา ซึ่งเป็นกราฟของฟังก์ชันกำลังสองที่มีสมการเป็น $y = kx^2$ ทำให้ได้ข้อสรุปว่า ลูกกลมโลหะมีการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งรูปพาราโบลา

ความรู้เพิ่มเติม

ในทางคณิตศาสตร์ ฟังก์ชันกำลังสอง คือ ฟังก์ชันที่อยู่ในรูป $y = ax^2 + bx + c$ เมื่อ a, b และ c เป็นจำนวนจริงใด ๆ และ $a \neq 0$ โดยกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง เรียกว่า พาราโบลา

จากที่กล่าวมาเป็นตัวอย่างหนึ่งของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสองปริมาณที่สามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ได้ ซึ่งความสัมพันธ์ของปริมาณที่ศึกษาอาจแสดงในรูปแบบของกราฟเส้นตรงหรือกราฟเส้นโค้งก็ได้ ดังนั้นจึงต้องเลือกเขียนกราฟให้เหมาะสมกับปริมาณที่ศึกษาและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

สำหรับกราฟที่ใช้วิเคราะห์ทางฟิสิกส์นั้นจะใช้กราฟหลายรูปแบบ แต่ที่นิยม คือ กราฟเชิงเส้น กราฟซิมิล็อก และกราฟล็อก-ล็อก

1. **กราฟเชิงเส้น (linear graph)** เป็นกราฟที่วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ได้ง่าย ถ้ามีกราฟเส้นตรงระหว่างตัวแปร x และ y ดังกราฟที่ 1.2

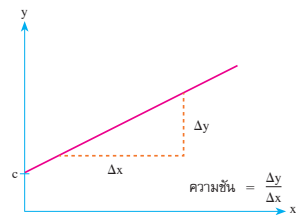
ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x และ y จะเป็นดังนี้

$$y = mx + c$$

โดย m เป็นความชันของกราฟ (slope)

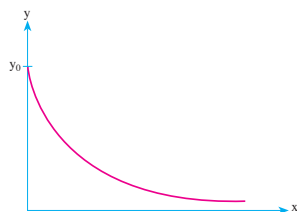
c เป็นจุดตัดบนแกน y

ในบางกรณีความสัมพันธ์ระหว่าง x และ y ไม่เป็นกราฟเส้นตรง แต่ถ้านำตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งหรือทั้งสองตัวไปยกกำลังสองแล้วเขียนกราฟ จะได้กราฟเป็นเส้นตรงที่ใช้สมการเส้นตรงหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้เช่นเดียวกัน

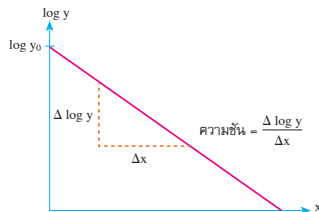


กราฟที่ 1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x และ y ในรูปของกราฟเส้นตรง

2. กราฟเซมิล็อก (semilog graph) ปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์หลายปรากฏการณ์ เช่น การดูดกลืนแสง การดูดกลืนรังสี การสลายของธาตุกัมมันตรังสี จะมีความสัมพันธ์ในรูปสมการ $y = y_0 e^{-\alpha x}$ ซึ่งกราฟที่ได้จะมีลักษณะที่ค่า y ลดลงจากปริมาณเริ่มต้น y_0 เมื่อค่า x เพิ่มขึ้น ดังกราฟที่ 1.3 ซึ่งทำให้วิเคราะห์กราฟได้ยาก จึงเปลี่ยนกราฟให้อยู่ในรูปกราฟเซมิล็อกซึ่งเป็นกราฟเส้นตรงเพื่อให้วิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟได้ง่ายขึ้น โดยกำหนดให้แกน y เป็นสเกลล็อก ส่วนแกน x เป็นสเกลเชิงเส้น จะได้กราฟเส้นตรงที่มีลักษณะดังกราฟที่ 1.4 ซึ่งมีจุดตัดแกน y เท่ากับ $\log y_0$ และหาความชันกราฟได้จาก $\frac{\Delta \log y}{\Delta x}$



กราฟที่ 1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x และ y ในรูปของสมการ $y = y_0 e^{-\alpha x}$

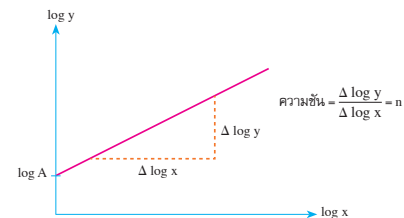


กราฟที่ 1.4 กราฟเซมิล็อก

สามารถหาความสัมพันธ์ของตัวแปร x และ y ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ใส่ } \log \text{ ที่สมการ } y &= y_0 e^{-\alpha x} \text{ จะได้} & \log y &= \log (y_0 e^{-\alpha x}) \\ & & &= \log (e^{-\alpha x}) + \log y_0 \\ & & &= -\alpha x \log e + \log y_0 \\ \text{ดังนั้น} & & \log y &= -0.43 \alpha x + \log y_0 \end{aligned}$$

3. กราฟล็อก-ล็อก (log-log graph) ใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ในรูป $y = Ax^n$ เมื่อ A เป็นค่าคงที่และ n เป็นจำนวนใด ๆ ตัวอย่างเช่น การเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ตามกฎของเคปเลอร์ (Kepler's law) ลักษณะของกราฟตามสมการ $y = Ax^n$ บนกราฟที่แกนนอนและแกนตั้งเป็นสเกลล็อก จะได้กราฟเส้นตรงดังกราฟที่ 1.5



กราฟที่ 1.5 ลักษณะของกราฟตามความสัมพันธ์ของสมการ $y = Ax^n$

สามารถหาความสัมพันธ์ของปริมาณหรือตัวแปร x และ y ได้โดยการ ใส่ $\log$ ที่สมการ $y = Ax^n$ จะได้

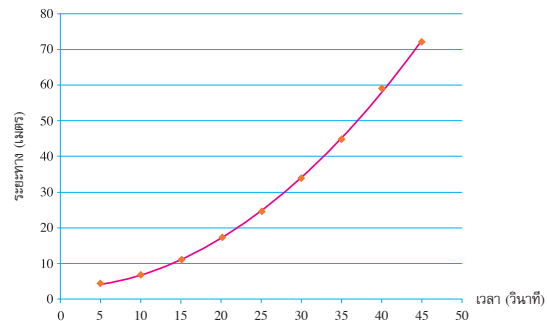
$$\begin{aligned} \log y &= \log (Ax^n) \\ &= \log x^n + \log A \\ \log y &= n \log x + \log A \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.4 จากการทดลองเพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุหนึ่งโดยการวัดระยะทางที่เวลาต่าง ๆ ได้ผลการทดลองดังตาราง

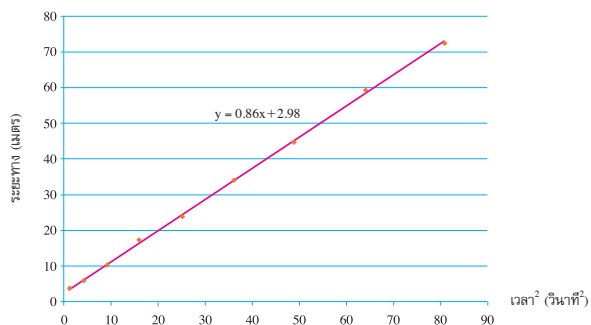
เวลา (วินาที)	ระยะทาง (เมตร)
5	4.0
10	6.0
15	10.6
20	17.5
25	24.1
30	33.9
35	45.0
40	59.1
45	72.2

จึงวิเคราะห์ข้อมูลในตารางโดยเขียนกราฟเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุนี้

วิธีทำ นำข้อมูลจากการทดลองมาเขียนกราฟโดยให้เวลา (ตัวแปรต้น) อยู่บนแกน x และระยะทาง (ตัวแปรตาม) อยู่บนแกน y จะได้กราฟลักษณะดังนี้



เนื่องจากกราฟที่ได้ไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งจะทำให้หาความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้ยาก จึงต้องแปลงกราฟเส้นโค้งให้เป็นกราฟเส้นตรงโดยการนำเวลามายกกำลังสอง แล้วเขียนกราฟระหว่างระยะทางกับเวลากำลังสอง จะได้กราฟที่มีลักษณะดังนี้



จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลากำลังสองเป็นกราฟเส้นตรงซึ่งมีความสัมพันธ์เป็น $y = kx + c$ กราฟมีความชันเท่ากับ 0.86 และมีจุดตัดแกน y เท่ากับ 2.98 เมตร จึงเขียนสมการได้เป็น $y = 0.86x + 2.98$ และเมื่อเปรียบเทียบกับค่า x และ y ในสมการโดยกำหนดให้ค่า y คือ ระยะทาง หรือ S และค่า x คือ เวลากำลังสอง หรือ t^2 จะเขียนสมการใหม่ได้เป็น $S = 0.86t^2 + 2.98$

ดังนั้น สมการความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลาในการเคลื่อนที่ของวัตถุนี้ คือ $S = 0.86t^2 + 2.98$ **ตอบ**



กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.3

จงตอบคำถามต่อไปนี้

มดแดงทำการทดลองเพื่อศึกษาการตกอิสระของวัตถุบนผิวโลกโดยไม่คิดแรงต้านอากาศ ซึ่งปรากฏว่าระยะทางกับเวลาในการเคลื่อนที่ของวัตถุมีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$S = \frac{1}{2}gt^2$$

เมื่อ S คือ ระยะการตกของวัตถุที่วัดจากตำแหน่งที่ปล่อยวัตถุลงมา

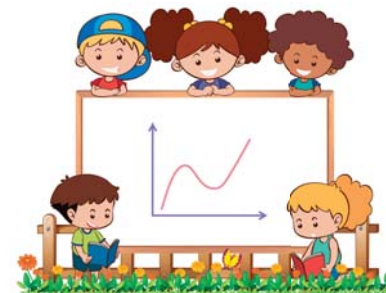
t คือ เวลาที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่

g คือ ขนาดของความเร่งโน้มถ่วงของโลก

และได้ผลการทดลองดังตาราง

เวลาในการเคลื่อนที่ของวัตถุ (วินาที)	ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ (เมตร)
1	4.90
3	44.10
5	122.50
7	254.10

จงวิเคราะห์ข้อมูลในตารางโดยเขียนกราฟเพื่อหาความเร่งโน้มถ่วงของโลก



4. การวัดและความไม่แน่นอนของการวัด



แนวคิดสำคัญ

เครื่องมือวัดสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ เครื่องมือวัดที่บอกผลการวัดเป็นแบบขีดสเกลและเครื่องมือวัดที่บอกผลการวัดเป็นแบบตัวเลข เครื่องมือวัดที่พบในชีวิตประจำวันจะมีความละเอียดในการวัดแตกต่างกันและค่าที่ได้จากการวัดมีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนจากค่าจริง โดยจะขึ้นอยู่กับเครื่องมือวัดที่เลือกใช้และวิธีการวัด รวมถึงประสบการณ์และความสามารถของผู้วัดด้วย ซึ่งจะทำให้สามารถเลือกใช้เครื่องมือวัดอย่างเหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัดและประมาณค่าความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสมด้วย



รูปที่ 1.9 การวัดสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

การศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในทางฟิสิกส์จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดในการวัดปริมาณต่าง ๆ เครื่องมือวัดแต่ละชนิดมีความแม่นยำอยู่ในช่วงจำกัด ซึ่งไม่มีเครื่องมือวัดใดที่จะใช้วัดปริมาณต่าง ๆ ได้ทุกช่วง เช่น ไม่เมตรใช้วัดความกว้างของโต๊ะได้ แต่ใช้วัดระยะทางจากอำเภอหนึ่งไปยังอีกอำเภอหนึ่งไม่ได้ เครื่องมือวัดแต่ละชนิดจึงมีข้อจำกัดและมีความเหมาะสมกับการใช้งานที่ต่างกัน ดังนั้น การเลือกใช้เครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับงานจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะหากเลือกใช้เครื่องมือวัดที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน ซึ่งส่งผลให้การวัดนั้นไม่น่าเชื่อถือ หากนำผลการวัดนั้นมาประยุกต์ใช้จะก่อให้เกิดความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ ในการวัดแต่ละครั้งจึงควรเลือกใช้เครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด เพื่อให้ค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนจากค่าจริงน้อยที่สุด ซึ่งขึ้นอยู่กับเครื่องมือและวิธีการที่ใช้วัด รวมทั้งขึ้นอยู่กับความสามารถและประสบการณ์ของผู้วัดด้วย เครื่องมือวัดที่ใช้ทางทางด้านวิทยาศาสตร์จะแสดงผลการวัด 2 แบบ คือ แบบขีดสเกลและแบบตัวเลข



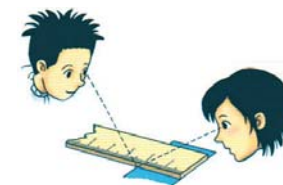
รูปที่ 1.10 เครื่องมือวัดที่แสดงผลการวัดแบบขีดสเกล



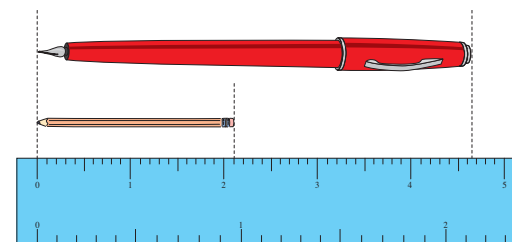
รูปที่ 1.11 เครื่องมือวัดที่แสดงผลการวัดแบบตัวเลข

ชวนคิด

จากรูป นักเรียนคิดว่าผู้วัดทั้งสองคนจะอ่านผลการวัดได้แตกต่างกันหรือไม่ การอ่านผลการวัดของทั้งสองคนถูกต้องหรือไม่ อย่างไร



เนื่องจากเครื่องมือวัดทางด้านวิทยาศาสตร์มีทั้งแบบแสดงผลการวัดแบบขีดสเกลและแบบตัวเลข การอ่านผลการวัดจากเครื่องมือวัดแบบขีดสเกล ค่าที่อ่านได้จะประกอบด้วยค่าอ่านที่ได้โดยตรงรวมกับค่าที่ต้องประมาณด้วยสายตา เช่น ความยาวของดินสอและปากกาที่วัดด้วยไม้บรรทัด ความหนาของแผ่นกระดาษที่วัดด้วยไมโครมิเตอร์ ดังตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่ 1.12 การวัดความยาวของดินสอและปากกาโดยใช้ไม้บรรทัดที่มีความละเอียดเป็น $\frac{1}{10}$ เซนติเมตร

จากรูปสามารถอ่านผลการวัดได้ดังนี้

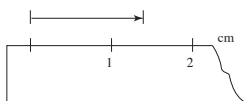
สิ่งที่วัด	ค่าที่อ่านได้โดยตรง (เซนติเมตร)	ค่าที่ประมาณด้วยสายตา (เซนติเมตร)	ผลการวัดที่อ่านได้ (เซนติเมตร)
ความยาวของดินสอ	2.1	0.00	2.10
ความยาวของปากกา	4.6	0.04	4.64

ค่าที่ได้จากเครื่องมือวัดเป็นค่า
แน่นอนซึ่งคลาดเคลื่อนได้ยาก

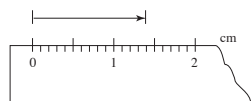
ค่าที่คลาดเคลื่อนได้เป็นค่า
ไม่แน่นอนโดยขึ้นอยู่กับผู้วัด

จากตัวอย่างข้างต้น นักเรียนจะสังเกตได้ว่า ในการบอกผลการวัดจะประกอบไปด้วยค่าแน่นอนและค่าที่เกิดจากการประมาณของผู้วัด ซึ่งค่าที่เกิดจากการประมาณของผู้วัดมีโอกาสที่จะคลาดเคลื่อนได้ง่ายเพราะจะขึ้นอยู่กับความละเอียดและความชำนาญของผู้วัด ดังนั้นการบอกผลการวัดจึงต้องคำนึงถึงความละเอียดของเครื่องมือวัดด้วย

พิจารณาการแบ่งช่องสเกลของเครื่องมือวัดที่แตกต่างกันดังรูปที่ 1.13



ก. เครื่องมือวัดที่แบ่งช่องระหว่างสเกลเท่ากับ 1 ช่อง ต่อ 1 เซนติเมตร



ข. เครื่องมือวัดที่แบ่งช่องระหว่างสเกลเท่ากับ 10 ช่อง ต่อ 1 เซนติเมตร

รูปที่ 1.13 ช่องสเกลของเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดแตกต่างกัน

จากรูปที่ 1.13 ก เครื่องมือวัดมีการแบ่งช่องสเกล 1 ช่อง ต่อ 1 เซนติเมตร นั่นคือ มีความละเอียดของสเกลเท่ากับ 1 เซนติเมตร โดยสามารถอ่านค่าประมาณเพิ่มเติมได้จึงมีความละเอียดของการวัดเท่ากับ $\frac{1}{10}$ หรือ 0.1 เซนติเมตร เครื่องมือวัดลักษณะนี้จะอ่านผลการวัดโดยระบุถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 1 ผลการวัดที่ได้จึงมีค่าเป็น 1.4 เซนติเมตร โดย 0.4 เป็นค่าที่เกิดจากการประมาณของผู้วัด

ส่วนรูปที่ 1.13 ข เครื่องมือวัดมีการแบ่งช่องสเกล 10 ช่อง ต่อ 1 เซนติเมตร นั่นคือ มีความละเอียดของสเกลเท่ากับ $\frac{1}{10}$ เซนติเมตร โดยสามารถอ่านค่าประมาณเพิ่มเติมได้จึงมีความละเอียดของการวัดเท่ากับ $\frac{1}{100}$ หรือ 0.01 เซนติเมตร เครื่องมือวัดในลักษณะนี้จะอ่านผลการวัดโดยระบุถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 2 ผลการวัดที่ได้จึงมีค่าเป็น 1.44 เซนติเมตร ซึ่งเลข 4 ในทศนิยมตำแหน่งที่ 2 เป็นค่าที่เกิดจากการประมาณของผู้วัด ผู้วัดบางคนอาจอ่านเป็นเลข 3 หรือบางคนอาจอ่านเป็นเลข 5 ก็ได้

ในบางครั้งนักเรียนจะเห็นการบอกผลการวัดที่ระบุค่าความคลาดเคลื่อนไว้ด้วย เช่น ± 0.1 หรือ ± 0.01 ตัวเลขนี้ได้มาจากการทำการวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยของผลการวัดและค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น จากนั้นจึงบอกผลการวัดที่ระบุค่าความคลาดเคลื่อนด้วย

ความรู้เพิ่มเติม

ในการทดลองที่มีการวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง การบันทึกผลการวัดจะได้จากการหาค่าเฉลี่ย (mean) ของข้อมูลทั้งหมดที่วัดได้และหาค่าความคลาดเคลื่อนได้จากค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ของการวัดนั้น

ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดหาได้จากสมการ

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

เมื่อ n คือ จำนวนครั้งที่วัดข้อมูล

และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานหาได้จากสมการ

$$\Delta x = \frac{SD}{\sqrt{n}}$$

เมื่อ SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เป็นปริมาณที่บอกถึงความแม่นยำในการวัด ถ้าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าน้อย ข้อมูลที่วัดได้จะมีความคลาดเคลื่อนน้อยและมีความแม่นยำสูง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหาได้จากสมการ

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

ตัวอย่างที่ 1.5 เปรียบวัดความยาวของดินสอจำนวน 5 ครั้ง ได้ผลการวัดดังนี้ 2.15, 2.11, 2.12, 2.12 และ 2.14 เซนติเมตรตามลำดับ จงบันทึกผลการวัดของแถบปรอทพร้อมแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดด้วย

วิธีทำ หาค่าเฉลี่ยจาก

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (2.15 + 2.11 + 2.12 + 2.12 + 2.14)$$

$$= 2.13$$

หาค่า SD จาก $SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$

$$SD = \sqrt{\frac{(2.15-2.13)^2 + (2.11-2.13)^2 + (2.12-2.13)^2 + (2.12-2.13)^2 + (2.14-2.13)^2}{5-1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{(0.02)^2 + (-0.02)^2 + (-0.01)^2 + (-0.01)^2 + (0.01)^2}{4}}$$

$$= 0.02$$

นำค่า SD ที่หาได้ไปหาความคลาดเคลื่อนจาก

$$\Delta x = \frac{SD}{\sqrt{n}} = \frac{0.02}{\sqrt{5}} = 0.01$$

การเขียนค่าจากการวัดพร้อมระบุค่าความคลาดเคลื่อนสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบดังนี้

$$\bar{x} \pm \Delta x \text{ หรือ } \bar{x} \pm \frac{SD}{\sqrt{n}}$$

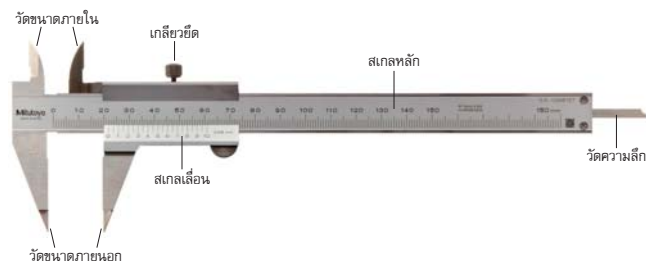
ดังนั้น จะบันทึกผลการวัดของแถบปรางได้เป็น 2.13 ± 0.01 เซนติเมตร

ตอบ

จากตัวอย่างข้างต้น ค่าที่ใช้บันทึกผลการวัด คือ 2.13 ± 0.01 เซนติเมตร มีความหมายว่า ผลการวัดที่ยอมรับได้มีค่าตั้งแต่ 2.12–2.14 เซนติเมตร โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.12 เซนติเมตร และค่าสูงสุดเท่ากับ 2.14 เซนติเมตร นั่นเอง

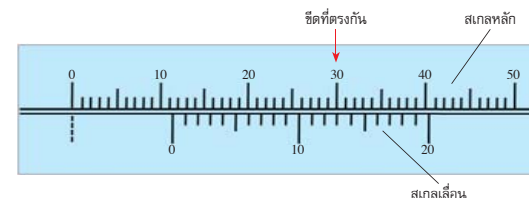
เครื่องมือวัดบางชนิดมีความละเอียดสูงและนิยมใช้ในงานที่ต้องการผลการวัดที่มีความละเอียดสูง ซึ่งตัวอย่างของเครื่องมือวัดที่นักเรียนจะได้เรียนในบทเรียนนี้ คือ เวอร์เนียแคลลิเปอร์สและไมโครมิเตอร์

1. เวอร์เนียแคลลิเปอร์ส (vernier calipers) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดขนาดของวัตถุ ซึ่งมีลักษณะและส่วนประกอบต่าง ๆ ดังรูป



รูปที่ 1.14 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเวอร์เนียแคลลิเปอร์ส

เวอร์เนียแคลลิเปอร์สเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความยาวได้ละเอียดกว่าไม้บรรทัดหรือตลับเมตร ความละเอียดของเวอร์เนียแคลลิเปอร์สขึ้นอยู่กับจำนวนช่องของสเกลเลื่อน (vernier) เช่น ถ้าแบ่งสเกลเลื่อนออกเป็น 10 ช่อง ความละเอียดจะเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร แต่ถ้าแบ่งสเกลเลื่อนออกเป็น 20 ช่อง ความละเอียดก็จะเท่ากับ 0.05 มิลลิเมตร และถ้าแบ่งสเกลเลื่อนออกเป็น 50 ช่อง ความละเอียดก็จะเท่ากับ 0.02 มิลลิเมตร จะอ่านผลการวัดด้วยเวอร์เนียแคลลิเปอร์สได้ดังนี้



รูปที่ 1.15 ค่าจากการวัดความยาวของวัตถุหนึ่งด้วยเวอร์เนียแคลลิเปอร์ส

จากรูปที่ 1.15 นักเรียนจะเห็นว่าขีด 0 ของสเกลเวอร์เนียหรือสเกลเลื่อนอยู่เลยขีด 11.00 มิลลิเมตร บนสเกลหลักไปเล็กน้อย และเมื่อสังเกตสเกลเวอร์เนียจะเห็นว่าขีดที่ 13 ของสเกลเวอร์เนียตรงกับขีดบนสเกลหลัก ให้นำเลข 13 ไปคูณกับความละเอียดของเวอร์เนียที่ใช้ในการวัด ซึ่งเวอร์เนียนี้มีความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร จะได้ค่าเศษของมิลลิเมตรเป็น $13 \times 0.05 = 0.65$ มิลลิเมตร ดังนั้นจะอ่านค่าจากเวอร์เนียแคลลิเปอร์สได้ $11.00 + 0.65 = 11.65$ มิลลิเมตร

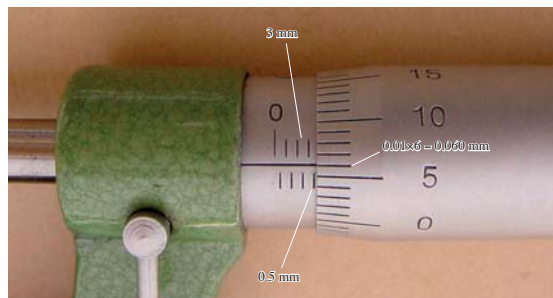
2. ไมโครมิเตอร์ (micrometer) ใช้วัดขนาดหรือความหนาของวัตถุเล็ก ๆ เช่น ความหนาของเส้นผม ความหนาของกระดาษ ความหนาของเส้นลวด มีลักษณะและส่วนประกอบต่าง ๆ ดังรูป



รูปที่ 1.16 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของไมโครมิเตอร์

สเกลบนปอกหมุนหยาบ คือ สเกลไมโคร ส่วนสเกลบนแกนด้านในปอกหมุน คือ สเกลหลัก ซึ่งมี ความกว้างช่องละ 1 มิลลิเมตร เมื่อต้องการวัดจะทำได้โดยหมุนปอกหมุนให้เส้นเข้าจนขอบแกนวัดชิดวัตถุที่ต้องการวัดแล้ววัดด้วยสลัก จากนั้นจึงอ่านผลการวัดจากสเกลบนทรงกระบอกโดยอ่านที่สเกลหลักก่อน จากนั้นจึงอ่านที่สเกลไมโครแล้วนำมาบวกกัน ก่อนที่จะใช้ไมโครมิเตอร์ นักเรียนจะต้องหาคความละเอียดของไมโครมิเตอร์ก่อน โดยสำรวจว่ามีสเกลไมโครทั้งหมดกี่ช่อง และต้องหมุนสเกลไมโครกี่รอบจึงจะมองเห็นสเกลหลักเลื่อนเข้าหรือออก 1 ช่อง เช่น ถ้าพบว่าสเกลไมโครมีจำนวน 50 ช่อง และต้องหมุนสเกลไมโคร 2 รอบ จึงจะเห็นสเกลหลักเลื่อนไปจากเดิม 1 ช่อง จะหาคความละเอียดของไมโครมิเตอร์นี้ได้โดยนำช่องของสเกลหลัก 1 ช่อง หาคด้วยจำนวนช่องสเกลไมโครคูณกับจำนวนรอบที่หมุนจนเห็นสเกลหลัก 1 ช่อง จะได้ความละเอียดของไมโครมิเตอร์นี้เท่ากับ

$\frac{1}{2 \times 50} = \frac{1}{100}$ หรือ 0.01 มิลลิเมตร หรือ 0.001 เซนติเมตร ซึ่งโดยทั่วไปไมโครมิเตอร์จะมีความละเอียดเท่ากับ 0.01 มิลลิเมตร ตัวอย่างเช่น เมื่อนำไมโครมิเตอร์ไปวัดขนาดหรือความหนาของวัตถุชิ้นหนึ่ง สเกลหลักและสเกลไมโครของไมโครมิเตอร์มีลักษณะดังรูปที่ 1.17



รูปที่ 1.17 ค่าจากการวัดขนาดของวัตถุหนึ่งด้วยไมโครมิเตอร์

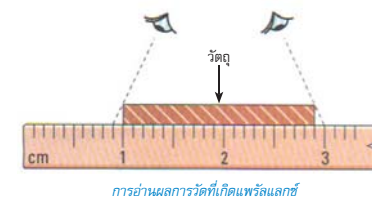
จากรูปที่ 1.17 นักเรียนจะสังเกตเห็นสเกลหลักด้านบนเท่ากับ 3 มิลลิเมตร ด้านล่างเลขชี้ 3 มิลลิเมตรไปอีก 0.5 มิลลิเมตร จะอ่านสเกลหลักได้ $3 + 0.5 = 3.5$ มิลลิเมตร และสเกลไมโครอยู่ที่ 6 นำค่านี้ไปคูณกับความละเอียดของไมโครมิเตอร์ คือ $0.01 \times 6 = 0.06$ มิลลิเมตร นำผลการอ่านทั้งสเกลหลักและสเกลไมโครมารวมกันจะได้ $3.5 + 0.06 = 3.56$ มิลลิเมตร

เนื่องจากเครื่องมือวัดที่แสดงผลการวัดเป็นขีดสเกลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการวัดจากการอ่านค่าของผู้วัด ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาเครื่องมือวัดให้แสดงผลการวัดแบบตัวเลข ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดประเภทนี้จะสะดวกและรวดเร็วมากขึ้น ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนจะบ่งไว้ในคู่มือการใช้เครื่องมือชิ้นนั้น ๆ

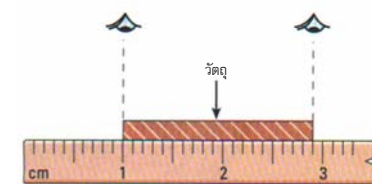


รูปที่ 1.18 เวอร์เนียแคลิเบรส์และไมโครมิเตอร์ที่แสดงผลการวัดแบบตัวเลข

แพริลแลกซ์



การอ่านผลการวัดที่เกิดแพริลแลกซ์



การอ่านผลการวัดเพื่อแก้ไขการเกิดแพริลแลกซ์

แพริลแลกซ์ (parallax) คือ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งปรากฏหรือความแตกต่างของตำแหน่งวัตถุ เมื่อมองผ่านมุมมองที่แตกต่างกัน โดยจะวัดได้จากมุมเอียงระหว่างเส้นสังเกตทั้งสองเส้น ดังรูป

เมื่อเกิดแพริลแลกซ์จะทำให้การอ่านผลการวัดคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้น การอ่านผลการวัดที่แก้ไขการเกิดแพริลแลกซ์ได้นั้นสามารถทำได้โดยอ่านค่าบนเครื่องมือวัดในแนวตั้งฉากกับเครื่องมือวัดดังรูป



กิจกรรมการทดลอง

กิจกรรมที่ 1.1 การวัดและการอ่านผลการวัด

จุดประสงค์

เลือกใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด พร้อมอ่านผลการวัดที่ระบุความคลาดเคลื่อนของการวัดและหน่วยการวัดได้อย่างเหมาะสม

คำถามก่อนกิจกรรม

ในการวัดปริมาณเดียวกันด้วยเครื่องมือวัดที่แตกต่างกัน จะให้ผลการวัดที่แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร และนักเรียนจะมีวิธีการเลือกใช้เครื่องมือวัดอย่างไรให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด

ทักษะที่ต้องการเน้น

การควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การสังเกต การอธิบาย การตั้งคำถาม การวิเคราะห์ การลงข้อสรุป และการเขียนสรุป

วัสดุอุปกรณ์

1. ฝาขวดน้ำ 1 ฝา
2. ดินสอ 1 แท่ง
3. ไม้ม้วน 1 อัน
4. ไมโครมิเตอร์ 1 อัน
5. เวอร์เนียแคลิเปอร์ส 1 อัน

วิธีปฏิบัติ

1. ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานก่อนทำการทดลองโดยวิเคราะห์จากปัญหาที่กำหนด และทำนายเกี่ยวกับผลการวัดสิ่งของขึ้นเดียวกันด้วยเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดแตกต่างกัน ผลการวัดที่ได้จะแตกต่างกันหรือไม่และเครื่องมือวัดชนิดใดมีความเหมาะสมที่จะใช้วัดสิ่งที่กำหนดให้บ้าง จากนั้นจึงออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้น
2. ให้นักเรียนใช้เครื่องมือวัดที่กำหนดให้ ได้แก่ ไม้ม้วน ไมโครมิเตอร์ และเวอร์เนียแคลิเปอร์สวัดสิ่งต่างๆ ดังนี้
 - 2.1 เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน และความหนาของฝาขวดน้ำ
 - 2.2 ความหนาและความยาวของแท่งดินสอ
3. วิเคราะห์ว่าสิ่งใดที่เครื่องมือวัดทั้งสามชนิดสามารถวัดได้ แล้วให้นักเรียนใช้เครื่องมือวัดทั้งสามชนิดวัดสิ่งดังกล่าว เพื่อเปรียบเทียบผลการวัด สิ่งใดที่ใช้ได้เป็นบางเครื่องมือให้นักเรียนวิเคราะห์ชนิดของเครื่องมือวัดที่เหมาะสมและวัดด้วยเครื่องมือวัดชนิดนั้น โดยระบุหน่วยวัดเป็นมิลลิเมตร
4. ทำการวัดซ้ำอย่างน้อย 5 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของผลการวัดและคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของการวัด แล้วบันทึกผลการวัดลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนออกแบบเอง
5. วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการวัดที่ได้ แล้วสรุปผลการทดลอง โดยเขียนเป็นรายงานการทดลอง

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากกิจกรรม ผลการทดลองของนักเรียนสอดคล้องกับการทำนายหรือสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร
2. ผลการวัดสิ่งเดียวกันด้วยไม้ม้วน ไมโครมิเตอร์ และเวอร์เนียแคลิเปอร์สให้ผลแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร และถ้าให้นักเรียนเลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสมกับการวัดที่สุด นักเรียนจะเลือกเครื่องมือวัดชนิดใด เพราะเหตุใด
3. จากกิจกรรมนักเรียนเลือกเครื่องมือวัดชนิดใดในการวัดความยาวของแท่งดินสอ เพราะเหตุใด
4. คำนวณจากการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของฝาขวดด้วยเครื่องมือวัดทั้งสามชนิดให้ผลที่แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
5. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Δx) ของผลการวัดจากเครื่องมือวัดต่างชนิดกันมีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ความรู้เพิ่มเติม

การเขียนรายงานการทดลองควรประกอบด้วยสิ่งต่างๆ ดังนี้

1. ชื่อการทดลอง
2. ชื่อผู้ทำการทดลองและผู้ร่วมทำการทดลอง
3. วัตถุประสงค์
4. สมมติฐานของการทดลอง กำหนดให้สอดคล้องกับปัญหาของการทดลองนั้นๆ
5. วัสดุอุปกรณ์
6. วิธีการทดลอง อธิบายถึงขั้นตอนการทำการทดลองตามความเป็นจริง
7. ผลการทดลอง แสดงข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง อาจอยู่ในรูปของตารางหรือกราฟตามความเหมาะสม
8. วิเคราะห์ผลการทดลอง หรือ อภิปรายผลการทดลอง วิเคราะห์ว่าผลการทดลองนั้นสอดคล้องกับทฤษฎีหรือไม่ มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้าสอดคล้องให้อธิบายว่าผลการทดลองสอดคล้องกับทฤษฎีอย่างไร และถ้าไม่สอดคล้องให้อธิบายถึงสาเหตุที่ผลการทดลองไม่สอดคล้องกับทฤษฎีและการเกิดความคลาดเคลื่อน พร้อมทั้งบอกแนวทางแก้ไข
9. สรุปผลการทดลอง สรุปสั้นๆ เกี่ยวกับสาระสำคัญที่ได้จากผลการทดลองทั้งที่ได้ผลบวกหรือผลลบ หรืออาจเป็นคำตอบของวัตถุประสงค์การทดลอง (ไม่ควรนำทฤษฎีมาสรุป)
10. ข้อเสนอแนะ อาจกล่าวถึงงานที่สามารถทำเพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบยืนยันข้อเท็จจริงหรือการทดลองหรือแนวทางการประยุกต์เพื่อใช้งานต่อไป

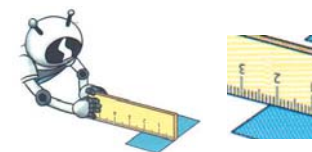
จากกิจกรรมนักเรียนจะเห็นได้ว่า การวัดสิ่งของสิ่งเดียวกันด้วยเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดต่างกัน อาจทำให้ได้ผลการวัดแตกต่างกันด้วย ดังนั้น ในการวัดสิ่งของต่างๆ ควรเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมกับสิ่งของที่จะวัด เพื่อให้ได้ผลการวัดออกมาใกล้เคียงค่าจริงมากที่สุด



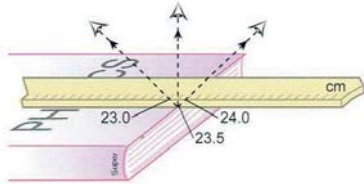
กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.4

จดตอบคำถามต่อไปนี้

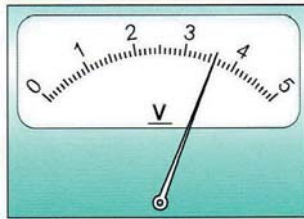
1. จากรูป ถ้านักเรียนวัดสิ่งของโดยวางเครื่องมือวัดดังรูป จะสามารถแก้ปัญหาการเกิดแฟร้งแล็กได้หรือไม่ เพราะเหตุใด



2. จากรูป นักเรียนคิดว่าผลการวัดค่าใดที่น่าเชื่อถือมากที่สุด เพราะเหตุใด



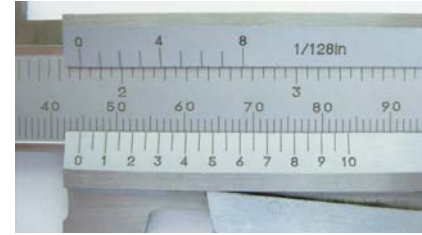
3. ให้นักเรียนบอกผลการวัดจากเครื่องมือดังรูป พร้อมระบุหน่วยวัดให้ถูกต้อง



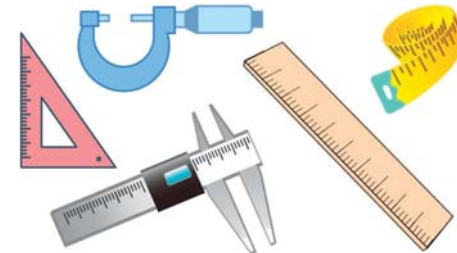
4. จากรูป เวอร์เนียแคลิเปอร์วัดความละเอียดเท่าไรในหน่วยมิลลิเมตร และผลการวัดมีค่าเท่าไรในหน่วยมิลลิเมตรและเซนติเมตร ตามลำดับ



5. จากรูป เวอร์เนียแคลิเปอร์วัดความละเอียดเท่าไรในหน่วยมิลลิเมตร และผลการวัดมีค่าเท่าไรในหน่วยมิลลิเมตรและเซนติเมตร ตามลำดับ



6. จากรูป ผลการวัดมีค่าเท่าไรในหน่วยมิลลิเมตรและเซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อกำหนดความละเอียดของเครื่องมือวัดเท่ากับ $\frac{1}{100}$ มิลลิเมตร



5. เลขนัยสำคัญและการบันทึกผลการคำนวณ



แนวคิดสำคัญ

เลขนัยสำคัญ คือ ตัวเลขที่ได้จากการวัด โดยจำนวนตัวเลขนัยสำคัญจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของเครื่องมือวัด การบันทึกผลการวัดและการนำผลการวัดไปคำนวณ เช่น หาความยาว พื้นที่ ปริมาตร ความหนาแน่น จะต้องคำนึงถึงเลขนัยสำคัญของข้อมูลนั้นเสมอ



นักเรียนได้เรียนเกี่ยวกับการอ่านและการบันทึกผลการวัดจากเครื่องมือวัดแบบต่างๆ มาแล้ว ในหัวข้อนี้จะเรียนรู้เกี่ยวกับเลขนัยสำคัญ นักเรียนสงสัยหรือไม่ว่า เลขนัยสำคัญคืออะไรและมีความสำคัญอย่างไร

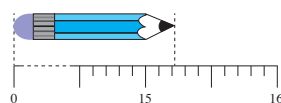
เลขนัยสำคัญ

เลขนัยสำคัญ (significant figure) หมายถึง ตัวเลขทั้งหมดที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด ซึ่งรวมถึงตัวเลขที่ได้จากการคาดคะเนด้วยสายตาของผู้วัด เลขนัยสำคัญจึงเป็นสิ่งที่บอกความละเอียดของวัดและความละเอียดของการวัดนั่นเอง

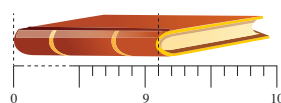
หลักในการพิจารณาจำนวนเลขนัยสำคัญ

- เลขทุกตัวที่ไม่ใช่ศูนย์ถือเป็นเลขนัยสำคัญทั้งหมด เช่น 3.927 มีจำนวนเลขนัยสำคัญ 4 ตัว
- เลข 0 มีหลักในการพิจารณาดังนี้
 - เลข 0 ที่อยู่ระหว่างตัวเลขอื่นถือเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น 2.006 มีจำนวนเลขนัยสำคัญ 4 ตัว
 - เลข 0 ที่อยู่หน้าตัวเลขอื่นๆ ไม่ใช่เลขนัยสำคัญ เช่น 0000562 0.000589 มีจำนวนเลขนัยสำคัญ 3 ตัว
 - เลข 0 ที่อยู่หลังตัวเลขอื่นๆ และอยู่หลังจุดทศนิยมถือว่าเป็นเลขนัยสำคัญ เช่น 0.000300000 13000.0 มีจำนวนเลขนัยสำคัญ 6 ตัว
 - เลข 0 ที่อยู่ทางขวามือของเลขจำนวนเต็มใดๆ อาจนับหรือไม่เป็นเลขนัยสำคัญก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความละเอียดของเครื่องมือวัด ดังนั้นจึงควรเขียนในรูปของสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ (scientific notation) เช่น 306,000,000 ถ้าต้องการให้มีจำนวนเลขนัยสำคัญ 3 ตัว ต้องเขียนให้อยู่ในรูป 3.06×10^8 แต่ถ้าต้องการให้มีจำนวนเลขนัยสำคัญ 5 ตัว ต้องเขียนให้อยู่ในรูป 3.0600×10^8

พิจารณารูปต่อไปนี้



ก. อ่านค่าได้ 15.21 เซนติเมตร



ข. อ่านค่าได้ 9.10 เซนติเมตร

รูปที่ 1.19 การบันทึกผลการวัด

จากรูปที่ 1.19 ก เมื่อใช้ไม้บรรทัดที่แบ่งช่องสเกลเล็กที่สุดเป็นมิลลิเมตรหรือ 0.1 เซนติเมตร วัดความยาวของดินสอได้ 15.21 เซนติเมตร เลขชุดนี้มีจำนวนเลขนัยสำคัญ 4 ตัว และตัวเลขสุดท้ายทางขวามือ คือ เลข 1 เป็นตัวเลขที่ได้จากการคาดคะเนด้วยสายตาของผู้วัด ซึ่งตัวเลขนี้อาจจะเป็นเลขตัวเดียวก็ถ้านับเปลี่ยนผู้วัด เช่น อาจเป็น 15.20 เซนติเมตร หรือ 15.22 เซนติเมตรก็ได้ ถึงแม้ตัวเลขนี้อาจจะคลาดเคลื่อนไปจากค่าจริงแต่ก็ต้องบันทึกทุกครั้งไว้วัด เพราะถือว่าเป็นตัวเลขที่มีนัยสำคัญ และควรระบุความคลาดเคลื่อนไว้ด้วย ดังนั้น การวัดความยาวของดินสออาจบันทึกผลการวัดเป็น 15.21 ± 0.01 เซนติเมตร

ถ้าใช้ไม้บรรทัดอันเดิมวัดความยาวของสมุดดังรูปที่ 1.19 ข จะพบว่าขอบสมุดอยู่ตรงสเกล 9.1 เซนติเมตรพอดี แต่ผลการวัดจะต้องบันทึกเป็น 9.10 เซนติเมตร ซึ่งมีจำนวนเลขนัยสำคัญ 3 ตัว นักเรียนจะเห็นว่า จำนวนเลขนัยสำคัญนอกจากจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของเครื่องมือวัดแล้วยังขึ้นกับขนาดของสิ่งที่วัดด้วย

การบันทึกผลการวัดขนาดของวัตถุขึ้นแต่ยวกันหน่วยที่เล็กลงหรือใหญ่ขึ้นจะทำให้จำนวนเลขนัยสำคัญเปลี่ยนไปจากเดิม เช่น การบันทึกผลการวัดความยาวของสมุดในหน่วยมิลลิเมตรหรือเมตร จะอ่านได้เป็น 91.0 มิลลิเมตร หรือ 0.0910 เมตร ซึ่งยังคงมีตัวเลขนัยสำคัญ 3 ตัวเช่นเดิม ดังนั้นในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เมื่อศึกษาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ปริมาณทุกปริมาณควรบันทึกด้วยจำนวนเลขนัยสำคัญที่เหมาะสม โดยยึดตามความละเอียดของเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลอง และต้องรวมค่าที่ได้จากการประมาณของผู้วัดอีกตำแหน่งหนึ่งไว้ด้วยเสมอ เมื่อบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ได้แล้ว จะต้องนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์เพื่อหาข้อสรุป การวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการคำนวณโดยอาศัยเลขนัยสำคัญที่ได้จากเครื่องมือวัดจะมีหลักในการคำนวณและนำเสนอผลการคำนวณอย่างไร นักเรียนจะได้เรียนรู้ในหัวข้อต่อไป

การบวกและการลบเลขนัยสำคัญ

การรวมปริมาณ 2 ปริมาณ ซึ่งอ่านได้จากเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดต่างกัน เช่น ความยาวของวัตถุ 2 ชิ้น ชิ้นหนึ่งอ่านความยาวจากสเกลไม้บรรทัดที่มีความละเอียดของเครื่องมือ 0.1 เซนติเมตร มีความยาวเท่ากับ 10.22 เซนติเมตร อีกชิ้นหนึ่งอ่านจากสเกลไม้เมตรมีความละเอียดของเครื่องมือเท่ากับ 1 เซนติเมตร มีความยาวเท่ากับ 2.3 เซนติเมตร เมื่อนำความยาวมารวมกันจะได้ผลลัพธ์เป็น 12.52 เซนติเมตร ซึ่งผลบวกที่ได้มีทศนิยม 2 ตำแหน่ง แต่เนื่องจากเครื่องมือวัดมีความละเอียดน้อยที่สุดอ่านได้เพียงทศนิยมตำแหน่งเดียว ดังนั้นผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือตามหลักนัยสำคัญที่ควรบันทึก คือ 12.5 เซนติเมตร

ในการบวกหรือลบเลขนัยสำคัญโดยใช้ค่าที่ได้จากเครื่องมือวัด ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือตามหลักเลขนัยสำคัญจะยึดตามความละเอียดของเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดน้อยที่สุดเป็นหลัก จึงสรุปได้ว่า การบวกและการลบเลขนัยสำคัญจะคำนึงถึงความละเอียดของเครื่องมือวัดเป็นหลัก โดยไม่สนใจจำนวนตัวเลขนัยสำคัญ

การคูณและการหารเลขนัยสำคัญ

การคูณหรือหารปริมาณที่ได้จากเครื่องมือวัด ผลลัพธ์เชื่อถือได้จะมีจำนวนเลขนัยสำคัญไม่เกินจำนวนเลขนัยสำคัญของตัวคูณหรือตัวหารที่มีจำนวนเลขนัยสำคัญน้อยที่สุด ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1.6 จงคำนวณพื้นที่ของแท่งไม้กว้าง 3.55 เซนติเมตร ยาว 10.77 เซนติเมตร

วิธีทำ

$$\begin{aligned}\text{พื้นที่ของแท่งไม้} &= \text{กว้าง} \times \text{ยาว} \\ &= 3.55 \times 10.77 \\ &= 38.2335 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

สำหรับตัวอย่างนี้ ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง คือ 38.2 ตารางเซนติเมตร ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่มีจำนวนเลขนัยสำคัญ 3 ตัว โดยตัวเลขสุดท้ายของตัวคูณแต่ละตัวเป็นตัวเลขที่ได้จากการคาดคะเนซึ่งถือเป็นค่าไม่แน่นอน เมื่อนำตัวเลขเหล่านี้คูณกับตัวเลขอื่นก็ยิ่งเกิดความไม่แน่นอนมากขึ้น จากผลลัพธ์พบว่า เลข 2 เป็นตัวเลขตัวแรกที่ไม่แน่นอน แต่ยังคงว่าเป็นเลขที่มีนัยสำคัญ จากตัวอย่างแสดงให้เห็นว่า ถ้าตัวตั้งมีจำนวนเลขนัยสำคัญ 3 ตัว ตัวคูณมีจำนวนเลขนัยสำคัญ 4 ตัว ผลลัพธ์ที่บันทึกได้จะมีจำนวนเลขนัยสำคัญ 3 ตัว ซึ่งเท่ากับจำนวนเลขนัยสำคัญที่น้อยที่สุด สำหรับการหาร เลขนัยสำคัญก็ยึดหลักการเช่นเดียวกัน

ดังนั้น พื้นที่ของแท่งไม้มีค่าเท่ากับ 38.2 ตารางเซนติเมตร

ตอบ

ในการบันทึกผลการวัดโดยเฉพาะเครื่องมือวัดที่เป็นแบบขีดสเกลย่อมมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งเป็นค่าที่เกิดจากการประมาณของผู้วัดรวมอยู่ด้วย และผู้วัดแต่ละคนอาจจะประมาณตัวเลขนี้ได้ค่าที่แตกต่างกันได้ แต่โดยหลักสากลจะมีการระบุความคลาดเคลื่อนไว้ที่ระดับหนึ่งเพื่อให้เป็นบรรทัดฐานของการวัดด้วยเครื่องมืออื่น ๆ เมื่อต้องนำผลการวัดที่มีการระบุขอบเขตของความคลาดเคลื่อนไว้มานำใช้ในการคำนวณจะมีวิธีการอย่างไร ให้นักเรียนศึกษาจากกรณีตัวอย่างดังต่อไปนี้

การคำนวณผลการวัดที่มีค่าความคลาดเคลื่อนระบุไว้

1. การบวกและการลบ ค่าความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์จะมีค่าเท่ากับผลบวกหรือผลลบของตัวเลขที่ยานได้จากเครื่องมือวัดบวกหรือลบของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากเครื่องมือวัด ดังนี้

$$(a \pm \Delta a) \pm (b \pm \Delta b) = (a \pm b) \pm (\Delta a + b \Delta)$$

ตัวอย่างที่ 1.7 มดแดงวัดความยาวของผ้าชิ้นหนึ่งได้ 25.26 ± 0.01 เมตร และชิ้นที่สองได้ความยาว 2.9 ± 0.1 เมตร ผ้าของมดแดงมีความยาวรวมทั้งหมดเท่าไร

วิธีทำ

$$\begin{aligned}\text{ความยาวของผ้าทั้งหมด} &= (25.26 \pm 0.01) + (2.9 \pm 0.1) \\ &= (25.26 + 2.9) \pm (0.01 + 0.1) \\ &= 28.16 \pm 0.11 \text{ เมตร}\end{aligned}$$

เนื่องจากเครื่องมือวัดมดแดงใช้ความละเอียดไม่เท่ากัน การตอบต้องยึดตามเครื่องมือที่มีความละเอียดน้อยที่สุด

ดังนั้น ผ้าของมดแดงมีความยาวรวมทั้งหมด 28.2 ± 0.1 เมตร

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.8 มดดำมีผ้าชิ้นหนึ่งวัดความยาวได้ 35.20 ± 0.01 เมตร เมื่อตัดผ้าความยาว 28.54 ± 0.01 เมตร เพื่อนำไปปูโต๊ะ มดดำจะเหลือผ้าความยาวเท่าไร

วิธีทำ

$$\begin{aligned}\text{ความยาวของผ้าที่เหลือ} &= (35.20 \pm 0.01) - (28.54 \pm 0.01) \\ &= (35.20 - 28.54) \pm (0.01 + 0.01) \\ &= 6.66 \pm 0.02 \text{ m}\end{aligned}$$

ดังนั้น มดดำจะเหลือผ้าที่มีความยาวอยู่ระหว่าง 6.64–6.68 เมตร

ตอบ

2. การคูณหรือการหาร ค่าความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ที่ได้จากการคูณหรือการหารจะมีค่าเท่ากับผลบวกของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของแต่ละปริมาณ ดังนี้

การคูณ

$$(a \pm \Delta a) \times (b \pm \Delta b) = (a \cdot b) \pm \left(\frac{\Delta a}{a} \times 100 + \frac{\Delta b}{b} \times 100 \right) \%$$

การหาร

$$(a \pm \Delta a) \div (b \pm \Delta b) = \left(\frac{a}{b} \right) \pm \left(\frac{\Delta a}{a} \times 100 + \frac{\Delta b}{b} \times 100 \right) \%$$

ตัวอย่างที่ 1.9 จงหาความหนาแน่นของวัตถุที่มีมวล 75.4 ± 0.1 กรัม และมีปริมาตร 18.5 ± 0.2 ลูกบาศก์เซนติเมตร

วิธีทำ จาก

$$\begin{aligned}D &= \frac{M}{V} \\ \text{จะได้} \quad D &= \frac{M}{V} \pm \left(\frac{\Delta M}{M} \times 100 + \frac{\Delta V}{V} \times 100 \right) \% \\ &= \frac{75.4}{18.5} \pm \left(\frac{0.1}{75.4} + \frac{0.2}{18.5} \right) \times 100 \% \\ &= 4.076 \pm 1.21 \% \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

พิจารณาคำตอบโดยยึดหลักการหารเลขนัยสำคัญจะได้ผลลัพธ์เป็น $4.08 \pm 1.21 \%$

หมายความว่า ผลลัพธ์ 100 g/cm^3 มีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าจริง 1.21 g/cm^3

ถ้าผลลัพธ์ 4.08 g/cm^3 จะมีความคลาดเคลื่อนไปจากค่าจริง $\frac{1.21 \times 4.08}{100} = 0.05 \text{ g/cm}^3$

ดังนั้น ความหนาแน่นของวัตถุมีค่าเท่ากับ 4.08 ± 0.05 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.10 ลูกกลมที่มีรัศมี 1.20 ± 0.01 เมตร จะมีปริมาตรที่คลาดเคลื่อนได้กี่เปอร์เซ็นต์และคิดเป็นค่าความคลาดเคลื่อนได้เท่าไร

วิธีทำ จาก

$$\begin{aligned}V &= \frac{4}{3} \pi R^3 \\ &= \frac{4}{3} \times \frac{22}{7} (1.20)^3 \pm \left(\frac{3 \Delta R}{R} \right) \times 100 \% \\ &= 7.24 \pm \left(\frac{3 \times 0.01}{1.20} \right) \times 100 \% \\ &= 7.24 \pm 2.5 \% \\ \Delta V &= \frac{7.24 \times 2.5}{100} = 0.18 \text{ m}^3\end{aligned}$$

ดังนั้น ลูกกลมจะมีปริมาตรคลาดเคลื่อนได้ 2.5 เปอร์เซ็นต์ และคิดเป็นค่าความคลาดเคลื่อนได้ 0.18 ลูกบาศก์เมตร

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.11 ในการวัดความยาวของวัตถุชิ้นหนึ่งวัดได้ 10.24 เซนติเมตร ถ้าผู้วัดเห็นว่าตัวเลขสุดท้ายอาจเป็น 2 หรือ 6 ก็ได้ เขาควรบันทึกผลการวัดอย่างไร

วิธีทำ จากโจทย์ ค่าของผลการวัด = 10.24 เซนติเมตร
 จะได้ ค่าที่น้อยที่สุด = 10.22 เซนติเมตร
 และค่ามากที่สุด = 10.26 เซนติเมตร

$$A - \Delta A = 10.22$$

$$10.24 - \Delta A = 10.22$$

$$\Delta A = 0.02 \text{ เซนติเมตร}$$

และ

$$A + \Delta A = 10.26$$

$$10.24 + \Delta A = 10.26$$

$$\Delta A = 0.02 \text{ เซนติเมตร}$$

ดังนั้น ควรบันทึกผลการวัดเป็น 10.24 ± 0.02 เซนติเมตร

ตอบ



กิจกรรมตรวจสอบการเรียนรู้ที่ 1.5

จงตอบคำถามต่อไปนี้

- จงเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง
 5.79 มีเลขนัยสำคัญ _____ ตัว 3.9×10^4 มีเลขนัยสำคัญ _____ ตัว
 49.66 มีเลขนัยสำคัญ _____ ตัว 0.411×10^5 มีเลขนัยสำคัญ _____ ตัว
 0.780 มีเลขนัยสำคัญ _____ ตัว 7.0060 มีเลขนัยสำคัญ _____ ตัว
 0.009 มีเลขนัยสำคัญ _____ ตัว 0.0634 มีเลขนัยสำคัญ _____ ตัว
- จำนวน 245,000.0 เขียนเป็นเลขนัยสำคัญ 3 ตัว ได้อย่างไร
- จำนวน 1,600.00 เขียนเป็นเลขนัยสำคัญ 2 ตัว ได้อย่างไร
- จำนวน $3,560,000 \times 10^{11}$ เขียนเป็นเลขนัยสำคัญ 3 ตัว ได้อย่างไร
- จากรูป ให้นักเรียนคำนวณหาปริมาตรของน้ำมันที่บรรจุในภาชนะทรงกระบอกนี้



- มวลของลูกบาศก์ดินมีค่าเท่ากับ 865.16 กรัม แต่ละด้านของลูกบาศก์ยาว 53.5 มิลลิเมตร จงหาความหนาแน่นของลูกบาศก์นี้



กิจกรรมสะเต็มศึกษา

“เครื่องมือวัด”

คำชี้แจง

- ให้นักเรียนจัดกลุ่ม ๆ ละ 6 คน และตั้งชื่อกลุ่ม
- ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำกิจกรรมสะเต็มจากใบกิจกรรมที่กำหนดให้
- ทำกิจกรรมสะเต็มตามหัวข้อที่กำหนดให้
- การทำกิจกรรมต้องระดมสมอง สืบค้นความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์โดยนำมาบูรณาการสร้างผลงาน อภิปรายเพื่อแสดงความคิดเห็นโดยใช้เหตุผลในการโต้แย้งจากประจักษ์พยานที่พบตลอดการทำกิจกรรมเพื่อให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยคำนึงถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการทำกิจกรรม
- เตรียมความพร้อมที่จะนำเสนอผลงานเพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

หัวข้อที่กำหนด

• สร้างเครื่องมือวัดอย่างง่าย

- ให้นักเรียนสร้างเครื่องมือวัดความยาวเพื่อใช้แทนไม้บรรทัดหรือตลับเมตร โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายและกำหนดหน่วยวัดในแบบของนักเรียนเอง
- ทดลองวัดขนาดของวัตถุต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบผลการวัดกับไม้บรรทัด
- ผลการวัดจะประกอบไปด้วยค่าที่แน่นอนจากการวัดและค่าที่เกิดจากการประมาณของผู้วัด
- ค่าความคลาดเคลื่อนของผลการวัดจะได้มาจากการวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยของผลการวัดและค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด
- การบอกผลการวัดควรระบุค่าความคลาดเคลื่อนและพิจารณาเลขนัยสำคัญด้วย





สรุป

หลังจากศึกษาหน่วยการเรียนรู้แล้ว นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ (Knowledge) ทักษะ/กระบวนการ (Process) และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attribute) ดังนี้

K

- วิชาฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ โดยใช้การวัดและการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ มาสรุปเป็นหลักการ ทฤษฎี หรือกฎ
- ปริมาณทางฟิสิกส์ใช้ระบบหน่วยมาตรฐาน เรียกว่า ระบบเอสไอ ประกอบด้วยหน่วยฐานจำนวน 7 หน่วย ได้แก่ เมตร กิโลกรัม วินาที แอมแปร์ เคลวิน โมล และแคนเดลา หน่วยอนุพัทธ์เป็นหน่วยที่สร้างขึ้นจากหน่วยฐาน และหน่วยเสริมเป็นหน่วยที่ใช้วัดมุม คือ เรเดียนและสเตอเรเดียน
- การทดลองทางฟิสิกส์จะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ คือ การวิเคราะห์ปัญหาเพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ของการทดลอง การตั้งสมมติฐาน การทดลองโดยบันทึกผลในรูปแบบของตารางหรือกราฟ การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยเชื่อมโยงหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง และการสรุปผลการทดลอง
- เครื่องมือวัดแต่ละชนิดมีความละเอียดแตกต่างกันและทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนแตกต่างกัน ด้วย การเลือกใช้เครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด จะทำให้ผลการวัดใกล้เคียงกับค่าจริง และเกิดค่าความคลาดเคลื่อนน้อย
- เลขนัยสำคัญ คือ ตัวเลขที่ได้จากการวัดจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของเครื่องมือวัด โดยการบันทึกผลการวัดและการคำนวณค่าจากผลการวัดจะต้องคำนึงถึงเลขนัยสำคัญเสมอ

P

- วัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องเหมาะสมโดยพิจารณาความคลาดเคลื่อนในการวัดด้วย
- รายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องเหมาะสม
- นำเสนอผลการทดลองในรูปของกราฟ
- วิเคราะห์และแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง
- มีทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

A

- มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้และแสวงหาความรู้เพิ่มเติม
- มีความมุ่งมั่นในการทำกิจกรรมการทดลองเพื่อให้ได้ผลสำเร็จ
- มีความซื่อตรงต่อการรายงานผลการทดลอง

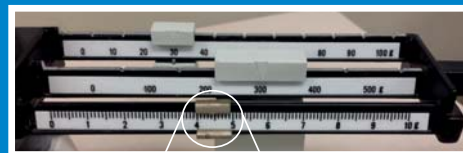


แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

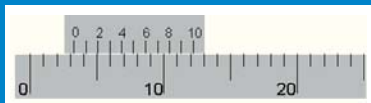
1. จงอธิบายเกี่ยวกับการพัฒนาความรู้ของมนุษย์เพื่อให้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้
2. จงอธิบายและยกตัวอย่างการนำความรู้ทางฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง
3. ความรู้ทางฟิสิกส์สามารถทำให้เกิดการพัฒนาด้านเทคโนโลยีต่าง ๆ ได้อย่างไร จงอธิบายและยกตัวอย่างประกอบ
4. จงอธิบายเกี่ยวกับหน่วยของปริมาณต่าง ๆ ที่เป็นที่ยอมรับของนานาชาติ
5. จงเขียนปริมาณต่อไปนี้ในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์

5.1 560,000,000 เมตร	5.2 7,539,000 กิโลเมตร
5.3 0.00048 กิโลกรัม	5.4 0.00127 วินาที
6. จงเขียนปริมาณต่อไปนี้ โดยใช้คำอุปสรรคตามที่กำหนด

6.1 ความยาว 32 กิโลเมตร ให้มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรและนาโนเมตร
6.2 มวล 0.00015 เมกะกรัม ให้มีหน่วยเป็นกิโลกรัมและมิลลิกรัม
7. ถ้าต้องการปูพรมให้เต็มพื้นที่ห้องหนึ่งซึ่งมีด้านยาว 12.71 เมตร และด้านกว้าง 3.46 เมตร จงหาพื้นที่ของพรมที่ใช้ปูพื้นที่ห้องนี้โดยพิจารณาเลขนัยสำคัญด้วย
8. จงอธิบายความสำคัญของการทดลองที่มีต่อการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์
9. ถ้าต้องการวัดความหนาของแผ่นกระดาษควรเลือกเครื่องมือวัดชนิดใด เพราะเหตุใด
10. เมื่อใช้เครื่องชั่งมวลของวัตถุตั้งรูป จะอ่านค่าได้เท่าไร



11. จากการใช้เวอร์เนียแคลิเปอร์วัดขนาดของวัตถุชิ้นหนึ่ง ได้สเกลเวอร์เนียและสเกลหลัก ดังรูป ถ้าสเกลเวอร์เนียมีความละเอียดเท่ากับ 0.01 มิลลิเมตร จะต้องบันทึกผลตามหลักเลขน้อยสำคัญอย่างไร



12. จงหาผลลัพธ์ตามหลักการของเลขน้อยสำคัญ
 12.1 $1.2+62.543+10.12$ 12.2 123.45×2.0
13. เหล็กแท่งหนึ่งมีมวล 47.0 กรัม สัมปริมาตร 6.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตัวเลขที่เหมาะสมสำหรับบอกค่าความหนาแน่นของเหล็กแท่งนี้มีค่าเท่าไรในหน่วยกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
14. นักเรียนคนหนึ่งใช้เครื่องมือวัดที่มีความละเอียด 0.01 เซนติเมตร วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหรียญบาท ได้ 2.59 เซนติเมตร เมื่อพิจารณาเลขน้อยสำคัญเขาควรจะบันทึกค่าพื้นที่หน้าตัดได้เท่าไร
15. ได้สี่เหลี่ยมตัวหนึ่งมีด้านกว้าง 35.5 ± 0.1 เซนติเมตร มีด้านยาว 112.5 ± 0.2 เซนติเมตร โด๊ะตัวนี้มีพื้นที่เท่าไร
16. จงอธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับความสำคัญของเครื่องมือวัดและการเลือกใช้เครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด
17. จากการทดลองวัดความเข้มแสงที่ทะลุผ่านวัตถุชนิดหนึ่งที่มีความหนาต่าง ๆ กัน ได้ข้อมูลดังตาราง

ความหนาของวัตถุ (เซนติเมตร)	ความเข้มแสงที่ทะลุผ่านวัตถุ (วัตต์/ตารางเมตร)
1	98
2	75
3	45
4	33
5	21
6	12
7	11
8	7
9	6

ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในตารางเขียนกราฟเพื่อหาสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (μ) หาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับความเข้มแสงที่ทะลุผ่านวัตถุชิ้นนี้ และแปลความหมายจากการทดลอง โดยพิจารณาเลขน้อยสำคัญด้วย