

ฟิสิกส์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

4

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



ผู้เรียบเรียง

ผศ. ดร.สุโกสินทร์ ทองรัตนศิริ
ดร.มนต์อมร ปรีชารัตน์

ผู้ตรวจ

ดร.สุริษา เละเขื่อน
ดร.นิรุธ ล้ำเลิศ
น.ท.หญิง ปวีณา ธารรักษ์

บรรณาธิการ

ผศ. ดร.เอกภูมิ จันทรวงศ์
ผศ. ดร.ชนินันท์ พงษ์ประมุข

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ปีที่พิมพ์ 2567

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวนพิมพ์ 20,000 เล่ม

ISBN : 978-616-606-060-7

รหัสสินค้า 3418027

อักษ
www.aksorn.com

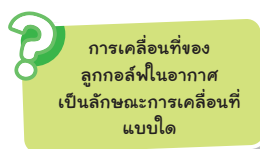
จัดพิมพ์และจำหน่ายทั่วประเทศโดย
บริษัท อักษรเจริญทัศน์ อจก. จำกัด
142 ถนนตะนาว เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200
โทร. 0 2622 2999 (จัดโบสถ์ 20 คูสาย)
พิมพ์ที่: บริษัท ไทยรับเกล้า จำกัด โทร. 0 2903 9101-6



คำแนะนำในการใช้สื่อ



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1 จัดทำขึ้นสำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยดำเนินการจัดทำให้สอดคล้องตามผลการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้ผู้เรียนรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อม สามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาคมโลกได้

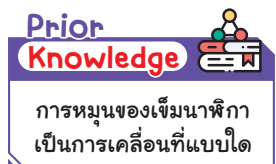


Big Question

คำถามกระตุ้นการเรียนรู้
ก่อนเข้าสู่เนื้อหา เพื่อให้เกิด
กระบวนการสืบเสาะหาความรู้



คำถามตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน
ก่อนเข้าสู่การเรียนการสอน



คำถามทบทวนความรู้เดิม
ของผู้เรียน เพื่อเชื่อมโยงสู่
ความรู้ใหม่

Summary

สรุปเนื้อหาเพื่อให้ผู้เรียนได้ทบทวนสาระสำคัญ
ประจำหน่วยการเรียนรู้



กิจกรรมให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติเพื่อ
เสริมสร้างทักษะทางวิทยาศาสตร์

Unit questions 1

แบบฝึกหัดประจำหน่วยการเรียนรู้ เพื่อใช้
ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Self Check

คำถามเพื่อให้ผู้เรียนตรวจสอบ
ความรู้ ความเข้าใจด้วยตนเอง



แนวข้อสอบเพื่อเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา



กิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือ
ปฏิบัติจริง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้
และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง



H.O.T.S.

คำถามท้าทายการคิดขั้นสูง

คำถามเพื่อให้ผู้เรียนพัฒนา
การคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์
คิดอย่างมีวิจารณญาณ



ความรู้เสริมจากเนื้อหา
เพื่อย่อยความรู้ของผู้เรียน

Physics

in Real Life

เชื่อมโยงความรู้ทาง
ฟิสิกส์สู่ชีวิตประจำวัน



QR Code

ใช้สมาร์ตโฟนเพื่อสแกนเพื่อดู
สื่อดิจิทัลเพิ่มเติม



เชื่อมโยงสู่แบบฝึกหัดเพื่อให้ผู้เรียน
ฝึกฝนจนเกิดความเชี่ยวชาญ



คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

ฟิสิกส์ เล่ม 1

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เวลา 80 ชั่วโมง

ศึกษาความรู้ทางฟิสิกส์ ธรรมชาติของวิชาฟิสิกส์ การวัดปริมาณทางฟิสิกส์ เลขน้อยสำคัญ ความคลาดเคลื่อนในการวัด การแสดงผลการทดลองในรูปของกราฟ ความหมายจากกราฟเส้นตรง ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงที่มีความเร่งคงตัวจากกราฟ สมการค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก แรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล การใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่งและวัตถุเคลื่อนที่ สมบัติประสิทธิภาพเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ และนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวัน การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และปริมาณต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม มวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ การประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การอภิปราย การอธิบาย และการสรุปผล เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความคิด และความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตตนเอง ตลอดจนมีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยม ที่ถูกต้อง



ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นและอธิบายการค้นหาคำศัพท์ทางฟิสิกส์ ประวัติความเป็นมา รวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยีได้
2. วัดและรายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องเหมาะสม โดยนำความคลาดเคลื่อนในการวัดมาพิจารณาในการนำเสนอผล รวมทั้งแสดงผลการทดลองในรูปของกราฟ วิเคราะห์และแปลความหมายจากกราฟเส้นตรงได้
3. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงที่มีความเร่งคงตัวจากกราฟและสมการ รวมทั้งทดลองหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้
4. ทดลองและอธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกันได้
5. เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ ทดลองและอธิบายกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้
6. อธิบายกฎความโน้มถ่วงสากลและผลของสนามโน้มถ่วงที่ทำให้วัตถุมีน้ำหนัก รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้
7. วิเคราะห์ อธิบาย และคำนวณแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่งและวัตถุเคลื่อนที่ รวมทั้งทดลองหาสมบัติประสิทธิภาพเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ และนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
8. อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้
9. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียมได้

รวม 9 ผลการเรียนรู้

สารบัญ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1



การศึกษา วิชาฟิสิกส์

2-29

ธรรมชาติของฟิสิกส์	3
สาขาความรู้ของวิชาฟิสิกส์	8
การวัดปริมาณทางกายภาพในเชิงฟิสิกส์	10
• หน่วย	10
• การอ่านค่าจากเครื่องมือวัด	16
เลขนัยสำคัญ	18
• หลักการพิจารณาเลขนัยสำคัญ	19
• หลักการคำนวณเลขนัยสำคัญ	21
• การรายงานความคลาดเคลื่อนจากการวัด	24
Unit questions 1	27
แนวข้อสอบ A-Level	29

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2



การเคลื่อนที่ ในแนวตรง

30-85

ปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ	31
• ตำแหน่ง ระยะทาง และการกระจัด	31
• อัตราเร็วและความเร็ว	35
เครื่องเคาะสัญญาณเวลา	43
ความเร่ง	47
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่างๆ ของการเคลื่อนที่แนวตรง	53
• กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งกับเวลา	53
• กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา	55
• ความสอดคล้องกันของกราฟ x-t กราฟ v-t และกราฟ a-t	57
การเคลื่อนที่ของวัตถุกรณีความเร่งมีค่าคงตัว	61
วัตถุตกแบบอิสระด้วยความเร่งคงตัว	66
Unit questions 2	78
แนวข้อสอบ A-Level	85

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3



แรงและกฎ การเคลื่อนที่

86-145



หน่วยการเรียนรู้ที่ 4



การเคลื่อนที่ แนวโค้ง

146-187

กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)	187
บรรณานุกรม	188

แรง	87
• การหาแรงลัพธ์โดยการวาดรูป	88
• การหาแรงลัพธ์โดยการคำนวณ	89
• การหาแรงลัพธ์โดยการแยกองค์ประกอบของเวกเตอร์	95
มวล	99
กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	100
• กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	101
• กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน	102
• กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	107
แรงดึงในเส้นเชือก	109
น้ำหนัก	110
กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	112
• การทดลองวัดค่าแรงดึงดูดระหว่างมวลของคาเวนดิช	114
• ค่าความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วง	116
แรงแนวฉาก	118
แรงเสียดทาน	120
การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	128
• การหาแรงปฏิกิริยาและการชั่งน้ำหนักในลิฟต์	129
• การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง	131
• แรงดึงในเส้นเชือกเบาและรอกเบา	133
• แรงดึงในเส้นเชือกที่มีมวลที่ถูกรวบรวมในแนวดิ่ง	134
Unit questions 3	139
แนวข้อสอบ A-Level	145
การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	147
• เงื่อนไขของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	148
• สมการพาราโบลาของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	153
การเคลื่อนที่แบบวงกลม	160
• การเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอ	161
• การเคลื่อนที่แบบวงกลมไม่สม่ำเสมอ	168
• การเคลื่อนที่ของรถยนต์บนถนนโค้ง	171
• การเคลื่อนที่ของดาวเทียม	176
Unit questions 4	182
แนวข้อสอบ A-Level	186



? ฟิสิกส์คืออะไร และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนอย่างไร

1

หน่วยการเรียนรู้ที่

การศึกษาวิชาฟิสิกส์

การศึกษาวิชาฟิสิกส์ เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยอาศัยการวัดปริมาณทางกายภาพและการวิเคราะห์ข้อมูล จนได้ข้อสรุปที่เป็นหลักการและทฤษฎีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประดิษฐ์วัสดุอุปกรณ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันของมนุษย์ได้

Check for Understanding

พิจารณาข้อความตามความเข้าใจของนักเรียนว่าถูกหรือผิด แล้วบันทึกลงในสมุดบันทึก	ถูก/ผิด
1. การทดลอง เป็นวิธีการหนึ่งในการค้นคว้าหาความรู้ทางฟิสิกส์	
2. ปริมาณทางฟิสิกส์ ต้องประกอบไปด้วยคุณภาพที่ได้จากการวัดและหน่วยที่ใช้	
3. 1 กิโลเมตร เท่ากับ 1,000 เมตร	
4. หน่วย เมตรต่อวินาที จัดอยู่ในหน่วยฐาน	บันทึกลงในสมุด
5. การวัดปริมาณทางฟิสิกส์ในลักษณะเดิม จะได้ค่าที่เท่าเดิมเสมอ ไม่ว่าจะวัดกี่ครั้งก็ตาม	

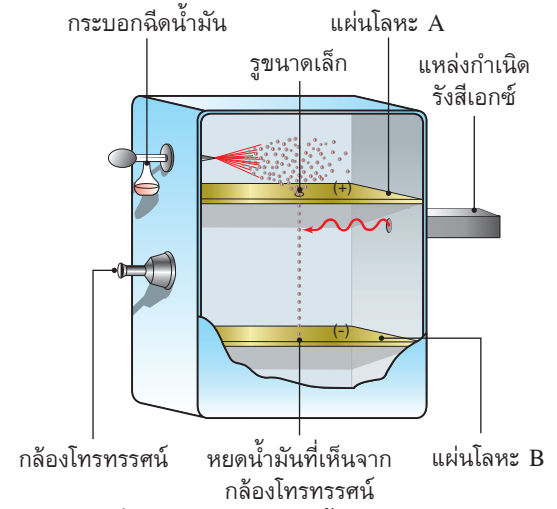
Prior Knowledge

ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ จำเป็นต้องทำการทดลองหรือไม่ อย่างไร

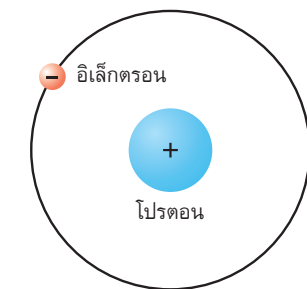
1 ธรรมชาติของฟิสิกส์

ฟิสิกส์ (Physics) เป็นศาสตร์วิชาที่ว่าด้วยกฎเกณฑ์หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของสิ่งที่ไม่มีชีวิต ที่จะมุ่งเน้นศึกษาในเรื่องอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างอนุภาคของสสารและพลังงาน ซึ่งฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์กายภาพที่จัดอยู่ในประเภทวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์

การได้มาซึ่งความรู้ทางฟิสิกส์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 แนวทาง แนวทางโดยทั่วไปเกิดจากการที่นักฟิสิกส์ได้ทำการสังเกต ทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วนำผลลัพธ์หรือข้อมูลที่ได้นั้นมาวิเคราะห์และสรุปเป็นหลักการหรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ ตัวอย่างเช่น การทดลองหยดน้ำมัน เพื่อหาค่าประจุต่อมวลของอิเล็กตรอน (Millikan) อีกหนึ่งแนวทางจะเกิดจากการสร้างแบบจำลองทางความคิด เพื่อสรุปเป็นทฤษฎีที่สามารถนำมาใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ หรือทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้น เช่น แบบจำลองอะตอมไฮโดรเจนตามทฤษฎีอะตอมของโบร์ (Bohr)



ภาพที่ 1.1 การทดลองหยดน้ำมันของมิลลิแกน ที่มา : <http://wps.prenhall.com>



ภาพที่ 1.2 แบบจำลองอะตอมธาตุไฮโดรเจนของโบร์ ที่มา : คลังภาพ อจท.

ในการศึกษาวิชาฟิสิกส์ การทดลองเป็นขั้นตอนสืบเสาะหาความรู้ที่สำคัญมาก ในการทำการทดลองเพื่อศึกษาทฤษฎีทางฟิสิกส์แต่ละเรื่องนั้น ผู้ทำการทดลองจะต้องออกแบบวิธีการทดลองให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในเรื่องที่ต้องการศึกษา เพื่อที่จะได้ผลการทดลองที่สร้างความเข้าใจและสามารถนำมาวิเคราะห์หาเหตุผล เพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปที่มีความน่าเชื่อถือต่อไปได้

เมื่อทำการทดลองก็จะต้องมีการบันทึกผลการทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูล ดังนั้น การบันทึกผลการทดลองจะต้องบันทึกข้อมูลให้ถูกต้อง ครบถ้วนตามจุดประสงค์ของการทดลอง และจัดเก็บข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถอ่านทำความเข้าใจได้ง่าย สะดวกต่อการนำไปวิเคราะห์ต่อไป



ฟิสิกส์



การวิเคราะห์ผลการทดลองทางฟิสิกส์ จะต้องใช้วิธีทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการคำนวณ ตัวอย่างเช่น หากวัดอุณหภูมิของห้องเรียน โดยทำการวัดเพียงครั้งเดียว ผู้ทำการทดลองสามารถอ่านค่าอุณหภูมิแล้วจดบันทึกอุณหภูมิได้เลย แต่ถ้าทำการวัดอุณหภูมิของห้องเรียนหลายครั้ง ผู้ทำการทดลองอาจบันทึกข้อมูลไว้ในรูปแบบตาราง ตัวอย่างเช่น ตารางที่ 1.1 ซึ่งเป็นตารางบันทึกผลการวัดอุณหภูมิของห้องเรียน วันที่ 22 กันยายน พ.ศ. 2566

ตารางที่ 1.1 : บันทึกผลการวัดอุณหภูมิของห้องเรียน วันที่ 22 ก.ย. พ.ศ. 2566

เวลา	อุณหภูมิ (°C)
7.00 น.	27
8.00 น.	28
9.00 น.	30
10.00 น.	31
11.00 น.	32
12.00 น.	32

ที่ช่วยให้อ่านข้อมูลได้สะดวกและวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้น และหากต้องการแสดงความแม่นยำของข้อมูลให้มากขึ้น ควรต้องแสดงข้อมูลด้วยค่ากลางของชุดข้อมูลพร้อมกับค่าที่ใช้วัดการกระจายตัวของชุดข้อมูล ซึ่งจะช่วยให้ทำความเข้าใจกับข้อมูลที่ได้จากการทดลองได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ค่ากลางของข้อมูลที่นิยมใช้การทดลองทางฟิสิกส์คือ **ค่าเฉลี่ย (Mean)** และการวัดกระจายตัวของชุดข้อมูลจะรายงานเป็น**ค่าความคลาดเคลื่อน (error)** ของค่าเฉลี่ย ซึ่งมีหลายวิธี ในช่วงชั้นนี้เราจะใช้วิธีตามสมการด้านล่าง ส่วนรายละเอียดของความคลาดเคลื่อนจากการวัด และลักษณะการรายงานความคลาดเคลื่อนจากการวัด จะถูกกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

$$\Delta \bar{x} = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2}$$

$\Delta \bar{x}$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ย
 $x_{\max}$ คือ ข้อมูลที่มีค่ามากที่สุดที่วัดได้
 $x_{\min}$ คือ ข้อมูลที่มีค่าน้อยที่สุดที่วัดได้

การเลือกค่าของข้อมูลที่ได้จากการวัดเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ย จะต้องเลือกค่าที่วัดได้ไม่แตกต่างกันมาก กรณีที่วัดได้บางค่าแตกต่างจากข้อมูลส่วนใหญ่มาก ๆ จะไม่นำค่านั้นมาใช้ในการหาค่าเฉลี่ย เพราะค่านั้นอาจเกิดจากความผิดพลาดของตัวผู้วัดเองหรือจากเครื่องมือวัด ดังตัวอย่างที่ 1.1

Physics Focus ค่าเฉลี่ย

ค่าเฉลี่ย (Mean; $\bar{x}$) เป็นค่าที่นำมาใช้เป็นค่ากลางของข้อมูล

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

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล
 x_i คือ ค่าของข้อมูลแต่ละตัว
 N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ตัวอย่างที่ 1.1

นักเรียนกลุ่มหนึ่งมีสมาชิกทั้งหมด 5 คน ได้ทำการวัดความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทานตัวหนึ่ง ด้วยมัลติมิเตอร์แบบซีดสเกล โดยสมาชิกแต่ละคนจะวัดความต่างศักย์คนละครั้ง แล้วทำการบันทึกผลดังตาราง

การวัดครั้งที่	ความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทาน (V)
1	6.23
2	6.35
3	6.19
4	13.72
5	6.67

ก. จะต้องรายงานผลค่าเฉลี่ยของความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทานเป็นเท่าใด

วิธีทำ พิจารณาตารางบันทึกผลการวัดจะเห็นว่า ผลการวัดครั้งที่ 4 เท่ากับ 13.72 โวลต์ ซึ่งมีค่าแตกต่างจากข้อมูลที่วัดได้ส่วนใหญ่มาก จึงไม่นำข้อมูลการวัดครั้งนี้มาใช้ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ย

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

$$\bar{x} = \frac{6.23 \text{ V} + 6.35 \text{ V} + 6.19 \text{ V} + 6.67 \text{ V}}{4}$$

$$\bar{x} = 6.36 \text{ V}$$

ดังนั้น นักเรียนกลุ่มนี้จะต้องรายงานผลค่าเฉลี่ยของความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทานมีค่าเป็น 6.36 โวลต์

ข. จะต้องรายงานผลค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยของความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทานเป็นเท่าใด

วิธีทำ พิจารณาตารางบันทึกผลการวัดจะเห็นว่า ผลการวัดครั้งที่ 4 เท่ากับ 13.72 โวลต์ ซึ่งมีค่าแตกต่างจากข้อมูลที่วัดได้ส่วนใหญ่มาก จึงไม่นำข้อมูลการวัดครั้งนี้มาใช้ในการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ย

จากสมการ $\Delta \bar{x} = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2}$

$$\Delta \bar{x} = \frac{6.67 \text{ V} - 6.19 \text{ V}}{2}$$

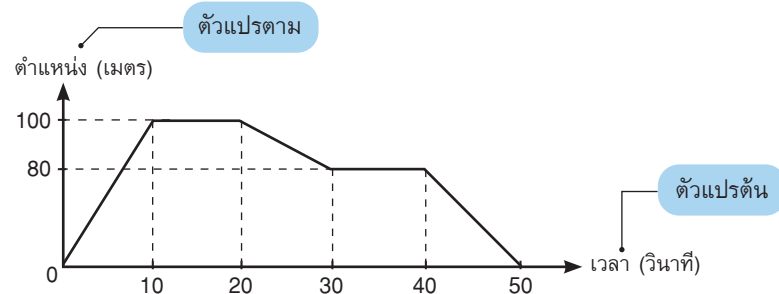
$$\Delta \bar{x} = 0.12 \text{ V}$$

ดังนั้น นักเรียนกลุ่มนี้จะต้องรายงานผลค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยของความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทานเป็น 0.12 โวลต์

ในการวัดปริมาณใด ๆ ในทางฟิสิกส์จำนวนหลายครั้ง นักฟิสิกส์มักนิยมรายงานค่าที่วัดได้ให้อยู่ในรูป $\bar{x} \pm \Delta \bar{x}$ จากตัวอย่างที่ 1.1 นักเรียนกลุ่มนี้จะต้องรายงานค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทานเป็น 6.36 ± 0.12 โวลต์

นอกจากการบันทึกข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของตารางบันทึกผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยแล้วนั้น การนำเสนอข้อมูลในลักษณะของแผนภูมิทางสถิติก็จะช่วยให้เข้าใจความหมายของข้อมูลได้ง่ายยิ่งขึ้น ซึ่งแผนภูมิทางสถิติที่นิยมใช้ในการนำเสนอข้อมูลมีหลายรูปแบบ เช่น แผนภูมิแท่ง แผนภูมิวงกลม

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์นอกจากสามารถแสดงผลของการวัดในรูปแบบของตารางหรือแผนภูมิต่าง ๆ ได้แล้วนั้น ยังสามารถนำข้อมูลที่ได้มาเขียนให้อยู่ในรูปแบบของกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ ได้อีกด้วย ซึ่งความสัมพันธ์เหล่านี้มักใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์เชิงทฤษฎี



▲ ภาพที่ 1.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งกับเวลาที่ได้จากการทดลอง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ยกตัวอย่างเช่น การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสองปริมาณ หรือตัวแปรสองตัวแปรที่แปรผันตรงกัน จะใช้การเขียนกราฟเส้นตรงช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยให้ค่าบนแกน X (แกนนอน) เป็นค่าของตัวแปรที่กำหนดไว้ หรือเรียกว่า ตัวแปรต้น (independent variable) และค่าบนแกน Y (แกนตั้ง) เป็นค่าของตัวแปรที่จะเปลี่ยนแปลงตามแกน X หรือเรียกว่า ตัวแปรตาม (dependent variable) เช่น ถ้าต้องการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เวลาใด ๆ เมื่อความเร็วคงตัวจะต้องให้เวลาเป็นตัวแปรต้น และให้ตำแหน่งของวัตถุเป็นตัวแปรตาม

Physics Focus

สมการเส้นตรง

สมการทางคณิตศาสตร์ของกราฟเส้นตรง

$$y = mx + c$$

เมื่อ y คือ ตัวแปรตาม
x คือ ตัวแปรต้น
c คือ จุดตัดบนแกน y
m คือ ความชันของกราฟเส้นตรง

โดยความชันของเส้นกราฟหาได้จาก $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$

▲ ภาพที่ 1.4 กราฟเส้นตรง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

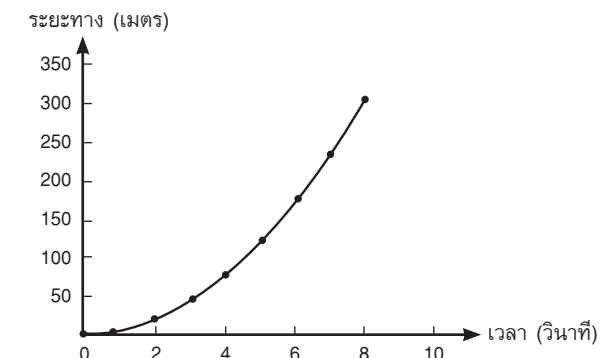
ตัวอย่างที่ 1.2

ณ ศูนย์วิจัยเกล็นน์ (Glenn research center) ของนาซาได้มีการวิจัยการตกแบบอิสระของวัตถุ โดยให้วัตถุตกแบบอิสระในสุญญากาศซึ่งจะทำให้แรงที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุมีเพียงแรงเดียว คือ แรงโน้มถ่วงของโลก โดยนักวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง ดังตาราง (NASA, 2015)

เวลา (วินาที)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
ระยะทาง (เมตร)	0	4.9	19.6	44.1	78.4	122.5	176.4	240.1	313.6

ก ให้นักเรียนเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลา

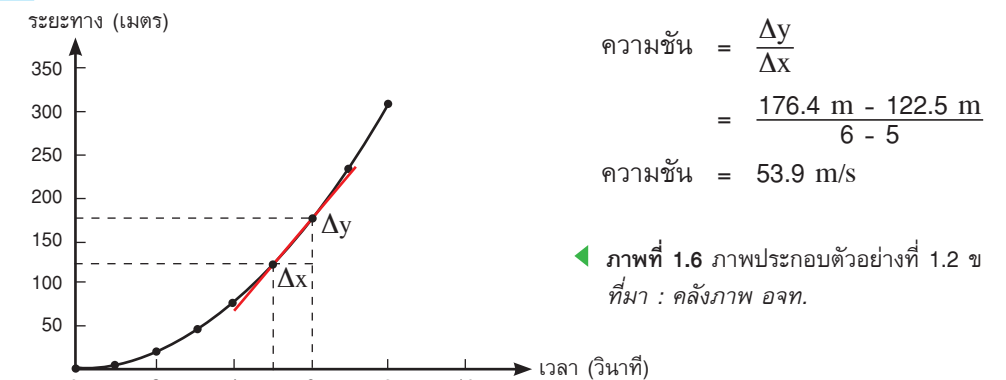
วิธีทำ จากข้อมูลที่ได้จะเห็นได้ว่า เวลาเป็นตัวแปรต้นและระยะทางเป็นตัวแปรตาม ซึ่งเขียนกราฟได้ดังนี้



▲ ภาพที่ 1.5 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.2 ก
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ข ให้นักเรียนคำนวณหาความชันของกราฟในช่วงเวลาวินาทีที่ 5 ถึงวินาทีที่ 6 และวิเคราะห์ว่าความชันของกราฟแสดงถึงปริมาณใด

วิธีทำ พิจารณาหาความชันของกราฟในช่วงเวลาวินาทีที่ 5 ถึงวินาทีที่ 6



$$\begin{aligned} \text{ความชัน} &= \frac{\Delta y}{\Delta x} \\ &= \frac{176.4 \text{ m} - 122.5 \text{ m}}{6 - 5} \\ \text{ความชัน} &= 53.9 \text{ m/s} \end{aligned}$$

▲ ภาพที่ 1.6 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.2 ข
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ดังนั้น ความชันของกราฟในช่วงเวลาวินาทีที่ 5 ถึงวินาทีที่ 6 คือ อัตราเร็วเฉลี่ยของวัตถุในช่วงเวลาวินาทีที่ 5 ถึงวินาทีที่ 6 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 53.9 เมตรต่อวินาที

การพัฒนาของเทคโนโลยี
มีผลต่อการศึกษาและ
การวิจัยในวิชาฟิสิกส์
อย่างไร

2 สาขาความรู้ของวิชาฟิสิกส์

ในอดีตนักฟิสิกส์จะศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับระบบของ
อนุภาคขนาดใหญ่ โดยใช้อุปกรณ์ที่ไม่ซับซ้อนมากนัก แต่ต่อมา
เทคโนโลยีได้พัฒนามากขึ้น นักฟิสิกส์จึงสามารถศึกษาระบบของ
อนุภาคที่มีขนาดเล็กลงได้ ซึ่งผลของการวิจัยนี้ทำให้เกิดสาขา
ความรู้ทางฟิสิกส์แตกแขนงออกมาอีกหลายสาขา

ความรู้ทางฟิสิกส์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ตามยุคสมัย ได้แก่ ฟิสิกส์แบบฉบับ และ
ฟิสิกส์ยุคใหม่ โดยมีรายละเอียด ดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 : การจัดกลุ่มความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์ตามยุคสมัย

การจัดกลุ่มตามยุคสมัย	ความรู้ทางฟิสิกส์	ศึกษาเกี่ยวกับ
ฟิสิกส์แบบฉบับ (classical physics)	กลศาสตร์ (mechanics)	แรงและการเคลื่อนที่
	อุณหพลศาสตร์ (thermodynamics)	พลังงานและความร้อน
	ไฟฟ้าและแม่เหล็ก (electricity and magnetism)	กระแสไฟฟ้า สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก
	ทัศนศาสตร์ (optics)	พฤติกรรมของแสง
	คลื่น (wave)	พฤติกรรมของคลื่น
ฟิสิกส์ยุคใหม่ (modern physics)	ฟิสิกส์อะตอม (atomic physics)	โครงสร้างและพฤติกรรมของอะตอม
	ฟิสิกส์นิวเคลียร์ (nuclear physics)	นิวเคลียสของอะตอม
	ฟิสิกส์เชิงอนุภาค (particle physics)	อนุภาคมูลฐานของอะตอม
	จักรวาลวิทยา (cosmology)	การเกิดของเอกภพ

นอกจากนี้ ยังมีศาสตร์ด้านอื่น ๆ ที่มีการนำความรู้ทางฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้ เช่น ธรณีฟิสิกส์
(geophysics), สมุทรศาสตร์ฟิสิกส์ (ocean physics), บรรยากาศฟิสิกส์ (atmospheric physics),
ฟิสิกส์ดาราศาสตร์ (astrophysics), เคมีเชิงฟิสิกส์ (physical chemistry), ชีวฟิสิกส์ (biophysics),
เศรษฐฟิสิกส์ (econophysics)



ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้ทางฟิสิกส์

ฟิสิกส์แบบฉบับ (classical physics) ก่อนศตวรรษที่ 20

กลศาสตร์ (mechanics)

นำความรู้มาใช้ประดิษฐ์เครื่องจักรอำนวยความสะดวก
เช่น รถยก



อุณหพลศาสตร์ (thermodynamics)

นำความรู้มาใช้เป็นหลักการในการทำกระติกน้ำ
เก็บความร้อน



ไฟฟ้าและแม่เหล็ก (electricity and magnetism)

นำความรู้มาใช้ด้านอุปกรณ์การแพทย์ เช่น เครื่องวัด
คลื่นไฟฟ้าหัวใจ EKG ย่อมาจาก electrocardio-
gram ที่มีความหมายว่า ภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจ



ทัศนศาสตร์ (optics)

นำความรู้มาใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างผลงานด้าน
ความบันเทิง เช่น เครื่องฉายภาพยนตร์



ฟิสิกส์ยุคใหม่ (modern physics) ตั้งแต่ศตวรรษที่ 20 เป็นต้นมา

ฟิสิกส์อะตอม (atomic physics)

นำความรู้ที่เกี่ยวกับรังสีเอกซ์มาประยุกต์ใช้ในการ
ถ่ายภาพวัตถุทึบแสง เช่น เครื่องตรวจสแกนกระเป๋า
ที่สนามบิน



ฟิสิกส์นิวเคลียร์ (nuclear physics)

นำความรู้มาประยุกต์ใช้ด้านพลังงานเพื่อสร้าง
โรงไฟฟ้านิวเคลียร์



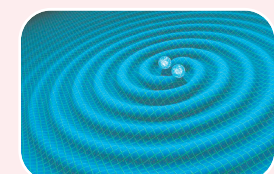
ฟิสิกส์เชิงอนุภาค (particle physics)

นำความรู้มาใช้ในการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพ
แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนด้วยภาพสูง (สถาบันวิจัย
แสงซินโครตรอน, 2559)



จักรวาลวิทยา (cosmology)

นำความรู้มาใช้ในการศึกษาการเกิดของเอกภพ
ทำให้พิสูจน์ได้ว่าคลื่นความโน้มถ่วงนั้นมีอยู่จริง



▲ ภาพที่ 1.7 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ความรู้ทางฟิสิกส์
ที่มา : คลังภาพ อจท.

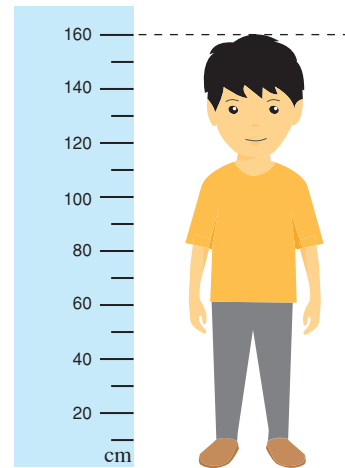
การบอกปริมาณในทางฟิสิกส์จำเป็นต้องมีการบอกหน่วยกำกับไว้ด้วยหรือไม่ อย่างไร

3 การวัดปริมาณทางกายภาพในเชิงฟิสิกส์

เนื่องจากฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นการศึกษาในเชิงปริมาณ ดังนั้น การศึกษาวิชานี้จะต้องวัดปริมาณทางกายภาพต่าง ๆ เพื่อนำเอาข้อมูลที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์หาข้อเท็จจริง โดยปริมาณทางกายภาพทางฟิสิกส์มีหลายปริมาณ เช่น ความยาว มวล เวลา น้ำหนัก กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิ

การกำหนดปริมาณทางฟิสิกส์ประกอบด้วย 2 สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ ปริมาณตัวเลขที่ได้จากการวัดและหน่วยที่ใช้ ยกตัวอย่างเช่น เด็กมีความสูง 160 เซนติเมตร แสดงว่าปริมาณตัวเลขที่ได้จากการวัด คือ 160 และหน่วยของความสูง คือ เซนติเมตร

การระบุหน่วยที่ใช้ในการวัดปริมาณเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากการวัดปริมาณทางกายภาพนั้น ข้อมูลที่ได้จะเป็นตัวเลข ดังนั้น เพื่อให้สามารถสื่อสารในสิ่งที่ทำการศึกษาให้ผู้อื่นเข้าใจ และง่ายต่อการนำไปใช้ได้ จึงต้องมีการระบุหน่วยที่ใช้ในการวัดปริมาณนั้น ๆ ด้วย



▲ ภาพที่ 1.8 การวัดความสูงของเด็ก
ที่มา : คลังภาพ อจท.

3.1 หน่วย

ในอดีตหน่วยที่ใช้สำหรับวัดปริมาณต่าง ๆ มีหลายระบบซึ่งไม่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ดังนั้น เพื่อให้เกิดมาตรฐานและความเข้าใจที่ตรงกันที่จะนำไปสู่การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ จึงได้มีการกำหนดหน่วยมาตรฐานสากล คือ ระบบหน่วยระหว่างชาติ (The International System of Units) หรือ SI (ย่อมาจากภาษาฝรั่งเศส Le Système international d'unités) ซึ่งเรียกว่า ระบบเอสไอ หรือหน่วยเอสไอ เพื่อใช้เป็นหน่วยกลาง ที่ทุกประเทศใช้เป็นมาตรฐานในการระบุหน่วยการวัดทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. หน่วยเอสไอ ประกอบด้วยหน่วยฐาน หน่วยเสริม หน่วยอนุพัทธ์ และคำนำหน้าหน่วย ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

Physics in Real Life

หน่วยวัดในมาตราไทย (เช่น คืบ ศอก วา) และหน่วยวัดในมาตราอังกฤษ (เช่น นิ้ว ฟุต ไมล์) เป็นหน่วยที่ใช้สื่อสารเฉพาะประเทศ ไม่ถือว่าเป็นหน่วยเอสไอ

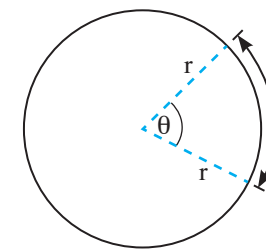
1) หน่วยฐาน (base units) เป็นหน่วยของปริมาณพื้นฐานที่สุด ซึ่งมีอยู่ 7 หน่วย แสดงได้ ดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 : หน่วยฐานของระบบเอสไอ

ปริมาณฐาน	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์
ความยาว	เมตร (meter)	m
มวล	กิโลกรัม (kilogram)	kg
เวลา	วินาที (second)	s
กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์ (ampere)	A
อุณหภูมิ	เคลวิน (kelvin)	K
ปริมาณของสาร	โมล (mole)	mol
ความเข้มของการส่องสว่าง	แคนเดลา (candela)	cd

2) หน่วยเสริม (supplementary units) เป็นหน่วยที่ไม่มีมิติในทางฟิสิกส์ แต่เป็นหน่วยที่ต้องใช้ในการวัดปริมาณบางอย่าง ประกอบด้วย 2 หน่วย คือ เรเดียน และสเตอเรเดียน

• เรเดียน (radian; rad) เป็นหน่วยที่ใช้วัดมุมในระบบ 2 มิติ โดยกำหนดให้ 1 เรเดียน คือ มุมระหว่างรัศมีสองเส้นของวงกลม รองรับด้วยส่วนของเส้นโค้งของวงกลมที่มีความยาวเท่ากับรัศมีของวงกลมนั้น ดังแสดงในภาพที่ 1.9 โดยจะเขียนความสัมพันธ์ได้ ดังสมการ

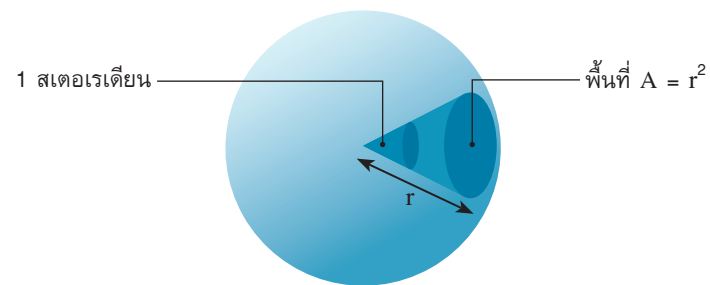


▲ ภาพที่ 1.9 มุมเรเดียน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

$$\theta = \frac{s}{r}$$

θ คือ มุมระหว่างรัศมีของวงกลม มีหน่วยเป็น เรเดียน (rad)
 s คือ ความยาวส่วนของเส้นโค้งของวงกลมที่รองรับมุม θ มีหน่วยเป็น เมตร (m)
 r คือ รัศมีของวงกลม มีหน่วยเป็น เมตร (m)

• สเตอเรเดียน (steradian; sr) เป็นหน่วยที่ใช้วัดมุมในระบบ 3 มิติ โดยกำหนดให้ 1 สเตอเรเดียน คือ มุมตันที่มีจุดยอดอยู่ตรงศูนย์กลางของทรงกลมที่ถูกรองรับด้วยพื้นผิวทรงกลมที่มีพื้นที่เท่ากับรัศมีของทรงกลมนั้นยกกำลังสอง ดังภาพที่ 1.10 ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ได้เป็น



▲ ภาพที่ 1.10 มุมสเตอเรเดียน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

$$\Omega = \frac{A}{r^2}$$

- Ω คือ มุมตันที่มีจุดยอดอยู่ตรงศูนย์กลางของทรงกลม มีหน่วยเป็น สเตอเรเดียน (sr)
 A คือ พื้นที่ผิวของทรงกลมที่รองรับมุมตัน Ω มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)
 r คือ รัศมีของทรงกลม มีหน่วยเป็น เมตร (m)

3) หน่วยอนุพัทธ์ (derived units) เป็นหน่วยที่มีหน่วยฐานหลายหน่วยมาสัมพันธ์กัน ใช้เป็นหน่วยของปริมาณที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฐานตั้งแต่ 2 สิ่งขึ้นไป

ตารางที่ 1.4 : หน่วยอนุพัทธ์

ปริมาณ	หน่วยอนุพัทธ์	สัญลักษณ์	เทียบกับหน่วยเอสไออื่น ๆ
ความถี่	เฮิรตซ์ (hertz)	Hz	s^{-1}
แรง	นิวตัน (newton)	N	$kg\ m/s^2$
ความดัน/ความเค้น	พาสคัล (pascal)	Pa	N/m^2
งาน/พลังงาน/ปริมาณความร้อน	จูล (joule)	J	$N\ m$
กำลัง	วัตต์ (watt)	W	J/s
ประจุไฟฟ้า/ปริมาณไฟฟ้า	คูลอมบ์ (coulomb)	C	$A\ s$
ศักย์ไฟฟ้า/ความต่างศักย์/ แรงเคลื่อนไฟฟ้า	โวลต์ (volt)	V	J/C
ความจุไฟฟ้า	ฟารัด (farad)	F	C/V
ความต้านทานไฟฟ้า	โอห์ม (ohm)	Ω	V/A
ความนำไฟฟ้า	ซีเมนส์ (siemens)	S	Ω^{-1}
ฟลักซ์แม่เหล็ก	เวเบอร์ (weber)	Wb	$V\ s$
ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก/ การเหนี่ยวนำแม่เหล็ก	เทสลา (tesla)	T	Wb/m^2
ความเหนี่ยวนำ	เฮนรี (henry)	H	Wb/A
ฟลักซ์การส่องสว่าง	ลูเมน (lumen)	lm	$cd\ sr$
ความสว่าง	ลักซ์ (lux)	lx	lm/m^2

4) คำนำหน้าหน่วย (prefix) หรือคำอุปสรรค เป็นคำที่ใช้เติมหน้าหน่วยเอสไอ เพื่อให้หน่วยที่ใช้มีขนาดใหญ่อขึ้นหรือเล็กลง มักใช้ในกรณีที่ค่าในหน่วยฐานหรือหน่วยอนุพัทธ์มีขนาดเล็กหรือมากเกินไป ซึ่งอาจเขียนค่านั้นให้อยู่ในรูปของตัวเลขที่คูณด้วยตัวพหุคูณ¹ หรือจะใช้คำนำหน้าหน่วยแทนตัวพหุคูณเหล่านั้น เช่น ระยะทาง 0.000002 เมตร สามารถเขียนให้อยู่ในรูปตัวเลขที่คูณด้วยตัวพหุคูณได้เป็น 2×10^{-6} เมตร ($2 \times 10^{-6}\ m$) หรือเขียนแทนด้วยคำนำหน้าหน่วยได้เป็น 2 ไมโครเมตร ($2\ \mu m$) ซึ่งคำนำหน้าหน่วยที่ใช้แทนตัวพหุคูณ ดังแสดงในตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 : คำนำหน้าหน่วยในระบบเอสไอ

คำนำหน้าหน่วย	สัญลักษณ์	ตัวพหุคูณ
ยอตตะ (yotta-)	Y	10^{24}
เซตตะ (zetta-)	Z	10^{21}
เอกซะ (exa-)	E	10^{18}
เพตะ (peta-)	P	10^{15}
เทระ (tera-)	T	10^{12}
จิกะ (giga-)	G	10^9
เมกะ (mega-)	M	10^6
กิโล (kilo-)	k	10^3
เฮกโต (hecto-)	h	10^2
เดคา (deca-)	da	10^1
เดซิ (deci-)	d	10^{-1}
เซนติ (centi-)	c	10^{-2}
มิลลิ (milli-)	m	10^{-3}
ไมโคร (micro-)	μ	10^{-6}
นาโน (nano-)	n	10^{-9}
พิโก (pico-)	p	10^{-12}
เฟมโต (femto-)	f	10^{-15}
อัตโต (atto-)	a	10^{-18}
เซปโต (zepto-)	z	10^{-21}
ยอกโต (yocto-)	y	10^{-24}

¹ หนังสือบางเล่มจะใช้เป็นคำว่า “ตัวคูณเทียบเท่า” ซึ่งมีความหมายเดียวกันกับคำว่า “ตัวพหุคูณ”

2. การเปลี่ยนหน่วย การกำหนดปริมาณทางฟิสิกส์จะต้องมีหน่วยกำกับ เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันของปริมาณที่ต้องการจะสื่อสาร จึงต้องมีการเปลี่ยนหน่วย ซึ่งทำได้โดยพิจารณาคำนำน้าหน่วย โดยปริมาณทางฟิสิกส์ที่ต้องการแปลงหน่วยมาคูณกับแฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย (conversion factor) ดังนี้

$$\text{ปริมาณในหน่วยใหม่} = \text{ปริมาณในหน่วยเดิม} \times \left(\frac{\text{ค่านำหน้าหน่วย} \times \text{หน่วยใหม่}}{\text{หน่วยเดิม}} \right)$$

การเปลี่ยนหน่วยมีหลายกรณี ดังนี้

- 1) การเปลี่ยนจากหน่วยที่มีค่านำหน้าหน่วยไปเป็นหน่วยที่ไม่มีค่านำหน้าหน่วย
ตัวอย่างเช่น ระยะทาง 2.5 กิโลเมตร เท่ากับ $(2.5 \text{ km}) \left(\frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \right) = 2.5 \times 10^3 \text{ เมตร}$
- 2) การเปลี่ยนจากหน่วยที่ไม่มีค่านำหน้าหน่วยไปเป็นหน่วยที่มีค่านำหน้าหน่วย
ตัวอย่างเช่น ระยะทาง 2.5 เมตร เท่ากับ $(2.5 \text{ m}) \left(\frac{1 \text{ km}}{10^3 \text{ m}} \right) = 2.5 \times 10^{-3} \text{ กิโลเมตร}$
- 3) การเปลี่ยนจากหน่วยที่มีค่านำหน้าหน่วยไปเป็นหน่วยที่มีค่านำหน้าหน่วย ตัวอย่างเช่น ระยะทาง 2.52 กิโลเมตร เท่ากับ $(2.52 \text{ km}) \left(\frac{10^3 \text{ mm}}{10^{-3} \text{ km}} \right) = 2.52 \times 10^6 \text{ มิลลิเมตร}$
- 4) การเปลี่ยนหน่วยอนุพันธ์ ให้พิจารณาปริมาณที่ต้องการเปลี่ยนหน่วยในรูปเศษส่วนดังตัวอย่างต่อไปนี้



ตัวอย่างที่ 1.3

รถยนต์คันหนึ่งวิ่งด้วยอัตราเร็ว 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จงบอกอัตราเร็วของรถคันนี้ในหน่วยเมตรต่อวินาที

วิธีทำ เขียนอัตราเร็ว 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

$$\begin{aligned} \text{ในรูปเศษส่วน ได้เป็น } \frac{72 \text{ กิโลเมตร}}{1 \text{ ชั่วโมง}} & \left(\frac{72 \text{ km}}{1 \text{ h}} \right) \\ 72 \text{ km/h} &= \frac{72 \text{ km}}{1 \text{ h}} \\ &= \left(\frac{72 \text{ km}}{1 \text{ h}} \right) \left(\frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \right) \left(\frac{1 \text{ h}}{3,600 \text{ s}} \right) \\ &= 20 \text{ m/s} \end{aligned}$$

ดังนั้น รถยนต์คันนี้วิ่งด้วยอัตราเร็ว 20 เมตรต่อวินาที

ตัวอย่างที่ 1.4

ดาวอังคารมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6,794 กิโลเมตร และมีมวล 6.39×10^{23} กิโลกรัม

ก จงเขียนเส้นผ่านศูนย์กลางของดาวอังคารในหน่วยเมตร

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{ดาวอังคารมีเส้นผ่านศูนย์กลาง} &= 6,794 \text{ km} \\ &= 6,794 \times 10^3 \text{ m} \\ \text{ดาวอังคารมีเส้นผ่านศูนย์กลาง} &= 6.794 \times 10^6 \text{ m} \\ \text{ดังนั้น ดาวอังคารมีเส้นผ่านศูนย์กลาง} &= 6.794 \times 10^6 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

ข จงเขียนมวลของดาวอังคารในหน่วยเมกะกรัม

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{ดาวอังคารมีมวล} &= 6.39 \times 10^{23} \text{ kg} \\ &= (6.39 \times 10^{23} \text{ kg}) \left(\frac{10^3 \text{ Mg}}{10^6 \text{ kg}} \right) \\ \text{ดาวอังคารมีมวล} &= 6.39 \times 10^{20} \text{ Mg} \\ \text{ดังนั้น ดาวอังคารมีมวล} &= 6.39 \times 10^{20} \text{ เมกะกรัม} \end{aligned}$$

ค จงคำนวณหาความหนาแน่นของดาวอังคาร

วิธีทำ คำนวณหาปริมาตรของดาวอังคาร โดยประมาณว่าดาวอังคารมีรูปร่างเป็นทรงกลม

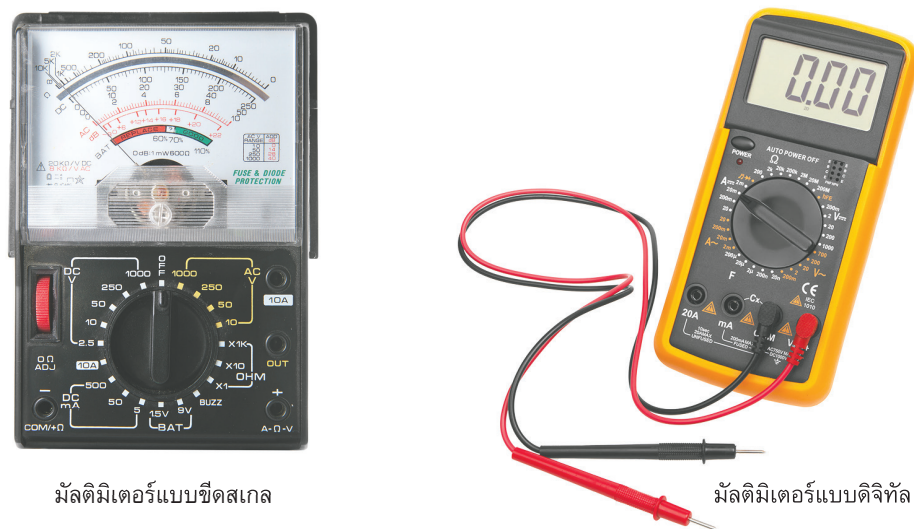
$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรของดาวอังคาร} &= \frac{4}{3} \pi r^3 \\ &= \frac{4}{3} \pi \left(\frac{6.794 \times 10^6 \text{ m}}{2} \right)^3 \\ \text{ปริมาตรของดาวอังคาร} &= 1.642 \times 10^{20} \text{ m}^3 \\ \text{คำนวณหาความหนาแน่นของดาวอังคาร} \\ \text{ความหนาแน่นของดาวอังคาร} &= \frac{\text{มวลของดาวอังคาร}}{\text{ปริมาตรของดาวอังคาร}} \\ &= \frac{6.39 \times 10^{23} \text{ kg}}{1.642 \times 10^{20} \text{ m}^3} \\ \text{ความหนาแน่นของดาวอังคาร} &= 3.89 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \\ \text{ดังนั้น ดาวอังคารมีความหนาแน่น} &= 3.89 \times 10^3 \text{ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร} \end{aligned}$$

3.2 การอ่านค่าจากเครื่องมือวัด

การศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ จำเป็นต้องใช้เครื่องมือต่าง ๆ มาเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องมือในการวัดปริมาณต่าง ๆ การเลือกเครื่องมือวัดและการอ่านค่าที่ได้จากการวัดจึงเป็นสิ่งสำคัญในการศึกษาวิชาฟิสิกส์

เครื่องมือวัดแต่ละชนิดมีความแม่นยำอยู่ในช่วงจำกัด และเพราะความจำกัดนี้เอง จึงทำให้ไม่มีเครื่องมือใดสามารถใช้วัดปริมาณต่าง ๆ ได้ทุกช่วง เช่น หากต้องการวัดสิ่งที่มีความยาวมาก ๆ อาทิ ระยะทางระหว่างบ้านกับโรงเรียน การใช้ไม้เมตรในการวัดระยะทางนั้น ก็คงจะทำได้ยากและลำบาก ซึ่งเป็นการใช้เครื่องมือในการวัดที่ไม่เหมาะสม หรือแม้แต่ในการวัดสิ่งที่มีขนาดเล็กมาก ๆ เช่น ความหนาของแผ่นกระดาษหรือความหนาของเส้นผม หากนำไม้เมตรมาวัดก็จะได้ข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนเป็นอย่างมาก ดังนั้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดปริมาณต่าง ๆ ซึ่งผู้วัดควรเลือกใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด เพื่อให้ค่าที่ได้ นั้นมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีปัจจัยอื่นที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดได้ เช่น ผู้วัดเลือกวิธีการวัดไม่เหมาะสม ผู้วัดไม่มีความชำนาญมากพอ สภาพแวดล้อมขณะทำการวัดไม่เหมาะสม

1. รูปแบบของเครื่องมือวัด เครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามการแสดงผลของการวัดได้ 2 แบบ ได้แก่ เครื่องมือวัดแบบแสดงผลเป็นขีดสเกล (analog) และเครื่องมือวัดแบบแสดงผลเป็นตัวเลข (digital)

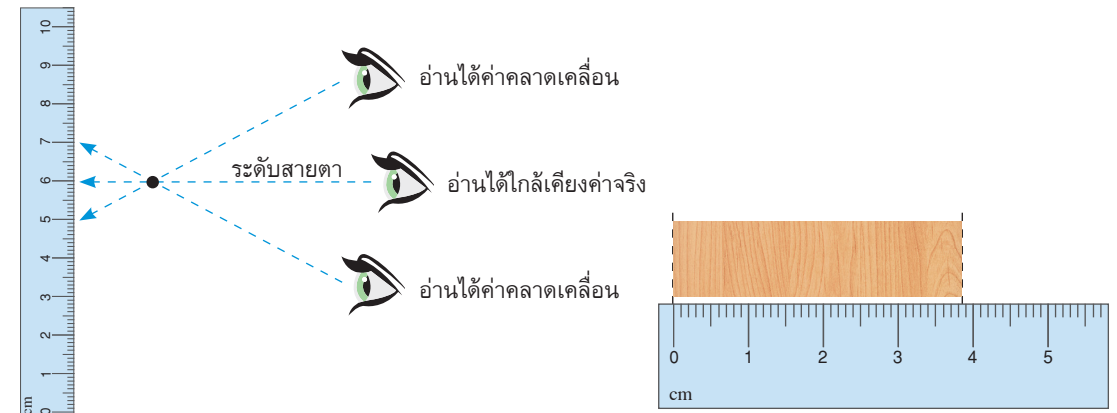


มัลติมิเตอร์แบบขีดสเกล

มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล

▲ ภาพที่ 1.11 ตัวอย่างเครื่องมือวัดแบบขีดสเกลและแบบดิจิทัล
ที่มา : คลังภาพ อจท.

2. การอ่านค่าเครื่องมือวัด การอ่านค่าจากเครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์แบบที่แสดงผลการวัดแบบขีดสเกล ค่าที่อ่านได้จะประกอบด้วยค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดโดยตรง รวมกับค่าที่ต้องประมาณด้วยสายตา โดยก่อนจะอ่านค่าต้องทราบความละเอียดของเครื่องมือวัดนั้น ๆ ว่าสามารถวัดได้ค่าความละเอียดที่สุดเท่าไร และทุกครั้งที่อ่านค่าจากเครื่องมือวัดแบบขีดสเกล ต้องให้ระดับสายตาของผู้วัดตั้งฉากกับเครื่องมือวัดทุก ๆ ครั้ง ดังภาพที่ 1.12 เพื่อให้ได้ผลการวัดใกล้เคียงค่าจริงมากที่สุด



▲ ภาพที่ 1.12 การอ่านค่าจากเครื่องมือวัดแบบขีดสเกล
ที่มา : คลังภาพ อจท.

▲ ภาพที่ 1.13 การวัดความยาวแผ่นไม้ด้วยไม้บรรทัด
ที่มา : คลังภาพ อจท.

จากภาพที่ 1.13 แสดงการวัดความยาวของแผ่นไม้โดยใช้ไม้บรรทัดที่มีความละเอียด 0.10 เซนติเมตร ค่าที่อ่านได้โดยตรงจากการวัด คือ 3.80 เซนติเมตร ซึ่งใกล้จะถึง 3.90 เซนติเมตร นั่นคือ ค่าที่ประมาณด้วยสายตาจะต้องอยู่ระหว่าง 0.05 ถึง 0.07 เซนติเมตร หากให้ค่าที่ประมาณด้วยสายตา คือ 0.06 เซนติเมตร ก็จะได้ค่าความยาวของแผ่นไม้ที่ได้จากการวัดด้วยไม้บรรทัดเป็น $3.80 + 0.06 = 3.86$ เซนติเมตร



Physics Focus

ความละเอียดของเครื่องมือวัดแบบขีดสเกล

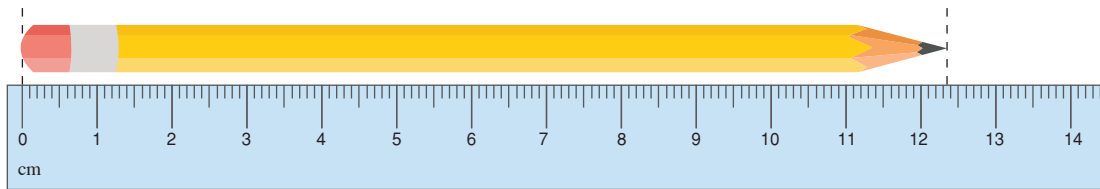
- ความละเอียดของเครื่องมือวัดแบบขีดสเกล สามารถคำนวณหาได้จากจำนวนช่องที่แบ่งในหนึ่งขีดสเกล ตัวอย่างเช่น ถ้าหนึ่งขีดสเกลของไม้บรรทัดมีจำนวน 10 ช่อง ค่าความละเอียดของไม้บรรทัดจะมีค่าเท่ากับ 0.1 เซนติเมตร ($\frac{1}{10}$ cm) แสดงว่า ไม้บรรทัดมีช่องสเกลเล็กที่สุดเท่ากับ 0.1 เซนติเมตร หรือ 1 มิลลิเมตร ดังนั้น ไม้บรรทัดสามารถอ่านค่าได้ละเอียดที่สุดเพียงทศนิยมตำแหน่งเดียวของเซนติเมตรเท่านั้น และประมาณค่าตัวเลขทศนิยมตำแหน่งที่สองเพื่อให้ได้ผลการวัดที่ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด

4 เลขนัยสำคัญ

นักเรียนควรใช้เครื่องมือใดในการวัดความหนาของเหรียญ 10 บาท

การศึกษาวิชาฟิสิกส์จะศึกษาเกี่ยวกับปริมาณต่าง ๆ จึงต้องทำให้มีการวัด และการบันทึกค่าที่ได้จากการวัด ซึ่งการบันทึกค่าที่ได้จากการวัดปริมาณทางฟิสิกส์นั้นจะต้องคำนึงถึงความละเอียดของเครื่องมือวัด โดยตัวเลขที่จะบอกความละเอียดในการวัด เรียกว่า เลขนัยสำคัญ

เลขนัยสำคัญ (significant figure) คือ ตัวเลขที่อ่านได้ถึงช่วงสเกลที่เล็กที่สุดของเครื่องมือที่ใช้วัดโดยตรง รวมกับตัวเลขตัวแรกที่ได้จากการประมาณด้วยสายตา

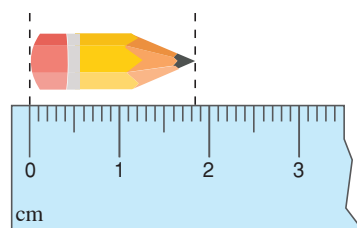


▲ ภาพที่ 1.14 การวัดความยาวดินสอ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

จากภาพที่ 1.14 แสดงการวัดความยาวดินสอโดยใช้ไม้บรรทัดที่มีความละเอียด 0.10 เซนติเมตร ค่าที่อ่านได้โดยตรงจากการวัด คือ 12.30 ถึง 12.40 เซนติเมตร เมื่อประมาณด้วยสายตาแล้วน่าจะอยู่ระหว่าง 0.03 ถึง 0.07 เซนติเมตร ถ้าค่าที่ประมาณด้วยสายตา คือ 0.07 เซนติเมตร จะได้ความยาวดินสอที่อ่านค่าได้ คือ $12.30 + 0.07 = 12.37$ เซนติเมตร โดยมีเลขนัยสำคัญทั้งสิ้น 4 ตัว

ตัวอย่างที่ 1.5

จากภาพที่ 1.15 จงอ่านค่าความยาวของดินสอ



▲ ภาพที่ 1.15 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.5
ที่มา : คลังภาพ อจท.

วิธีทำ ค่าที่อ่านได้โดยตรงจากการวัด คือ 1.80 ถึง 1.90 เซนติเมตร
ค่าที่ประมาณด้วยสายตา คือ 0.03 เซนติเมตร
ความยาวดินสอที่อ่านได้ คือ $1.80 + 0.03 = 1.83$ เซนติเมตร
ดังนั้น ความยาวของดินสอเท่ากับ 1.83 เซนติเมตร

4.1 หลักการพิจารณาเลขนัยสำคัญ

ตารางที่ 1.6 : หลักการพิจารณาเลขนัยสำคัญ

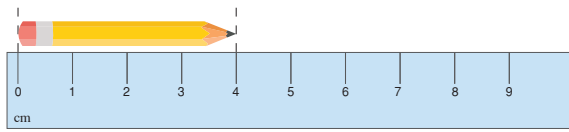
ตัวเลขที่นำมาพิจารณา	หลักการนับ	ตัวอย่าง
1. ค่าคงตัว (constant)	ไม่นับเป็นเลขนัยสำคัญ เพราะเป็นค่าที่ไม่ได้จากการวัด	การหาเส้นรอบวงวงกลมจากสมการ $2\pi r$ โดยที่ r คือ รัศมีวงกลมจะไม่นับเลข 2 และค่า π ในสมการเป็นเลขนัยสำคัญ
2. ตัวเลขทุกตัวที่ไม่ใช่เลขศูนย์ (เลข 1 ถึง 9)	ให้นับเป็นเลขนัยสำคัญทุกตัว	1.2 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว 1.23 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว 1.2121 มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว
3. เลขศูนย์ จะแบ่งเป็น 4 กรณีดังนี้		
1) เลขศูนย์ที่อยู่ด้านซ้ายมือสุดของตัวเลขใด ๆ	ไม่นับว่าเป็นเลขนัยสำคัญ	0.432 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว 0.0456 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว 0.00205 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว
2) เลขศูนย์ที่อยู่ระหว่างตัวเลขใด ๆ นับว่าเป็นเลขนัยสำคัญ	นับว่าเป็นเลขนัยสำคัญ	202 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว 2002 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว 200.01 มีเลขนัยสำคัญ 5 ตัว
3) เลขศูนย์ที่อยู่ด้านขวามือและอยู่หลังจุดทศนิยมของตัวเลขใด ๆ นับเป็นเลขนัยสำคัญ	นับว่าเป็นเลขนัยสำคัญ	12.50 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว 0.1200 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว 0.0001200 มีเลขนัยสำคัญ 4 ตัว
4) เลขศูนย์ที่อยู่ด้านขวามือของจำนวนเต็ม	ไม่สามารถระบุให้ชัดเจน โดยจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของเครื่องมือวัด	120 ถือว่ามีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว หรือ 3 ตัว ขึ้นอยู่กับความละเอียดของเครื่องมือวัด

ทั้งนี้ จำนวนที่มีค่าใหญ่มาก ๆ หรือจำนวนที่มีค่าน้อยมาก ๆ นิยมเขียนอยู่ในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ (scientific notation) ก่อนนับเลขนัยสำคัญ เช่น 300,000 เขียนเป็น 3.0×10^5 มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว 0.00353 เขียนเป็น 3.53×10^{-3} มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว และการปรับตัวเลขเพื่อให้ได้จำนวนเลขนัยสำคัญตามที่ต้องการนั้น ทำได้โดยพิจารณาตัวเลขที่ตำแหน่งถัดไป ถ้าเป็นเลขที่มากกว่าหรือเท่ากับ 5 ให้ปัดขึ้น แต่ถ้าเป็นเลขต่ำกว่า 5 ให้ปัดทิ้ง เช่น จำนวน 42.9763 ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 3 ตัว จะได้ 43.0 หรือถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 4 ตัว จะได้ 42.98 แต่ถ้าต้องการเลขนัยสำคัญ 5 ตัว จะได้ 42.976

ตัวอย่างที่ 1.6

จงอ่านค่าความยาวดินสอที่ได้จากการวัด พร้อมระบุค่าความละเอียดของไม้บรรทัด

ก



▲ ภาพที่ 1.16 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.6 ก
ที่มา : คลังภาพ อจท.

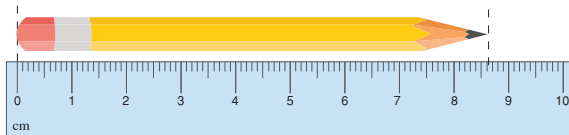
วิธีทำ จากภาพที่ 1.16 หนึ่งขีดสเกลของไม้บรรทัด มีจำนวน 1 ช่อง

ความละเอียดของไม้บรรทัดจึงมีค่าเท่ากับ $= \frac{1}{1} \text{ cm} = 1 \text{ เซนติเมตร}$

และค่าที่อ่านได้โดยตรงจากการวัด คือ 4.0 เซนติเมตร

ดังนั้น ดินสอมีความยาว 4.0 เซนติเมตร (มีเลขนัยสำคัญ 2 ตัว) ซึ่งไม้บรรทัดมีความละเอียด 1 เซนติเมตร

ข



▲ ภาพที่ 1.17 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.6 ข
ที่มา : คลังภาพ อจท.

วิธีทำ จากภาพที่ 1.17 หนึ่งขีดสเกลของไม้บรรทัด มีจำนวน 10 ช่อง

ความละเอียดของไม้บรรทัดจึงมีค่าเท่ากับ $= \frac{1}{10} \text{ cm} = 0.1 \text{ เซนติเมตร}$

และค่าที่อ่านได้โดยตรงจากการวัด คือ 8.60 ถึง 8.70 เซนติเมตร โดยมีค่าที่ประมาณด้วยสายตา คือ 0.01 เซนติเมตร

ดังนั้น ดินสอมีความยาว 8.61 เซนติเมตร (มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว) ซึ่งไม้บรรทัดมีความละเอียด 0.1 เซนติเมตร

Physics Focus

การเลือกใช้เครื่องมือวัดต่าง ๆ

1. ไมโครมิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดความหนาของวัตถุเล็ก ๆ ซึ่งให้ความละเอียดได้ถึง 0.01 มิลลิเมตร
2. เวอร์เนียแคลิเปอร์ เป็นเครื่องมือวัดความหนาหรือความยาวของวัตถุ รวมถึงความลึกของท่อเล็ก ๆ ซึ่งวัดความละเอียดได้ถึง 0.05 มิลลิเมตร
3. ไม้บรรทัด เป็นเครื่องมือวัดความยาวหรือความหนาของวัตถุ ซึ่งวัดได้ละเอียดถึง 0.1 เซนติเมตร



▲ ภาพที่ 1.18 เครื่องมือวัดความยาว
ที่มา : คลังภาพ อจท.

4.2 หลักการคำนวณเลขนัยสำคัญ

1. การบวกและลบเลขนัยสำคัญ ให้พิจารณาจากกลุ่มตัวเลขที่นำมาบวกหรือลบกันว่า จำนวนใดในกลุ่มตัวเลขที่มีจำนวนตัวเลขหลังจุดทศนิยมน้อยที่สุด หลังจากดำเนินการบวกหรือลบตามวิธีการทางคณิตศาสตร์แล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จะต้องมีจำนวนตัวเลขหลังจุดทศนิยมเท่ากับจำนวนตัวเลขหลังจุดทศนิยมที่น้อยที่สุดของกลุ่มตัวเลขนั้น เช่น

$$2.823 + 586.3 = 589.123 \quad \text{คำตอบตามนัยสำคัญ คือ } 589.1$$

$$80.25 - 75.1 = 5.15 \quad \text{คำตอบตามนัยสำคัญ คือ } 5.2$$

$$6 + 3.17 + 4.356194 = 13.526194 \quad \text{คำตอบตามนัยสำคัญ คือ } 14$$

2. การคูณและการหารเลขนัยสำคัญ ให้พิจารณาจากกลุ่มตัวเลขที่นำมาคูณหรือหารกันว่า จำนวนใดในกลุ่มตัวเลขที่มีเลขนัยสำคัญน้อยที่สุด หลังจากดำเนินการคูณหรือหารตามวิธีการทางคณิตศาสตร์แล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จะต้องมีจำนวนเลขนัยสำคัญเท่ากับจำนวนเลขนัยสำคัญที่น้อยที่สุดของกลุ่มตัวเลขนั้น เช่น

$$2.45 \times 3.2 = 7.84 \quad \text{คำตอบตามนัยสำคัญ คือ } 7.8$$

$$(26.5 \div 4.0) \times 1.1 = 7.2875 \quad \text{คำตอบตามนัยสำคัญ คือ } 7.3$$

H.O.T.S.

คำถามท้าทาย
การคิดขั้นสูง

เหตุใดผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณข้อมูลที่ได้จากการวัดจะต้องพิจารณาตามหลักนัยสำคัญ

ตัวอย่างที่ 1.7

หากนักเรียนนำหนังสือสองเล่มที่มีความยาว 25.45 เซนติเมตร และ 20.9 เซนติเมตร มาวางต่อกัน ความยาวรวมของหนังสือทั้งสองเล่มจะเป็นเท่าไร

วิธีทำ ความยาวรวมของหนังสือทั้งสองเล่ม $= 25.45 \text{ cm} + 20.9 \text{ cm}$
 $= 46.35 \text{ cm}$

พิจารณาตามหลักนัยสำคัญ จะได้ว่า

$$\text{ความยาวรวมของหนังสือทั้งสองเล่ม} = 46.4 \text{ cm}$$

ดังนั้น ความยาวรวมของหนังสือทั้งสองเล่มจะเป็น 46.4 เซนติเมตร



เวอร์เนีย
แคลิเปอร์



ตัวอย่างที่ 1.8

เด็กชายน้ำหนักไปตักน้ำจนเกือบเต็มถังแล้วนำมาชั่งบนเครื่องชั่งอ่านค่าได้ 400.0 กรัม จากนั้นเด็กชายนัทได้เทน้ำออกจนหมดถังแล้วนำไปชั่งบนเครื่องชั่งเครื่องเดิมอีกครั้งอ่านค่าได้ 251.2 กรัม

ก จงหาว่าเด็กชายนัทเทน้ำไปทั้งหมดกี่กิโลกรัม

วิธีทำ เด็กชายนัทเทน้ำออกทั้งหมด = $400.0 \text{ g} - 251.2 \text{ g}$
 $= 148.8 \text{ g}$
 $= 148.8 \times 10^{-3} \text{ kg}$
 $= 1.488 \times 10^{-1} \text{ kg}$

ดังนั้น เด็กชายนัทเทน้ำออกทั้งหมด 1.488×10^{-1} กิโลกรัม

ข จงหาว่าเด็กชายนัทเทน้ำออกไปเป็นปริมาตรเท่าใด เมื่อกำหนดให้ความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

วิธีทำ ความหนาแน่น = $\frac{\text{มวล}}{\text{ปริมาตร}}$
 ปริมาตร = $\frac{\text{มวล}}{\text{ความหนาแน่น}}$
 $= \frac{148.8 \times 10^{-3} \text{ kg}}{1,000 \text{ kg/m}^3}$
 $= 1.488 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

ดังนั้น เด็กชายนัทเทน้ำออกไปเท่ากับ 1.488×10^{-4} ลูกบาศก์เมตร

ตัวอย่างที่ 1.9

พลังงานนิ่ง (E) ของวัตถุซึ่งมีมวลนิ่ง (m) มีค่าตามสมการของไอน์สไตน์ $E = mc^2$ โดยที่ c เป็นอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 3.0×10^8 เมตรต่อวินาที จงหาค่าพลังงานหยุดนิ่งของอนุภาค a ในสุญญากาศ โดยกำหนดให้มวลของอนุภาค a มีค่าเท่ากับ 1.11×10^{-31} กิโลกรัม

วิธีทำ จากสมการ $E = mc^2$
 $= (1.11 \times 10^{-31} \text{ kg})(3.0 \times 10^8 \text{ m/s})^2$
 $= 9.99 \times 10^{-15} \text{ kg m}^2/\text{s}^2$
 $E = 9.99 \times 10^{-15} \text{ J}$

ดังนั้น ค่าพลังงานหยุดนิ่งของอนุภาค a เท่ากับ 9.99×10^{-15} จูล



กิจกรรม

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

- การวัด
- การคำนวณ
- การสังเกต

จิตวิทยาศาสตร์

- ความสนใจใฝ่รู้
- ความรอบคอบ
- ความรับผิดชอบ

วิธีปฏิบัติ

1. วัดความกว้าง ความยาว และความสูง ของหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ม.4 เล่ม 1 ด้วยไม้บรรทัด ดังภาพที่ 1.19 โดยให้ทำการวัดปริมาณต่าง ๆ จำนวนละ 3 ครั้ง แล้วบันทึกค่าที่อ่านได้ลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนออกแบบเอง โดยให้บันทึกผลที่ได้ตามหลักเลขนัยสำคัญ
2. คำนวณหาปริมาตรของหนังสือเรียน จากค่าเฉลี่ยของความกว้าง ความยาว และความหนา
3. เปรียบเทียบข้อมูลของตนเองกับของเพื่อนร่วมชั้นเรียน และร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูล

▼ ภาพที่ 1.19 ภาพประกอบกิจกรรมการหาปริมาตรของหนังสือเรียน
ที่มา : คลังภาพ อจท.



คำถามท้ายกิจกรรม

1. ค่าความละเอียดของไม้บรรทัดที่ใช้ในการทำกิจกรรมมีค่าเท่าใด
2. จงเขียนปริมาตรของหนังสือเรียนเล่มดังกล่าวในหน่วยเอสไอ
3. เหตุใดข้อมูลที่นักเรียนวัดได้กับข้อมูลที่เพื่อนร่วมชั้นเรียนวัดได้จึงมีค่าไม่เท่ากัน
4. การใช้ไม้บรรทัดวัดปริมาณความกว้างของหนังสือเรียนเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร



อภิปรายผลกิจกรรม

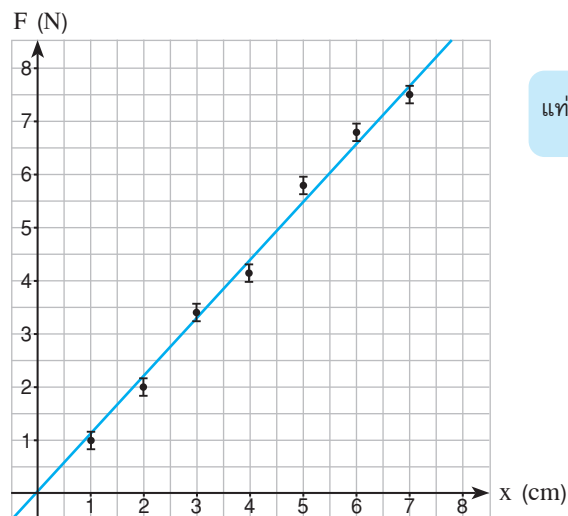
การบันทึกค่าความกว้าง ความยาว และความหนาของหนังสือเรียน เพื่อนำมาคำนวณปริมาตรหนังสือเรียนนั้นจะต้องคำนึงถึงเลขนัยสำคัญ โดยทำให้ค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงค่าจริงมากที่สุด ซึ่งข้อมูลจากการวัดของนักเรียนแต่ละคนอาจแตกต่างกันไปบ้าง ทั้งนี้ เนื่องจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความชำนาญของแต่ละคนในการวัด ตำแหน่งที่ทำการวัด

4.3 การรายงานความคลาดเคลื่อนจากการวัด

เครื่องมือวัดทุกชนิดจะต้องมีความคลาดเคลื่อน (ความไม่แน่นอน) เพราะเครื่องมือวัดแต่ละชนิดมีความแม่นยำอยู่ในช่วงจำกัด ตัวอย่างเช่น จากภาพที่ 1.14 การวัดความยาวดินสอ ในหน้า 18 จะเห็นว่า จะอ่านค่าความยาวของดินสอจากไม้บรรทัดได้ในช่วง 12.33 ถึง 12.37 เซนติเมตร ตัวเลขทศนิยมตำแหน่งสุดท้ายซึ่งเป็นเลขเดาจะเป็นความคลาดเคลื่อนในการวัด ดังนั้น การบันทึกค่าที่ได้จากการวัดจึงต้องมีการเขียนค่าความคลาดเคลื่อนกำกับไว้ ในทางปฏิบัติแล้ว ค่าความคลาดเคลื่อนจะมีค่าครึ่งหนึ่งของความละเอียด เช่น ไม้บรรทัดที่มีความละเอียด 0.1 เซนติเมตร จะมีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ $\pm \frac{0.1}{2}$ เซนติเมตร หรือ ± 0.05 เซนติเมตร จึงสามารถเขียนค่าความยาวของดินสอที่วัดได้เป็น 12.35 ± 0.05 เซนติเมตร ซึ่งจะมีเลขนัยสำคัญทั้งสิ้น 4 ตัวเช่นกัน ส่วนการบันทึกค่าที่ได้จากการวัดหลาย ๆ ครั้ง จะรายงานในลักษณะที่เป็นรูปแบบค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยหรือ $\bar{x} \pm \Delta\bar{x}$

นอกจากการรายงานค่าความคลาดเคลื่อนเป็นตัวเลขแล้ว ยังสามารถแสดงค่าความคลาดเคลื่อนผ่านการเขียนกราฟได้ด้วยการเขียนแสดงแท่งความคลาดเคลื่อน (error bar) พร้อมจุดของข้อมูลที่พล็อตในกราฟ ซึ่งจะช่วยให้วาดเส้นกราฟที่แสดงแนวโน้มข้อมูลที่ได้จากการวัดง่ายขึ้น โดยแท่งความคลาดเคลื่อนสามารถเขียนแสดงได้ทั้งแกนตั้งและแกนนอน

หลักการวาดกราฟในกรณีที่ เป็นกราฟเส้นตรง คือ วาดเส้นกราฟที่ทำให้ผลรวมของระยะห่างระหว่างจุดที่อยู่เหนือเส้นกราฟมีค่าใกล้เคียงกับผลรวมของระยะห่างระหว่างจุดข้อมูลที่อยู่ใต้เส้นกราฟ และพยายามให้เส้นกราฟผ่านแท่งความคลาดเคลื่อนให้ได้มากที่สุด ดังภาพที่ 1.20 โดยการวาดเส้นกราฟควรใช้ไม้บรรทัดแบบใส เพื่อจะได้เห็นระยะห่างระหว่างจุดข้อมูลก่อนที่จะลากเส้นกราฟ



▲ ภาพที่ 1.20 ตัวอย่างกราฟที่เขียนแสดงแท่งคลาดเคลื่อน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Summary

การศึกษาวิชาฟิสิกส์

ธรรมชาติของฟิสิกส์

ฟิสิกส์เป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยกฎเกณฑ์หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของสิ่งไม่มีชีวิต ศึกษาเกี่ยวกับ สสาร พลังงาน และอันตรกิริยาระหว่างสสารกับพลังงาน

การได้มาซึ่งความรู้ทางฟิสิกส์ มี 2 แนวทาง ได้แก่ การสังเกต ทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำไปวิเคราะห์ แล้วสรุปเป็นหลักการและทฤษฎี และการสร้างแบบจำลองทางความคิด เพื่อสรุปเป็นทฤษฎีที่อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์

สาขาความรู้ของวิชาฟิสิกส์

แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มตามยุคสมัย คือ ฟิสิกส์แบบฉบับและฟิสิกส์ยุคใหม่

- ฟิสิกส์แบบฉบับ จะศึกษาเกี่ยวกับกลศาสตร์ อุณหพลศาสตร์ ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ทัศนศาสตร์ และคลื่น
- ฟิสิกส์ยุคใหม่ จะศึกษาเกี่ยวกับฟิสิกส์อะตอม ฟิสิกส์นิวเคลียร์ ฟิสิกส์เชิงอนุภาค และจักรวาลวิทยา

การวัดปริมาณทางกายภาพในเชิงฟิสิกส์

ปริมาณทางฟิสิกส์ต้องประกอบด้วย 2 สิ่ง คือ ปริมาณตัวเลขที่ได้จากการวัดและหน่วยที่ใช้วัด

หน่วยเอสไอ ประกอบด้วย

- หน่วยฐาน : เป็นหน่วยของปริมาณพื้นฐาน มีทั้งหมด 7 หน่วย ได้แก่ เมตร (m) กิโลกรัม (kg) วินาที (s) แอมแปร์ (A) เคลวิน (K) โมล (mol) และแคนเดลา (cd)
- หน่วยอนุพัทธ์ : เป็นหน่วยที่มีหน่วยฐานหลายหน่วยมาสัมพันธ์กัน
- หน่วยเสริม : เป็นหน่วยที่ไม่มีมิติ มี 2 หน่วย ได้แก่ เรเดียนและสเตอเรเดียน
- คำนำหน้าหน่วย : เป็นคำที่ใช้เติมหน้าหน่วยเพื่อให้หน่วยที่ใช้มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือเล็กลง ซึ่งคำนำหน้าหน่วยค่าเทียบเท่ากับตัวพหุคูณ 10^n

ปัจจัยที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัด

- ความแม่นยำของเครื่องมือวัด
- ผู้วัดเลือกวิธีการวัดไม่เหมาะสม
- ผู้วัดไม่มีความชำนาญมากพอ
- สภาพแวดล้อมขณะทำการวัดไม่เหมาะสม

การอ่านค่าจากเครื่องมือวัดแบบขีดสเกล จะอ่านค่าที่มีทศนิยมเท่ากับความละเอียดของเครื่องมือ และเพิ่มทศนิยมอีกหนึ่งตำแหน่งที่เป็นค่าที่เกิดจากการประมาณด้วยสายตา

เลขนัยสำคัญ

เลขนัยสำคัญ คือ ตัวเลขที่จะบอกความละเอียดในการวัด

หลักการพิจารณาเลขนัยสำคัญ มีดังนี้

- ค่าคงตัว (constant) จะไม่นับเป็นเลขนัยสำคัญ
- ตัวเลขทุกตัวที่ไม่ใช่เลขศูนย์ (เลข 1 ถึง 9) ให้นับเป็นเลขนัยสำคัญ
- เลขศูนย์ แบ่งเป็น 4 กรณี ดังนี้
 - เลขศูนย์ที่อยู่ด้านซ้ายมือสุดของตัวเลขใด ๆ จะไม่นับเป็นเลขนัยสำคัญ
 - เลขศูนย์ที่อยู่ระหว่างตัวเลขใด ๆ นับเป็นเลขนัยสำคัญ
 - เลขศูนย์ที่อยู่ด้านขวามือ และอยู่หลังจุดทศนิยมของตัวเลขใด ๆ นับเป็นเลขนัยสำคัญ
 - เลขศูนย์ที่อยู่ด้านขวามือของจำนวนเต็ม กรณีนี้ การพิจารณาเลขนัยสำคัญจะไม่สามารถระบุได้ชัดเจน โดยจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของเครื่องมือวัด

ค่าที่มีน้อยกว่าหรือมากกว่า 1 มาก ๆ นิยมเขียนในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ ซึ่งอยู่ในรูป $A \times 10^n$ โดยที่ $1 \leq A < 10$

หลักการคำนวณเลขนัยสำคัญ

- การบวกและลบเลขนัยสำคัญ ให้ดูจำนวนตำแหน่งจุดทศนิยมของแต่ละค่าที่นำมาดำเนินการบวกหรือลบ ผลลัพธ์ที่ได้จะต้องมีตำแหน่งจุดทศนิยมเท่ากับตำแหน่งจุดทศนิยมที่น้อยที่สุดของค่าที่นำมาดำเนินการกัน
- การคูณและหารเลขนัยสำคัญ ให้ดูเลขนัยสำคัญของแต่ละค่าที่นำมาดำเนินการคูณหรือหาร ผลลัพธ์ที่ได้จะต้องมีเลขนัยสำคัญเท่ากับเลขนัยสำคัญที่น้อยที่สุดของค่าที่นำมาดำเนินการกัน

Self Check

ให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจ โดยพิจารณาข้อความว่าถูกหรือผิด แล้วบันทึกลงในสมุด หากพิจารณาข้อความไม่ถูกต้อง ให้กลับไปทบทวนเนื้อหาตามหัวข้อที่กำหนดให้

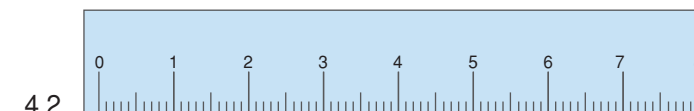
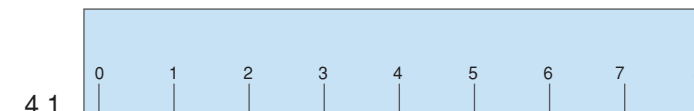
	ถูก/ผิด	บทวนที่หัวข้อ
1. ฟิสิกส์ เป็นวิชาที่ว่าด้วยปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ศึกษาองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของสสารกับพลังงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสิ่งไม่มีชีวิต	☐	1
2. ปริมาณในหน่วยฐาน มี 5 หน่วย คือ ความยาว มวล เวลา กระแสไฟฟ้า และอุณหภูมิ	☐	3.1
3. ฟิสิกส์ ศึกษาความรู้ให้ได้ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้เครื่องมือวัดและวิธีการวัดที่ถูกต้อง	☒	3
4. ความถี่ 700 เมกะเฮิรตซ์ เท่ากับ 7×10^{12} ไมโครเฮิรตซ์	☐	3.1
5. 22.4 มีจำนวนเลขนัยสำคัญ 3 ตำแหน่ง	☐	4.1



Unit questions 1

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

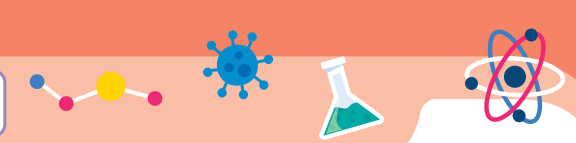
- เมื่อใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแบบสปริงไประยะหนึ่ง นักเรียนคิดว่าสิ่งใดบ้างที่มีผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดน้ำหนักได้
- คนไทยในสมัยโบราณมีการจับเวลาโดยการลอยกะลามะพร้าวที่เจาะรูลงในอ่างน้ำจนกระทั่งกะลามะพร้าวจมลง นักเรียนคิดว่าการจับเวลาเช่นนี้จะให้ผลที่น่าเชื่อถือได้เพียงใด จงอธิบายและให้เหตุผลประกอบ
- จงแสดงวิธีการหาความหนาโดยเฉลี่ยของกระดาษแผ่นหนึ่งจากกระดาษจำนวน 30 แผ่น มาอย่างน้อย 2 วิธี และชี้ให้เห็นว่าแต่ละวิธีจะให้ค่าถูกต้องเพียงใด
- จงอ่านค่าความยาวของยางลบตามหลักเลขนัยสำคัญ



▲ ภาพที่ 1.21 ภาพประกอบ Unit questions 1 ข้อ 4.
ที่มา : คลังภาพ อจท.

- จงเปลี่ยนปริมาณต่อไปนี้ให้อยู่ในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์หรือใช้คำนำหน้าหน่วยแทนตัวพหุคูณ
 - 8,900 โอห์ม
 - 0.0045 วินาที
 - 24,263,102,175 เมตร
 - 0.0000000398 กรัม
- จงเขียนปริมาณต่อไปนี้ โดยใช้คำนำหน้าหน่วย
 - ความยาว 32 กิโลเมตร ให้มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรและนาโนเมตร
 - กระแสไฟฟ้า 0.00002 แอมแปร์ ให้มีหน่วยเป็นมิลลิแอมแปร์และไมโครแอมแปร์
 - ปริมาตร 3.2×10^{-9} ลูกบาศก์เมตร ให้มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

7. เด็กชายตู่บันทึกตัวเลขจากการทดลองเป็น 0.0654 กิโลกรัม 8.30×10^{-2} เมตร 24.4 เซนติเมตร และ 5.00 วินาที จำนวนตัวเลขเหล่านี้มีเลขนัยสำคัญกี่ตัว
8. จงหาผลลัพธ์ของปริมาณที่กำหนดให้ ตามหลักเลขนัยสำคัญ
- 8.1 $34.05 + 0.005$
- 8.2 $20.208 - 0.200$
- 8.3 101.0×1.250
- 8.4 $\frac{5.000}{0.00200}$
9. นักเรียนมีเชือกสองเส้นยาว 7.20 เซนติเมตร และ 2.5 เซนติเมตร จงหาผลรวมและผลต่าง ความยาวของเส้นเชือก โดยตอบตามหลักเลขนัยสำคัญ
10. บีกเกอร์ใส่สารละลายชนิดหนึ่ง เมื่อนำมาชั่งมวลพบว่าอ่านค่าได้ 200.00 กรัม จากนั้นนำ บีกเกอร์ที่ใส่สารละลายไปต้มให้เดือดแล้วนำมาชั่งใหม่ได้ 150.00 กรัม อยากทราบว่าสารละลาย ที่ระเหยไปมีมวลกี่กรัม โดยตอบตามหลักเลขนัยสำคัญ
11. จงคำนวณหาปริมาตรของแผ่นไม้กระดานทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 5.05 เซนติเมตร ยาว 10.5 เซนติเมตร และหนา 0.500 เซนติเมตร โดยตอบตามหลักเลขนัยสำคัญ
12. เหล็กแท่งหนึ่งมวล 47 กรัม มีปริมาตร 6.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร เหล็กแท่งนี้มีความหนาแน่น กี่กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยตอบตามหลักเลขนัยสำคัญ
13. คุณพ่อใช้เวลา 1 ชั่วโมง ในการขับรถด้วยอัตราเร็วเฉลี่ยจากบ้านไปทำงานเป็นระยะทาง 80.00 กิโลเมตร คุณพ่อขับรถยนต์ด้วยอัตราเร็วเฉลี่ยกี่เมตรต่อวินาที โดยตอบตามหลักเลขนัยสำคัญ
14. วงกลมวงหนึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.14 เซนติเมตร จงหาพื้นที่ของวงกลมนี้ตามหลักเลข นัยสำคัญ
15. ท่อพีวีซีรูปทรงกระบอกกลวงมีความสูง 84.0 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกเป็น 51.20 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางด้านในเป็น 42.00 มิลลิเมตร ปริมาตรของท่อพีวีซีมีค่าเป็น เท่าใด โดยตอบตามหลักเลขนัยสำคัญ



คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. นักเรียนกลุ่มหนึ่งมีสมาชิกทั้งหมด 6 คน ได้ทำการวัดความยาวของดินสอแท่งหนึ่ง ด้วยไม้บรรทัด ที่มีการแบ่งช่องสเกลที่มีความละเอียด 0.1 เซนติเมตร โดยสมาชิกแต่ละคนจะได้วัดความยาว คนละครั้ง ซึ่งได้ผลการวัด ดังตาราง

นักเรียนคนที่	ความยาวของดินสอที่วัดได้ (cm)
1	10.24
2	10.22
3	10.25
4	10.29
5	19.76
6	10.18

ถ้านักเรียนกลุ่มนี้รายงานผลการวัดเป็น ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ย ($\Delta\bar{x}$) โดยค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ย หาได้จาก $\Delta\bar{x} = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2}$ เมื่อ $x_{\max}$ และ $x_{\min}$ คือ ค่ามากที่สุดและค่าน้อยที่สุดของข้อมูล ตามลำดับ นักเรียนกลุ่มนี้ควรรายงานผลการวัดความยาว ของดินสออย่างไรจึงเหมาะสมที่สุด

- 10.2 ± 0.1 เซนติเมตร
- 10.24 ± 0.06 เซนติเมตร
- 10.236 ± 0.055 เซนติเมตร
- 11.8 ± 4.8 เซนติเมตร
- 11.82 ± 4.79 เซนติเมตร

2. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

- ประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็น คูอมบ์ (C)
 - การกระจัด มีหน่วยเป็น เมตร (m)
 - น้ำหนักของวัตถุ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)
 - ความเข้มของการส่องสว่าง มีหน่วยเป็น แคนเดลา (cd)
 - ปริมาตรของแก๊สในอากาศ มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร (m^3)
- ตัวเลือกใดที่เป็นหน่วยอนุพัทธ์ทั้งหมด

- b. และ d.
- b. และ e.
- a., c. และ d.
- a., c. และ e.
- a., c., d. และ e

