LearnSpace by ChatStick

ชุดเตรียมสอบเข้า ม.4 • เล่ม 3

เตรียมสอบเข้า ม.4
วิทยาศาสตร์

เข้าใจหลักการ อ่านหลักฐาน วิเคราะห์เป็น



โจทย์ 1,000 ข้อ

- เฉลยละเอียดทุกข้อ
- Mind Map 21 ผัง
- ข้อสอบจำลอง 6 ชุด

ChatStick Team



ชุดเตรียมสอบเข้า ม.4

เล่ม 3 · วิทยาศาสตร์

เตรียมสอบเข้า ม.4 วิทยาศาสตร์

เข้าใจหลักการ อ่านหลักฐาน วิเคราะห์เป็น



เข้าใจ อ่านหลักฐาน และคิดไปกับพี่ชนะและพี่นาลิน

ChatStick Team · www.chatstickmarket.com



เตรียมสอบเข้า ม.4 วิทยาศาสตร์

เข้าใจหลักการ อ่านหลักฐาน วิเคราะห์เป็น
เล่ม 3 ของชุดเตรียมสอบเข้า ม.4

ผู้เขียน: ชูชัย เทียนแท้ (อาจารย์ปู)
บรรณาธิการและจัดทำต้นฉบับ: ChatStick Team
สำนักพิมพ์: ChatStick Team
ผู้จัดพิมพ์/ผู้จัดจำหน่าย: บริษัท แชทสติ๊ค จำกัด (ChatStick Co., Ltd.)

© พ.ศ. 2569 บริษัท แชทสติ๊ค จำกัด (ChatStick Co., Ltd.) สงวนลิขสิทธิ์
ห้ามคัดลอก ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ ไม่ว่าในรูปแบบใด โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

พิมพ์ครั้งที่ 1 : พฤศจิกายน 2569
www.chatstickmarket.com

เนื้อหาพัฒนาต่อยอดจากแอปพลิเคชัน “เตรียมสอบเข้า ม.4” (iOS) ของบริษัทเอง โจทย์ทั้ง 1,000 ข้อในเล่มเป็นโจทย์ต้นฉบับที่แต่งขึ้นเพื่อการฝึก ไม่ใช่ข้อสอบจริงหรือข้อสอบเก่าของสนามสอบใด หนังสือเล่มนี้จัดทำโดยอิสระ ไม่มีความเกี่ยวข้องกับโรงเรียนหรือหน่วยงานผู้จัดสอบใด และไม่รับประกันผลการสอบ

จำนวนข้อ เวลา และระดับความยากเป็นข้อเสนอของบรรณาธิการเพื่อการฝึก ไม่ใช่สัดส่วนหรือเกณฑ์ของข้อสอบจริง และเวลาที่เสนอยังไม่ได้ทดลองใช้กับนักเรียน ขอบเขตและรูปแบบการสอบของแต่ละโรงเรียนอาจต่างกัน ผู้อ่านควรตรวจสอบจากประกาศของโรงเรียนที่สมัครด้วยตนเอง

ตัวละคร พี่ชนะ และ พี่นาลิน ภาพประกอบ กราฟ แผนภาพ วงจร Mind Map และกราฟิกทั้งหมดในเล่มเป็นลิขสิทธิ์ของบริษัท แชทสติ๊ค จำกัด

คำนำ



“อ่านมาตั้งเยอะ ทำไมเจอกราฟแล้วยังไม่รู้จะเริ่มตรงไหน” “จำสูตรได้ แต่พอเป็นผลการทดลองกลับตอบไม่ถูก” ถ้าเคยรู้สึกแบบนี้ น้อง ๆ ไม่ได้อยู่คนเดียว วิทยาศาสตร์ระดับ ม.ต้นครอบคลุมทั้ง ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ โลกและดาราศาสตร์ การจำเป็นเรื่อง ๆ จึงทั้งเหนื่อยและลืมง่าย หนังสือ “เตรียมสอบเข้า ม.4 วิทยาศาสตร์” จึงตั้งใจพาน้อง ๆ เข้าใจหลักการ อ่านหลักฐาน และวิเคราะห์เป็น ไปพร้อมกันในทุกบท

เล่มนี้เป็นเล่ม 3 ของชุดเตรียมสอบเข้า ม.4 เขียนสำหรับนักเรียน ม.3 ที่กำลังเตรียมสอบเข้า ม.4 น้อง ม.2 ที่อยากเริ่มล่วงหน้า รวมถึงครูและผู้ปกครองที่คอยดูแลการเตรียมตัว ภายในมี 5 ภาค 20 บท ทุกบทมีสถานการณ์ชวนคิด ตารางเปรียบเทียบเรื่องที่มักสับสน ตัวอย่างสอนวิธีคิด ภารกิจอ่านหลักฐาน และ Mind Map สรุปบท พร้อมโจทย์ที่นับคะแนน 1,000 ข้อ ได้แก่ แบบประเมินก่อนเรียน 40 ข้อ แบบฝึกท้ายบท 600 ข้อ แบบฝึกผสม 60 ข้อ และข้อสอบจำลอง 6 ชุด ชุดละ 50 ข้อ ทุกข้อเป็นโจทย์ต้นฉบับที่แต่งขึ้นเพื่อการฝึก ไม่ใช่ข้อสอบจริงของสนามสอบใด และมีเฉลยละเอียดที่บอกวิธีคิดทีละขั้น

หนังสือใช้งานได้ครบในตัวเอง หากอยากฝึกเพิ่มระหว่างวัน ใช้คู่กับแอป “เตรียมสอบเข้า ม.4” ได้ ซึ่งมีพี่ชนะและพี่นาลินเป็นรุ่นพี่คู่คิดเหมือนในเล่ม ใช้แอปทำโจทย์สั้น ๆ และทบทวนข้อที่เคยผิด แล้วกลับมาที่หนังสือเพื่ออ่านกราฟ ตาราง และคิดให้ครบทุกขั้น

ห้องเรียน ม.4 ที่ตั้งใจไว้ไม่ได้มาจากการอ่านรวดเดียวก่อนสอบ แต่มาจากการลงมือทำทุกวัน ตรวจคำตอบอย่างซื่อสัตย์ และกลับมาแก้ข้อที่ผิดจนเข้าใจ ขอให้ทุกหน้าที่อ่านผ่านไปทำให้น้อง ๆ มั่นใจในวิธีคิดของตัวเองมากขึ้นทีละนิด

ด้วยความปรารถนาดี

ChatStick Team

พฤศจิกายน 2569

สารบัญ

ส่วนนำ

คำนำ 04
แนะนำพี่ชนะและพี่นาลิน 07
วิธีใช้หนังสือ 08
ผลลัพธ์ที่ผู้เรียนจะได้รับ 10
คู่มือสัญลักษณ์และกล่องความรู้ 11
หนังสือเล่มนี้มีแอปพลิเคชันใช้คู่กัน 13
Mind Map ภาพรวมทั้งเล่ม 14
สารบัญทักษะ 15
แบบประเมินก่อนเรียน (40 ข้อ) 17
ตารางวิเคราะห์ผลก่อนเรียน 32
แผนอ่าน 10 สัปดาห์ 33
แผนทบทวน 14 วัน 34
ตารางติดตามความก้าวหน้า 35

เนื้อหา

ภาคที่ 1 คิดแบบนักวิทยาศาสตร์ 36
บทที่ 1 คิดแบบนักวิทยาศาสตร์ 37
ภาคที่ 2 ชีววิทยา: ชีวิตและสิ่งแวดล้อม 68
บทที่ 2 เซลล์และการลำเลียงสาร 69
บทที่ 3 การดำรงชีวิตของพืช 99
บทที่ 4 ระบบร่างกายมนุษย์ 130
บทที่ 5 พันธุกรรมและความหลากหลาย 163
บทที่ 6 ระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม 191
ภาคที่ 3 เคมี: สารและการเปลี่ยนแปลง 221
บทที่ 7 สารและสมบัติของสาร 222
บทที่ 8 สารละลายและความเข้มข้น 252
บทที่ 9 การแยกสาร 279
บทที่ 10 ปฏิกิริยาเคมีและวัสดุ 308
แบบฝึกผสม ชุดที่ 1 (บทที่ 1–10) 335
ภาคที่ 4 ฟิสิกส์: แรง พลังงาน คลื่น และไฟฟ้า 342
บทที่ 11 พลังงานความร้อน 343
บทที่ 12 แรงและของไหล 368
บทที่ 13 การเคลื่อนที่ งาน และพลังงาน 399
บทที่ 14 คลื่นและเสียง 433
บทที่ 15 แสงและการเกิดภาพ 465
บทที่ 16 ไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า 498
แบบฝึกผสม ชุดที่ 2 (บทที่ 1–16) 528
ภาคที่ 5 โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ 536
บทที่ 17 บรรยากาศและลมฟ้าอากาศ 537
บทที่ 18 โลกและกระบวนการเปลี่ยนแปลง 572
บทที่ 19 น้ำ ทรัพยากร และพลังงาน 602
บทที่ 20 ดาราศาสตร์และเทคโนโลยีอวกาศ 632
แบบฝึกผสม ชุดที่ 3 (ครบ 20 บท) 666

ส่วนท้ายเล่ม

ข้อสอบจำลอง ชุดที่ 1 — พื้นฐานและความแม่นยำ 674
ข้อสอบจำลอง ชุดที่ 2 — พื้นฐานและความแม่นยำ 689

ข้อสอบจำลอง ชุดที่ 3 — ประยุกต์และอ่านข้อมูล 704
ข้อสอบจำลอง ชุดที่ 4 — ประยุกต์และอ่านข้อมูล 725
ข้อสอบจำลอง ชุดที่ 5 — บูรณาการและบริหารเวลา 746
ข้อสอบจำลอง ชุดที่ 6 — บูรณาการและบริหารเวลา 764
ตารางสรุปคะแนนแต่ละชุด 783
เฉลยละเอียด 1,000 ข้อ 784
ภาคผนวก แผนที่ Mind Map รายบท 1032
ตารางเรื่องที่มักสับสน 1033
เครื่องมือ หน่วย และสัญลักษณ์ 1038
คู่มืออ่านกราฟฉบับย่อ 1039
คู่มือวิเคราะห์การทดลองฉบับย่อ 1040
อภิธานศัพท์ไทย–อังกฤษ 1041
สมุดบันทึกข้อผิดพลาด 1044
แผนทบทวน 14 วัน (ฉบับเช็กลิสต์) 1046
ตารางสรุปคะแนนทั้งเล่ม 1047
บรรณานุกรมและเครดิตภาพ 1048
ดัชนีคำสำคัญ 1049
ข้อมูลฉบับและรายการคำแก้ไข 1053
บทส่งท้าย 1054
เกี่ยวกับผู้เขียน 1055
จากใจผู้เขียน 1056
ฝึกต่อในแอปคู่หนังสือ 1057
เรียนต่อกับ LearnSpace 1058
แอปและหนังสือแนะนำ 1059

แนะนำพี่ชนะและพี่นาลิน

ตลอดเล่มนี้ น้อง ๆ จะมีรุ่นพี่สองคนเดินไปด้วยกัน ทั้งสองคนไม่ได้มาบอกคำตอบ แต่มาชวนคิดว่าคำตอบนั้นมาจากไหน



พี่ชนะ

ใจเย็น อธิบายทีละขั้น

เจอโจทย์ยาวหรือคำนวณหลายขั้นเมื่อไร พี่ชนะจะชวนอ่านให้ครบ เขียนสิ่งที่รู้ แล้วเดินไปทีละบรรทัดจนเห็นที่มาของคำตอบ

“ไม่ต้องรีบนะ อ่านให้ครบก่อน แล้วค่อยคิดทีละขั้น”



พี่นาลิน

เป็นระเบียบ คอยให้กำลังใจ

พี่นาลินชอบจัดข้อมูลเป็นตาราง วางแผนอ่าน ให้เห็นภาพ และคอยให้กำลังใจในวันที่คะแนนยังไม่เป็นอย่างที่หวัง

“ข้อไหนผิดก็จดไว้ เดี๋ยวเรากลับมาแก้ด้วยกัน”

เจอสองรุ่นพี่ได้ตรงไหนบ้าง

ตำแหน่งในเล่ม	ทั้งสองคนช่วยอะไร
หน้าเปิดภาค	ชวนคุยก่อนเริ่มภาค บอกว่าภาคนี้ควรมองอะไรเป็นหลัก
ระหว่างบทเรียน	กล่องคำพูดสั้น ๆ เตือนจุดที่ควรหยุดคิดหรือระวัง
แผนอ่านและข้อสอบจำลอง	แนะนำการจัดเวลาและวิธีกลับมาทำข้อที่ผิด

วิธีใช้หนังสือ

เล่มนี้ไม่จำเป็นต้องอ่านรวดเดียวจบ น้อง ๆ ม.3 ที่เวลาจำกัดเริ่มจากผลประเมินก่อนเรียนแล้วเน้นบทที่อ่อน ส่วนน้อง ม.2 ค่อย ๆ เรียนตามลำดับบทได้ ถ้ายังไม่แน่ใจ ให้ใช้แผนอ่าน 10 สัปดาห์เป็นจุดเริ่มต้น

ลำดับการใช้	ทำอย่างไร
1. ประเมินก่อนเรียน	ทำแบบประเมิน 40 ข้อ แล้วใช้ตารางวิเคราะห์ผลแยกภาค ดูว่าควรเริ่มทบทวนบทไหนก่อน (ผลนี้ใช้วางแผน ไม่ใช่ทำนายผลสอบ)
2. วางแผน	เลือกแผนอ่าน 10 สัปดาห์ (เรียนครบทุกบท) หรือแผนทบทวน 14 วัน (ช่วงใกล้สอบ) แล้วบันทึกในตารางติดตามความก้าวหน้า
3. เรียนทีละบท	อ่านสถานการณ์ชวนคิด ทำเช็กพื้นฐาน อ่านเนื้อหาและกล่องความรู้ ลองทำตัวอย่างสอนวิธีคิดก่อนดูคำตอบ แล้วทำภารกิจอ่านหลักฐาน
4. ฝึกท้ายบท 30 ข้อ	ทำครบทั้ง 3 ระดับ ตรวจกับเฉลยละเอียดท้ายเล่ม อ่านทั้งเหตุผลของข้อถูกและข้อผิด
5. ผสมและจำลอง	หลังบท 10, 16 และ 20 มีแบบฝึกผสม ท้ายเล่มมีข้อสอบจำลอง 6 ชุด ทำแบบจับเวลาเพื่อดูความแม่นยำและการบริหารเวลา
6. ซ่อมจุดอ่อน	บันทึกข้อผิดในสมุดบันทึกข้อผิดพลาด ระบุสาเหตุ กลับไปหัวข้อที่เฉลยแนะนำ แล้วทำข้อเดิมใหม่ภายใน 2–3 วัน

หนึ่งบทเรียนมีอะไร

ส่วนของบท	ใช้ทำอะไร
สถานการณ์ชวนคิด · เป้าหมาย · เช็กพื้นฐาน	รู้ว่าจะได้เรียนอะไร และเช็กว่าพื้นฐานพร้อมหรือยัง
เนื้อหา + ภาพ + ตารางเปรียบเทียบ	ทุกหัวข้อมีป้าย แกน ม.1–3 / ต่อยอดสอบเข้า / เสริมเกินแกน บอกระดับของเนื้อหา
ตัวอย่างสอนวิธีคิด	ดูวิธีคิดทีละขั้น ไม่นับคะแนน มีคำตอบทันที
ภารกิจอ่านหลักฐาน	ฝึกอ่านข้อมูลการทดลองแบบปลายเปิด มีแนวตอบท้ายภารกิจ
สรุปท้ายบท · Mind Map	ทบทวนสาระสำคัญทั้งบทก่อนลงมือทำแบบฝึก
แบบฝึกท้ายบท 30 ข้อ	เข้าใจพื้นฐาน 10 · ประยุกต์ใช้ 12 · วิเคราะห์ข้อมูลและการทดลอง 8
เช็กลิสต์ความพร้อม	เลือกสิ่งที่ทำได้แล้ว ข้อไหนยังไม่แน่ใจให้กลับไปหัวข้อที่ระบุ

เฉลยละเอียดอ่านอย่างไร

ทุกข้อขึ้นต้นด้วยคำตอบที่ถูก ตามด้วยคำอธิบาย 7 ส่วนในลำดับเดียวกันทั้งเล่ม ตอบถูกแล้วก็ควรอ่าน เพราะบางครั้งเราตอบถูกด้วยเหตุผลที่ผิด

ส่วนในเฉลย	บอกอะไร
ถามอะไร	สรุปสั้น ๆ ว่าโจทย์ต้องการอะไร เพื่อกันการตอบผิดประเด็น
ข้อมูลสำคัญ	ชี้ข้อมูลที่ใช้จริง ทั้งแกน หน่วย ค่าในตาราง หรือตัวแปร
หลักวิทย์	หลักการหรือสูตรที่ใช้ พร้อมเงื่อนไข
คิดทีละขั้น	ลำดับความคิด ข้อคำนวณแสดงการแทนค่าและหน่วย
ตัวเลือกอื่น	เหตุผลว่าตัวเลือกที่เหลือแต่ละข้อผิดตรงไหน
จุดพลาด	ความเข้าใจผิดที่ควรระวังในโจทย์แบบนี้
ทบทวน	เลขหัวข้อที่ควรกลับไปอ่าน เมื่อทำข้อนี้ผิด

ข้อมูลเท่านี้ สรุปได้แค่ไหน **อ่านก่อนเริ่ม**

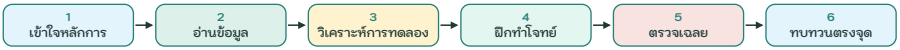
โจทย์ทั้ง 1,000 ข้อในเล่มเป็นโจทย์ต้นฉบับที่แต่งขึ้นเพื่อการฝึก ไม่ใช่ข้อสอบจริง หรือข้อสอบเก่าของสนามสอบใด จำนวนข้อ เวลา และระดับความยากเป็นข้อเสนอของบรรณาธิการเพื่อการฝึก ไม่ใช่สัดส่วนหรือเกณฑ์ของข้อสอบจริง และเวลาที่เสนอยังไม่ได้ทดลองใช้กับนักเรียน ขอบเขตและรูปแบบการสอบของแต่ละโรงเรียนอาจต่างกัน ผู้อ่านควรตรวจสอบจากประกาศของโรงเรียนที่สมัครด้วยตนเอง

นักทดลองคิดอย่างไร **สำหรับครูและผู้ปกครอง**

ช่วยได้มากด้วยการถามให้น้อง ๆ อธิบายวิธีคิด มากกว่าการดูคะแนนอย่างเดียว การทดลองที่เกี่ยวกับความร้อน ไฟฟ้า หรือสารเคมีควรทำภายใต้การดูแลของผู้ใหญ่ และใส่อุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสม

ผลลัพธ์ที่ผู้เรียนจะได้รับ

เส้นทางการเรียนรู้ของเล่มนี้มี 6 ขั้น ทุกบทพาเดินตามลำดับเดียวกัน เมื่อทำจนเป็นนิสัย น้อง ๆ จะมีวิธีคิดที่ใช้ได้กับโจทย์ที่ไม่เคยเห็นมาก่อน



เมื่อใช้เล่มนี้ครบ	น้อง ๆ จะสามารถ
เข้าใจหลักการ	อธิบายหลักวิทยาศาสตร์ระดับ ม.ต้นด้วยคำของตัวเอง และแยกเรื่องที่มักสับสนได้ เช่น การแพร่กับออสโมซิส อุณหภูมิกับความร้อน กระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์
อ่านข้อมูลเป็น	อ่านตาราง กราฟ สเกลเครื่องมือ แผนภาพ และวงจร โดยดูชื่อแกน หน่วย และช่วงข้อมูลก่อนตอบ
วิเคราะห์การทดลอง	ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุม ตัดสินว่าการทดลองเป็นธรรมหรือไม่ และบอกขอบเขตของข้อสรุป
ใช้สูตรอย่างมีเงื่อนไข	เลือกสูตรให้ตรงสถานการณ์ แทนค่าพร้อมหน่วย และตรวจว่าคำตอบสมเหตุสมผล
อธิบายด้วยหลักฐาน	ให้เหตุผลของคำตอบโดยอ้างข้อมูลหรือหลักการ ไม่ตอบจากความรู้สึกหรือการเดา
ฝึกแบบมีระบบ	ทำแบบประเมินก่อนเรียน ฝึกท้ายบท ทำแบบฝึกผสมและข้อสอบจำลอง แล้วใช้สมุดบันทึกข้อผิดพลาดซ่อมจุดอ่อน

เล่มนี้มีอะไรบ้าง

องค์ประกอบ	จำนวน
บทเรียน (5 ภาค)	20 บท
Mind Map รายบท + แผนผังภาพรวมทั้งเล่ม	20 + 1 ชุด
แบบประเมินก่อนเรียน	40 ข้อ
แบบฝึกท้ายบท (บทละ 30 ข้อ)	600 ข้อ
แบบฝึกผสม 3 ชุด	60 ข้อ
ข้อสอบจำลอง 6 ชุด (ชุดละ 50 ข้อ เวลาที่เสนอ 75 นาที)	300 ข้อ
รวมโจทย์ที่นับคะแนน พร้อมเฉลยละเอียด	**1,000 ข้อ**
ตัวอย่างสอนวิธีคิด คำถามเช็กพื้นฐาน และภารกิจอ่านหลักฐาน (ไม่นับรวม)	มีแนวตอบทุกข้อ

คู่มือสัญลักษณ์และกล่องความรู้

กล่องความรู้ 8 ชนิด



หลักนี้ต้องเข้าใจ
หลักการแกนกลางที่ต้องเข้าใจก่อนทำโจทย์



อย่าสับสน
เทียบสองเรื่องที่มักสับสน พร้อมวิธีแยก



อ่านหลักฐานก่อนตอบ
บอกว่าต้องดูข้อมูลส่วนใดก่อนตอบ เช่น แกน หน่วย หัวตาราง



นักทดลองคิดอย่างไร
ขั้นคิดของนักทดลอง เช่น การควบคุมตัวแปร การทดลองซ้ำ



วิทย์ใกล้ตัว
การนำความรู้ไปอธิบายเรื่องใกล้ตัว



ข้อมูลเท่านี้ สรุปได้แค่ไหน
ขอบเขตของข้อสรุป ข้อมูลรองรับอะไร และยังสรุปอะไรไม่ได้



จุดพลาดของข้อนี้
ความเข้าใจผิดที่ควรระวังในโจทย์แบบนี้



ก่อนสอบจำให้แม่น
สาระที่ควรจำให้แม่นก่อนสอบ

ป้ายระดับเนื้อหาและระดับโจทย์

แกน ม.1–3 — อยู่ในตัวชี้วัดและสาระแกนกลาง ม.1–3

ต่อยอดสอบเข้า — ต่อจากเนื้อหาแกนโดยตรง แต่ลึกกว่าถ้อยคำตัวชี้วัด เช่น คำนวณหลายขั้น

เสริมเกินแกน — ไม่อยู่ในตัวชี้วัด ม.1–3 ใส่ไว้ให้เข้าใจกว้างขึ้น ไม่บังคับ

U — **เข้าใจพื้นฐาน** รู้ความหมาย จำแนก อธิบายหลักการ

A — **ประยุกต์ใช้** นำหลักการไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ในชีวิตประจำวัน

D — **วิเคราะห์ข้อมูลและการทดลอง** อ่านตาราง กราฟ ภาพ วิเคราะห์ตัวแปรและข้อสรุปจากการทดลอง

อ่านหลักฐาน — โจทย์ที่ต้องใช้ภาพ ตาราง กราฟ หรือข้อมูลการทดลองในการตอบ

รหัสถาวร (ใช้ค้นเฉลย)

รหัส	ความหมาย
SCI-M4-PRE-Q001	แบบประเมินก่อนเรียน ข้อ 1
SCI-M4-C04-Q001	บทที่ 4 แบบฝึกท้ายบท ข้อ 1
SCI-M4-MIX01-Q001	แบบฝึกผสม ชุดที่ 1 ข้อ 1
SCI-M4-MOCK01-Q001	ข้อสอบจำลอง ชุดที่ 1 ข้อ 1
SCI-M4-C04-EX001 · -PC01 · -EM01	ตัวอย่างสอนวิธีคิด · คำถามเช็กพื้นฐาน · ภารกิจอ่านหลักฐาน (ไม่นับคะแนน)
SCI-M4-C04-FIG001	ภาพ/แผนภาพลำดับที่ 1 ของบทที่ 4

สีในเล่มใช้ช่วยให้อ่านง่ายเท่านั้น ทุกความหมายมีตัวอักษร ลาย หรือรูปทรงกำกับด้วย จึงอ่านได้แม้พิมพ์ขาวดำ

หนังสือเล่มนี้มีแอปพลิเคชันใช้คู่กัน



เตรียมสอบเข้า ม.4

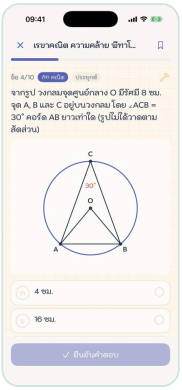
แอปเตรียมสอบเข้า ม.4 ครบ 5 วิชา มีพี่ชนะและพี่นาลินเป็นรุ่นพี่คู่คิดเหมือนในเล่ม

- คลังโจทย์ 5,000 ข้อ ครบ 5 วิชา แบ่งตามหัวข้อและ 3 ระดับความยาก
- เฉลยแสดงวิธีทำ พร้อมเหตุผลว่าตัวเลือกอื่นผิดอย่างไร
- ชุดจำลองสอบจับเวลา สรุปคะแนนและหัวข้อที่ควรฝึกต่อ
- แผนอ่าน 30 / 60 / 90 วัน และสมุดทบทวนข้อผิดตามรอบ 1 / 3 / 7 / 14 วัน

https://apps.apple.com/app/id6832228535
หรือค้นหาคำว่า “เตรียมสอบเข้า ม.4” ใน App Store



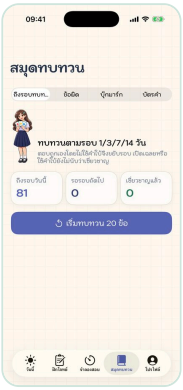
เลือกวิชา



โจทย์พร้อมภาพ



จำลองสอบจับเวลา



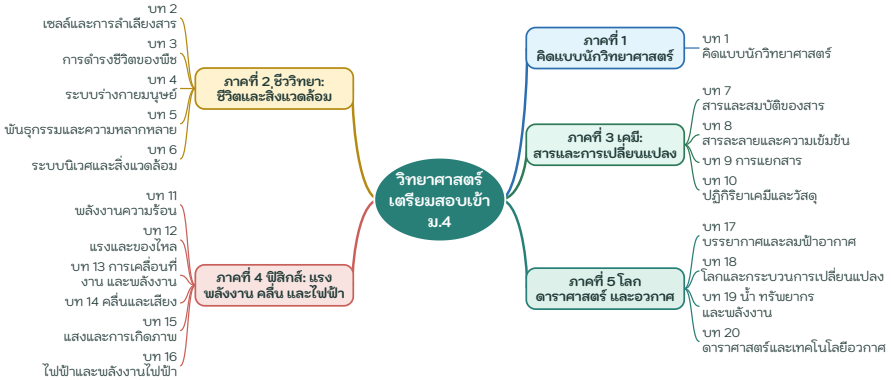
สมุดทบทวน

หลักนี้ต้องเข้าใจ **หนังสือกับแอปใช้ต่างกันอย่างไร**

หนังสือเน้นวิธีคิด ภาพอธิบาย และการอ่านหลักฐานอย่างละเอียด ส่วนแอปเหมาะกับการฝึกโจทย์สั้น ๆ ระหว่างวันและติดตามผลรายหัวข้อ เนื้อหาในเล่มครบในตัวเอง ไม่จำเป็นต้องใช้แอปเพื่ออ่านให้เข้าใจ โจทย์ในแอปเขียนขึ้นใหม่เพื่อการฝึก ไม่ใช่ข้อสอบเก่าของโรงเรียนใด

Mind Map ภาพรวมทั้งเล่ม

ทั้ง 20 บทจัดเป็น 5 ภาค ดูหน้านี้ก่อนเริ่มเพื่อให้เห็นว่ากำลังจะเดินทางไปไหน แล้วกลับมาดูอีกครั้งตอนทบทวน ว่าเรื่องที่ยังไม่แม่นอยู่ภาคใด





พี่นาลิน: ทุกภาคใช้สามเรื่องนี้เหมือนกัน คือดูหน่วยก่อนตอบ อ้างหลักฐาน และสรุปเท่าที่ข้อมูลบอก

สารบัญทักษะ

ใช้หน้านี้เมื่ออยากฝึก “ทักษะ” เดียวกันจากหลายบท เช่น อ่านกราฟ วิเคราะห์ตัวแปร หรืออ่านวงจร คอลัมน์ “เรียนหลักได้ที่” ชี้ไปยังส่วนที่สอนทักษะนั้นโดยตรง คอลัมน์ “ฝึกในบท” บอกบทที่มีโจทย์ใช้ทักษะนั้น (นับจากแท็กทักษะของทุกข้อในเล่ม)

ทักษะ	เรียนหลักได้ที่	ฝึกในบท	จำนวนข้อ
อธิบายหลักการและความหมาย	—	บท 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 …	121
จำแนกและเปรียบเทียบ	ภาคผนวก	บท 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 …	77
อ่านภาพและแผนภาพ	บทที่ 2 · บทที่ 15 · บทที่ 20	บท 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13 …	95
อ่านกราฟ	หัวข้อ 1.5 · บทที่ 13 · ภาคผนวก	บท 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 …	102
อ่านตารางข้อมูล	หัวข้อ 1.5 · ภาคผนวก	บท 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 …	147
วิเคราะห์ตัวแปร	หัวข้อ 1.2 · หัวข้อ 1.3 · ภาคผนวก	บท 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 …	36
สรุปผลและขอบเขตข้อสรุป	หัวข้อ 1.6 · ภาคผนวก	บท 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13 …	66
อ่านวงจรไฟฟ้า	บทที่ 16	บท 16	11
อ่านสเกลเครื่องมือและหน่วย	ภาคผนวก	บท 1, 10, 12, 16	8
คำนวณอย่างง่าย	—	บท 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 …	113
เชื่อมโยงเหตุและผล	—	บท 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14 …	58
ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวัน	—	บท 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 …	76
ข้อจำกัดของแบบจำลองและเหตุ–ผล	บทที่ 15 · บทที่ 20	บท 7, 10, 16, 19, 20	10

ใช้สูตร หน่วย และเงื่อนไข	บทที่ 11 · บทที่ 12 · บทที่ 13 · บทที่ 16	บท 2, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20	35
ความปลอดภัยและการตัดสินใจ	บทที่ 1	บท 1, 2, 4, 9, 14, 16, 17, 19	19
พยากรณ์จากแนวโน้มข้อมูล	ภาคผนวก	บท 1, 2, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 16, 19 …	26

แบบประเมินก่อนเรียน

40 ข้อ · เวลาที่เสนอ 50 นาที



- ชุดนี้มี 40 ข้อ ครอบคลุมครบทั้ง 20 บท แนะนำให้ทำรวดเดียวภายใน 50 นาที เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวในแต่ละข้อ โดยยังไม่ต้องเปิดเนื้อหาในเล่มและยังไม่ต้องกังวลเรื่องคะแนน
- ถ้าข้อไหนยังไม่แน่ใจ ให้เลือกคำตอบตามความเข้าใจตอนนี้แล้วทำเครื่องหมายไว้ เมื่อทำครบแล้วจึงตรวจกับเฉลยละเอียด แต่ละข้อบอกไว้ว่าควรกลับไปทบทวนหัวข้อใด
- ผลของแบบประเมินนี้ใช้ดูว่าควรเริ่มทบทวนบทใดก่อนเท่านั้น ไม่ได้ใช้ทำนายผลการสอบ และเวลา 50 นาทีเป็นเวลาฝึกที่บรรณาธิการแนะนำ ข้อมูลตัวเลขในชุดนี้จำลองขึ้นเพื่อการเรียนรู้

เริ่ม ..... น. · เสร็จ ..... น. · ใช้เวลา ..... นาที · คะแนน ..... / 40

สถานการณ์ S1 ใช้ตอบข้อ 1–2

นักเรียนครอบเทียนไขขนาดเท่ากันด้วยโหลแก้วปริมาตรต่าง ๆ แล้วจับเวลาตั้งแต่ครอบจนเทียนดับ ทำซ้ำชุดละ 3 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยดังตาราง (ข้อมูลจำลอง)

ปริมาตรโหล (mL)	เวลาเฉลี่ยจนเทียนดับ (s)
250	13
500	26
1,000	52

1. ข้อใดระบุตัวแปรของการทดลองนี้ได้ถูกต้อง อ่านหลักฐาน

ก. ตัวแปรต้น เวลาจนเทียนดับ · ตัวแปรตาม ปริมาตรโหล

ข. ตัวแปรต้น ปริมาตรโหล · ตัวแปรตาม เวลาจนเทียนดับ

ค. ตัวแปรต้น ขนาดเทียน · ตัวแปรตาม ปริมาตรโหล

ง. ตัวแปรต้น ปริมาตรโหล · ตัวแปรควบคุม เวลาจนเทียนดับ

SCI-M4-PRE-Q001

2. ถ้าใช้โหลปริมาตร 750 mL ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน เวลาจนเทียนดับน่าจะประมาณเท่าใด อ่านหลักฐาน

ก. 26 s **ข.** 52 s **ค.** 78 s **ง.** 39 s

SCI-M4-PRE-Q002

3. ขณะต้มของเหลวในหลอดทดลองด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ ควรปฏิบัติตามข้อใด

ก. หันปากหลอดออกจากตนเองและผู้อื่น และให้ความร้อนสม่ำเสมอ

ข. ปิดจุกหลอดให้แน่นก่อน เพื่อกันไอของเหลวออกมา

ค. เติมของเหลวจนเต็มหลอด เพื่อให้ร้อนทั่วกัน

ง. ก้มมองที่ปากหลอดใกล้ ๆ เพื่อดูการเดือด

SCI-M4-PRE-Q003

4. ตารางแสดงข้อมูลสำรวจนักเรียน 5 ห้องของโรงเรียนหนึ่ง มีผู้สรุปว่า “การเรียนดนตรีเพิ่มทำให้คะแนนวิทยาศาสตร์สูงขึ้น” ข้อใดประเมินข้อสรุปนี้ได้เหมาะสมที่สุด อ่านหลักฐาน

ห้อง	ชั่วโมงเรียนดนตรีต่อสัปดาห์ (เฉลี่ย)	คะแนนวิทยาศาสตร์เฉลี่ย
1	1	58
2	2	63
3	3	66
4	4	71
5	5	74

ก. สรุปได้ เพราะคะแนนเพิ่มขึ้นทุกห้องเมื่อชั่วโมงดนตรีเพิ่ม

ข. สรุปได้ ถ้าตัดห้องที่คะแนนต่ำสุดออกจากตาราง

ค. ยังสรุปไม่ได้ เพราะเป็นเพียงความสัมพันธ์ และไม่ได้ควบคุมปัจจัยอื่น

ง. สรุปไม่ได้ เพราะคะแนนที่เพิ่มในแต่ละห้องไม่เท่ากัน

SCI-M4-PRE-Q004

5. นักเรียนหยดน้ำเกลือเข้มข้นลงบนสไลด์เซลล์สาหร่าย แล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ข้อใดน่าจะพบเมื่อเวลาผ่านไปสักครู่

ก. ผนังเซลล์แตกออก และเซลล์ปริ

ข. เยื่อหุ้มเซลล์หดตัวแยกออกจากผนังเซลล์

ค. เซลล์บวมเต่งจนผนังเซลล์ขยายใหญ่

ง. คลอโรพลาสต์เคลื่อนออกมาอยู่นอกเซลล์

SCI-M4-PRE-Q005

แผนอ่าน 10 สัปดาห์

เสนอให้เรียน **สัปดาห์ละ 5–6 วัน วันละ 60–75 นาที** เว้นหนึ่งวันไว้เก็บงานที่ค้างหรือพักจริง ๆ แผนนี้เป็นข้อเสนอของบรรณาธิการ ยังไม่ได้ทดลองใช้กับนักเรียน ปรับได้ตามผลประเมินก่อนเรียนและตารางสอบของโรงเรียนที่สมัคร

สัปดาห์	เป้าหมาย	รายละเอียด	เสร็จ
1	**ประเมินก่อนเรียน · บทที่ 1–2**	เครื่องมือคิด ตัวแปร การอ่านตารางและกราฟ แล้วเริ่มเซลล์และการลำเลียงสาร	☐
2	**บทที่ 3–5**	การดำรงชีวิตของพืช ระบบร่างกายมนุษย์ พันธุกรรมและความหลากหลาย	☐
3	**บทที่ 6–7**	ระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม แล้วขึ้นภาคเคมีด้วยสารและสมบัติของสาร	☐
4	**บทที่ 8–10 · แบบฝึกผสม 1**	สารละลายและความเข้มข้น การแยกสาร ปฏิกิริยาเคมีและวัสดุ แล้วทำแบบฝึกผสมชุดที่ 1	☐
5	**บทที่ 11–12**	พลังงานความร้อน แรงและของไหล ฝึกแทนค่าพร้อมหน่วย	☐
6	**บทที่ 13–15**	การเคลื่อนที่ งาน พลังงาน คลื่นและเสียง แสงและการเกิดภาพ	☐
7	**บทที่ 16 · แบบฝึกผสม 2 · บทที่ 17**	ไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า แบบฝึกผสมชุดที่ 2 แล้วเริ่มบรรยากาศและลมฟ้าอากาศ	☐
8	**บทที่ 18–20 · แบบฝึกผสม 3**	โลกและการเปลี่ยนแปลง น้ำ ทรัพยากร พลังงานดาราศาสตร์ แล้วทำแบบฝึกผสมชุดที่ 3	☐
9	**ข้อสอบจำลอง ชุดที่ 1–3**	ทำวันเว้นวัน แล้วใช้วันถัดไปวิเคราะห์ข้อผิดและกลับไปหัวข้อที่เฉลยแนะนำ	☐
10	**ข้อสอบจำลอง ชุดที่ 4–6**	ฝึกบริหารเวลา ทบทวนสมุดบันทึกข้อผิดพลาดและตารางเรื่องที่มักสับสน	☐



นักทดลองคิดอย่างไร **หนึ่งวันเรียน (60–75 นาที)**

- 10 นาที — เช็กพื้นฐาน หรือทำข้อผิดของเมื่อวานใหม่
- 25 นาที — อ่านเนื้อหา ปิดคำตอบของตัวอย่างแล้วลองคิดเองก่อน
- 25–30 นาที — ทำแบบฝึก ตรวจเฉลย บันทึกข้อผิดพร้อมสาเหตุ
- 5 นาที — สรุปสิ่งที่เรียนด้วยคำของตัวเอง 2–3 ประโยค

แผนทบทวน 14 วัน

ใช้ในช่วง 2 สัปดาห์ก่อนสอบ เมื่อเรียนครบทุกบทแล้ว เน้นทบทวนจุดอ่อน ทำข้อสอบจำลอง และอ่านสรุป ไม่ควรเริ่มเนื้อหาใหม่จำนวนมากในช่วงนี้

วัน	เรื่อง	สิ่งที่ทำ	เสร็จ
1	**ภาคที่ 1**	ทบทวนบท 1 + ทำข้อผิดเดิม	☐
2	**ภาคที่ 2 (1)**	บท 2–4 อ่าน Mind Map + ตารางอย่าสับสน	☐
3	**ภาคที่ 2 (2)**	บท 5–6 + ข้อที่เคยผิดในภาคนี้	☐
4	**จำลอง 1**	ทำข้อสอบจำลองชุดที่ 1 จับเวลา + วิเคราะห์ผล	☐
5	**ภาคที่ 3**	บท 7–10 สรุปสมบัติสาร ความเข้มข้น การแยกสาร ปฏิกิริยา	☐
6	**ภาคที่ 4 (1)**	บท 11–13 สูตร เงื่อนไข และหน่วย	☐
7	**จำลอง 2**	ข้อสอบจำลองชุดที่ 2 + บันทึกข้อผิด	☐
8	**ภาคที่ 4 (2)**	บท 14–16 คลื่น แสง วงจรไฟฟ้า	☐
9	**ภาคที่ 5 (1)**	บท 17–18 ลมฟ้าอากาศ โลกและการเปลี่ยนแปลง	☐
10	**จำลอง 3**	ข้อสอบจำลองชุดที่ 3 เน้นอ่านข้อมูล	☐
11	**ภาคที่ 5 (2)**	บท 19–20 + ข้อที่เคยผิดจากแบบฝึกผสม	☐
12	**จำลอง 4–5**	ทำชุดที่ 4 เช้า ชุดที่ 5 เย็น ฝึกบริหารเวลา	☐
13	**จำลอง 6**	ข้อสอบจำลองชุดที่ 6 + ทบทวนสมุดบันทึกข้อผิดพลาด	☐
14	**พักและเตรียมพร้อม**	อ่านสรุปท้ายบทและตารางเรื่องที่มักสับสน ตรวจประกาศของโรงเรียนอีกครั้ง นอนให้พอ	☐



พี่นาลิน: ถ้าวันไหนตามแผนไม่ทัน ไม่เป็นไรนะ ทำต่อจากจุดเดิม ความสม่ำเสมอสำคัญกว่าความเร็ว



ภาคที่ 1

คิดแบบนักวิทยาศาสตร์

บทที่ 1 คิดแบบนักวิทยาศาสตร์



คุยกันก่อนเริ่มภาคที่ 1

ก่อนลงเนื้อหา เรามาลับ “เครื่องมือคิด” ที่จะใช้ในทุกภาคกันก่อน แยกให้ได้ว่าอะไรคือสิ่งที่สังเกตเห็นจริง อะไรคือสิ่งที่เราตีความ ระบุตัวแปรให้ชัด อ่านตารางและกราฟให้ครบทั้งชื่อแกนและหน่วย แล้วถามตัวเองเสมอว่า “ข้อมูลเท่านี้ สรุปได้แค่ไหน” บทเดียวนี้จะกลับมาช่วยน้อง ๆ ในทุกบทถัดไป

คิดแบบนักวิทยาศาสตร์



สถานการณ์ชวนคิด ชนะอ่านเจอโพสต์ว่า “เปิดเพลงให้ต้นไม้ฟังแล้วต้นไม้จะโตเร็วขึ้น” นาลินจึงลองเปิดเพลงให้กระถางหนึ่งฟังทุกวัน ส่วนอีกกระถางวางไว้อีกฝั่งของห้อง ผ่านไป 2 สัปดาห์ กระถางที่ฟังเพลงสูงกว่าจริง นาลินสรุปได้หรือยังว่าเพลงทำให้ต้นไม้โต และเราต้องมีหลักฐานแบบใดจึงจะเชื่อคำกล่าวนี้ได้

เป้าหมายการเรียนรู้

- ตั้งคำถามที่ตรวจสอบได้ และเขียนสมมติฐานที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้
- ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุม และออกแบบการทดลองที่เป็นธรรมพร้อมชุดควบคุมได้
- เลือกเครื่องมือวัด อ่านค่า รายงานหน่วย และประเมินความแม่นยำกับความเที่ยงของข้อมูลได้
- อ่านตารางและกราฟ แล้วสรุปผลโดยไม่เกินขอบเขตของข้อมูล แยกสหสัมพันธ์กับเหตุและผลได้
- ตัดสินใจเลือกวิธีปฏิบัติที่ปลอดภัยในห้องปฏิบัติการได้

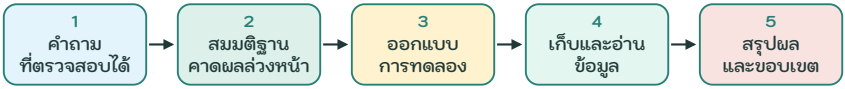
✔ เช็กพื้นฐานก่อนเริ่ม

1. ในกราฟหนึ่งรูป แกนนอนและแกนตั้งควรมีอะไรกำกับ
2. 1 kg เท่ากับกี่กรัม และ 1 L เท่ากับกี่มิลลิลิตร
3. ค่าเฉลี่ยของ 4, 6 และ 8 เท่ากับเท่าใด

แนวตอบ: 1) ชื่อปริมาณและหน่วย เช่น “เวลา (นาที)” และ “อุณหภูมิ (°C)” · 2) 1 kg = 1,000 g และ 1 L = 1,000 mL · 3) (4 + 6 + 8) ÷ 3 = 6

1.1 การตั้งคำถามและสมมติฐาน แกน ม.1–3

วิทยาศาสตร์ไม่ได้เริ่มจากการท่องคำตอบ แต่เริ่มจาก **คำถามที่หาคำตอบได้ด้วยหลักฐาน** จากนั้นเราคาดคำตอบไว้ล่วงหน้า ออกแบบวิธีตรวจสอบ เก็บข้อมูล แล้วจึงสรุป บทนี้เป็นเครื่องมือคิดที่น้อง ๆ จะได้ใช้ซ้ำในทุกบทของเล่ม



ภาพ 1.1 ลำดับการคิดแบบนักวิทยาศาสตร์ ถ้าผลไม่สนับสนุนสมมติฐาน เราย้อนกลับไปปรับสมมติฐานหรือวิธีทดลองได้ SCI-M4-C01-FIG001

คำถามที่ดีต้อง **วัดหรือสังเกตได้** ถ้าคำตอบขึ้นกับความชอบหรือความเชื่อส่วนตัว เราจะเก็บหลักฐานมาตัดสินไม่ได้

ตารางเปรียบเทียบคำถามที่ตรวจสอบได้กับคำถามที่ตรวจสอบไม่ได้

ลักษณะ	คำถามที่ตรวจสอบได้	คำถามที่ตรวจสอบไม่ได้
คำตอบมาจาก	การวัดหรือการสังเกตที่คนอื่นทำซ้ำได้	ความรู้สึก ความชอบ หรือความเชื่อ
มีตัวแปรชัดเจนหรือไม่	มี บอกได้ว่าเปลี่ยนอะไร วัดอะไร	ไม่มี หรือวัดไม่ได้
ตัวอย่าง	ปริมาณน้ำมีผลต่อความสูงของต้นถั่วหรือไม่	ดอกไม้สีใดสวยที่สุด

สมมติฐาน คือคำตอบที่คาดไว้ล่วงหน้าอย่างมีเหตุผล ก่อนลงมือทดลอง สมมติฐานที่ดีต้อง **ทดสอบได้** และ **บอกความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เปลี่ยนกับสิ่งที่วัด** รูปแบบที่ใช้บ่อยคือ “ถ้า _____ แล้ว _____ ”

หลักนี้ต้องเข้าใจ **สมมติฐานไม่จำเป็นต้องถูก**

- สมมติฐานมีไว้ให้ทดสอบ ถ้าผลไม่สนับสนุน ไม่ได้แปลว่าการทดลองล้มเหลว เพราะเราได้ความรู้เพิ่ม
- ผลการทดลองใช้คำว่า “สนับสนุน” หรือ “ไม่สนับสนุน” สมมติฐาน ไม่ควรใช้คำว่า “พิสูจน์ว่าจริงแน่นอน”

อย่าสับสน สมมติฐาน กับ ข้อสรุป

	สมมติฐาน	ข้อสรุป
เกิดเมื่อใด	ก่อนทดลอง	หลังได้ข้อมูลแล้ว
มาจากอะไร	ความรู้เดิมและการสังเกต	ข้อมูลจากการทดลองนั้น
ลักษณะภาษา	คาดการณ์ เช่น “ถ้า _____ แล้ว _____”	รายงานผล เช่น “จากข้อมูล พบว่า _____”
ถ้าผลไม่ตรง	ปรับหรือเปลี่ยนสมมติฐานได้	ต้องเขียนตามข้อมูลที่ได้จริง

วิธีแยก: ดูเวลาเป็นหลัก ประโยคที่พูดก่อนมีข้อมูลคือสมมติฐาน ประโยคที่อ้างข้อมูลแล้วคือข้อสรุป

ตัวอย่างที่ 1 แนวข้อสอบ: เลือกสมมติฐานที่ทดสอบได้

SCI-M4-C01-EX001

นักเรียนต้องการทดสอบว่าน้ำมะนาวมีผลต่อการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของแอปเปิลที่ฝานแล้วหรือไม่ ข้อใดเป็นสมมติฐานที่เหมาะสมที่สุด

ก. แอปเปิลเป็นผลไม้ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

ข. ถ้าทาน้ำมะนาวบนแอปเปิลที่ฝานแล้ว ผิวแอปเปิลจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลน้อยกว่าชิ้นที่ไม่ทา

ค. แอปเปิลที่ทาน้ำมะนาวจะอร่อยกว่าแอปเปิลที่ไม่ได้ทา

ง. น้ำมะนาวเป็นของเหลวที่ดีที่สุดสำหรับผลไม้ทุกชนิด

คิดอย่างไร

1. ระบุสิ่งที่ถาม: สมมติฐานของการทดลองเรื่องน้ำมะนาวกับสีแอปเปิล
2. หาตัวแปรจากโจทย์: สิ่งที่เปลี่ยนคือการทาน้ำมะนาว สิ่งที่วัดคือระดับการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล
3. ใช้หลัก: สมมติฐานต้องมีตัวแปรทั้งสองและทดสอบได้
4. ตัดตัวเลือก: เหลือข้อที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างการทาน้ำมะนาวกับสีของแอปเปิล

คำตอบ **ข้อ ข. ถ้าทาน้ำมะนาวบนแอปเปิลที่ฝานแล้ว ผิวแอปเปิลจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลน้อยกว่าชิ้นที่ไม่ทา — ข้อนี้มีทั้งสิ่งที่เปลี่ยนและสิ่งที่วัด จึงตรวจสอบได้**

ตัวเลือกอื่น ก. เป็นความรู้ทั่วไป ไม่มีตัวแปรของการทดลอง · ค. “อร่อย” เป็นความชอบและไม่ใช่สิ่งที่โจทย์ต้องการวัด · ง. คำว่า “ดีที่สุด” และ “ทุกชนิด” กว้างเกินกว่าจะทดสอบได้จากการทดลองนี้

1.2 ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม แกน ม.1–3

ตัวแปร คือสิ่งที่เปลี่ยนค่าหรือเปลี่ยนสภาพได้ การทดลองที่ดีต้องบอกให้ได้ว่าตัวแปรแต่ละตัวมีหน้าที่อะไร

ตารางเปรียบเทียบตัวแปร 3 ชนิด

ตัวแปร	หน้าที่	คำถามช่วยจำ	ตัวอย่าง: แสงกับความสูงต้นถั่ว
ตัวแปรต้น	สิ่งที่ผู้ทดลองตั้งใจเปลี่ยน	เราเปลี่ยนอะไร	ระยะเวลาที่ได้รับแสง
ตัวแปรตาม	ผลที่เกิดขึ้นและต้องวัด	เราวัดอะไร	ความสูงของต้นถั่ว
ตัวแปรควบคุม	สิ่งที่ต้องคงไว้ให้เหมือนกัน	อะไรต้องเท่ากัน	ชนิดดิน ปริมาณน้ำ พันธุ์ถั่ว



พี่นาลิน: เจอโจทย์ตัวแปรให้ถามสองคำถาม “เราเปลี่ยนอะไร” กับ “เราวัดอะไร” ส่วนที่เหลือที่มีผลต่อการทดลองได้คือสิ่งที่ต้องควบคุม

ตัวอย่างที่ 2 **อ่านตัวแปรจากภาพชุดการทดลอง** SCI-M4-C01-EX002

นักเรียนต้องการทราบว่าวัสดุคลุมดินมีผลต่อการสูญเสียน้ำของดินหรือไม่ จึงจัดชุดการทดลองดังภาพ แล้วชั่งมวลดินที่ลดลงเมื่อครบ 3 วัน จงระบุตัวแปรทั้งสามและชุดควบคุม



SCI-M4-C01-FIG002

คิดอย่างไร

1. ระบุสิ่งที่ถาม: ตัวแปรทั้งสามชนิดและชุดควบคุม
2. ดูภาพ: ข้อความที่ขีดเส้นใต้ต่างกันระหว่างชุด คือวัสดุคลุมดิน จึงเป็นตัวแปรต้น
3. ดูสิ่งที่วัด: มวลดินที่ลดลงเมื่อครบ 3 วัน จึงเป็นตัวแปรตาม
4. ดูสิ่งที่เหมือนกัน: ชนิดและมวลดิน ปริมาตรน้ำ สถานที่ และเวลา เป็นตัวแปรควบคุม
5. หาชุดควบคุม: ชุด A ไม่คลุมดิน จึงเป็นฐานเทียบ

คำตอบ **ตัวแปรต้นคือวัสดุคลุมดิน ตัวแปรตามคือมวลดินที่ลดลง ตัวแปรควบคุมคือชนิดและมวลดิน ปริมาตรน้ำ สถานที่ และเวลา ส่วนชุด A คือชุดควบคุม**

จุดพลาดของข้อนี้ **ตัวแปรควบคุมไม่ได้แปลว่าไม่สำคัญ**

ตัวแปรควบคุมคือสิ่งที่ **มีผลต่อการทดลองได้** เราจึงต้องคงไว้ให้เท่ากัน ถ้าปล่อยให้ต่างกัน เราจะบอกไม่ได้ว่าผลเกิดจากตัวแปรต้นหรือจากสิ่งอื่น

ภารกิจอ่านหลักฐาน **ตัวแปรในการทดลองยีสต์กับน้ำตาล** SCI-M4-C01-EM01

นักเรียนผสมยีสต์ 5 g กับน้ำ 100 mL ในขวด 4 ใบ เติมน้ำตาลตามตาราง สวมลูกโป่งที่ปากขวด ตั้งไว้ 20 นาที แล้ววัดเส้นรอบวงของลูกโป่ง (ข้อมูลตัวเลขทุกชุดในบทนี้จำลองเพื่อการเรียนรู้)

ขวด	น้ำตาล (g)	อุณหภูมิน้ำ (°C)	เส้นรอบวงลูกโป่ง (cm)
A	0	40	12
B	5	40	20
C	10	40	26
D	10	25	15

คำถาม

1. ถ้าเปรียบเทียบเฉพาะขวด A, B และ C ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมคืออะไร
2. เปรียบเทียบขวด B กับขวด D เพื่อสรุปผลของอุณหภูมิได้หรือไม่ เพราะเหตุใด
3. ถ้าต้องการดูผลของอุณหภูมิ ควรเปรียบเทียบขวดใด และผลเป็นอย่างไร
4. ขวด A มีประโยชน์อย่างไร ทั้งที่ไม่ได้เติมน้ำตาล

แนวตอบ

1. ตัวแปรต้นคือมวลน้ำตาล ตัวแปรตามคือเส้นรอบวงลูกโป่ง ตัวแปรควบคุมคือมวลยีสต์ ปริมาตรน้ำ อุณหภูมิน้ำ 40 °C และเวลา 20 นาที
2. ไม่ได้ เพราะทั้งมวลน้ำตาลและอุณหภูมิต่างกัน มีตัวแปรที่เปลี่ยนสองตัว จึงแยกไม่ได้ว่าผลมาจากตัวแปรใด
3. ขวด C กับขวด D เพราะมีน้ำตาล 10 g เท่ากัน ต่างเฉพาะอุณหภูมิ ขวด C ที่ 40 °C มีเส้นรอบวง 26 cm มากกว่าขวด D ที่ 25 °C ซึ่งมี 15 cm
4. เป็นชุดควบคุม แสดงว่าถ้าไม่มีน้ำตาล เส้นรอบวงเป็นเท่าใด (12 cm) เราจึงรู้ว่าการเพิ่มขึ้นในขวด B และ C มาจากน้ำตาล

1.3 การทดลองอย่างเป็นธรรมและชุดควบคุม แกน ม.1–3

การทดลองที่ **เป็นธรรม** คือการเปลี่ยนตัวแปรต้นเพียงตัวเดียว แล้วคงตัวแปรอื่นที่มีผลให้เหมือนกัน เมื่อผลต่างกัน เราจึงโยงผลนั้นกับตัวแปรต้นได้ นี่คือเหตุที่การทดลองเรื่องเพลงกับต้นไม้ตอนต้นบทยังสรุปไม่ได้ เพราะสองกระถางอยู่คนละฝั่งห้อง จึงอาจได้รับแสงไม่เท่ากัน

ชุดควบคุม คือชุดที่ไม่ได้รับสิ่งที่เราสนใจทดสอบ แต่ได้รับการปฏิบัติอื่นเหมือนชุดทดลองทุกอย่าง ใช้เป็นฐานเทียบว่าผลที่เกิดมาจากตัวแปรต้นจริง



ภาพ 1.3 ชุดการทดลองที่เป็นธรรม ต่างกันเฉพาะแสง (ข้อความขีดเส้นใต้) ส่วนน้ำและดินเหมือนกัน

SCI-M4-C01-FIG003

อย่าสับสน **ตัวแปรควบคุม กับ ชุดควบคุม**

	ตัวแปรควบคุม	ชุดควบคุม
คืออะไร	ปัจจัยที่ต้องคงไว้เท่ากันทุกชุด	กลุ่มที่ไม่ได้รับสิ่งที่ทดสอบ ใช้เป็นฐานเทียบ
ตัวอย่าง	ปริมาณน้ำ ชนิดดิน อุณหภูมิ	กระถางที่ไม่ใส่ปุ๋ย
เป็นคำเรียกของ	ตัวแปร	ชุดการทดลอง

วิธีแยก: ตัวแปรควบคุมเป็น “สิ่งที่คงไว้” ชุดควบคุมเป็น “กลุ่มเปรียบเทียบ”

นักทดลองคิดอย่างไร **ถ้าไม่มีชุดที่ไม่ได้รับสิ่งที่ทดสอบ**

บางการทดลองเปรียบเทียบทางเลือกด้วยกันเอง เช่น ผงซักฟอก A กับ B ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีชุดที่ไม่ใส่ผงซักฟอกเสมอไป แต่ถ้าต้องการรู้ว่าผงซักฟอกช่วยได้จริงหรือไม่ ควรมีชุดซักด้วยน้ำเปล่าเป็นฐานเทียบด้วย

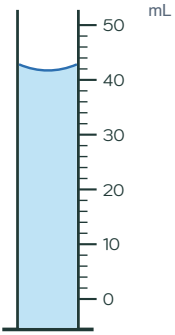
1.4 การวัด หน่วย ความคลาดเคลื่อน และการทำซ้ำ เสริมเกินแกน

ขอบเขตของหัวข้อนี้: การใช้เครื่องมือวัดและหน่วยในบทเรียนเป็นแกน ม.1–3 การทดลองซ้ำเป็นเนื้อหาต่อยอดสอบเข้า ส่วนค่าเฉลี่ย ความแม่นยำ ความเที่ยง เลขนัยสำคัญ และความคลาดเคลื่อนเป็นเนื้อหาเสริมเกินแกน เราเรียนเฉพาะระดับที่ใช้อ่านข้อมูลการทดลองได้

เครื่องมือและหน่วย

ปริมาณ	เครื่องมือ	หน่วยที่ใช้บ่อย	ข้อควรระวัง
ความยาว	ไม้บรรทัด	m, cm, mm	เริ่มอ่านจากขีดศูนย์ และมองตั้งฉากกับสเกล
มวล	เครื่องชั่ง	kg, g	ตั้งค่าศูนย์ก่อนชั่ง
ปริมาตรของเหลว	กระบอกตวง	L, mL	อ่านที่ส่วนล่างสุดของส่วนโค้ง
อุณหภูมิ	เทอร์มอมิเตอร์	°C	อ่านขณะกระเปาะยังอยู่ในสาร
เวลา	นาฬิกาจับเวลา	s, นาที	เริ่มและหยุดตามเกณฑ์เดียวกันทุกครั้ง

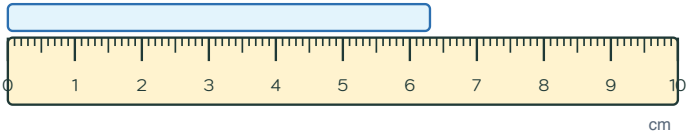
แปลงหน่วยที่ใช้บ่อย: 1 km = 1,000 m · 1 m = 100 cm · 1 cm = 10 mm · 1 kg = 1,000 g · 1 L = 1,000 mL · 1 นาที = 60 s



ภาพ 1.4 กระบอกตวงช่องละ 2 mL ผิวน้ำโค้งเว้า อ่านที่ส่วนล่างสุดของส่วนโค้ง โดยให้สายตาอยู่ระดับเดียวกับผิวน้ำ SCI-M4-C01-FIG004

เลขนัยสำคัญเบื้องต้น

เลขนัยสำคัญบอกความละเอียดของการวัด เมื่ออ่านสเกล เราบันทึกตัวเลขตามขีดย่อยที่อ่านได้ และประมาณค่าอีก 1 ตำแหน่ง ไม้บรรทัดขีดย่อย 1 mm จึงบันทึกความยาวได้ถึงหลักทศนิยมที่ 2 ของ cm เช่น 6.30 cm



ภาพ 1.5 ปลายวัตถุอยู่พอดีขีด 6.3 cm ไม้บรรทัดขีดย่อย 1 mm จึงบันทึกเป็น 6.30 cm ซึ่งมีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว

SCI-M4-C01-FIG005

หลักนี้ต้องเข้าใจ **นับเลขนัยสำคัญอย่างไร**

- เลขที่ไม่ใช่ศูนย์นับทุกตัว เช่น 34.7 มี 3 ตัว
- ศูนย์ที่อยู่ระหว่างเลขอื่นนับ เช่น 2.05 มี 3 ตัว
- ศูนย์ที่อยู่หน้าเลขตัวแรกไม่นับ เช่น 0.025 มี 2 ตัว
- ศูนย์ท้ายหลังจุดทศนิยมนับ เช่น 0.0250 มี 3 ตัว และ 6.30 มี 3 ตัว
- ผลลัพธ์ที่คำนวณไม่ควรดูละเอียดกว่าข้อมูลที่นำมาคำนวณ

ความคลาดเคลื่อน ความแม่นยำ และความเที่ยง

ความคลาดเคลื่อน คือความต่างระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าจริงหรือค่าอ้างอิง ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบทำให้ค่าเอียงไปทางเดียวเสมอ เช่น เครื่องชั่งไม่ได้ตั้งศูนย์ ส่วนความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มทำให้ค่าแกว่งขึ้นลง เช่น จังหวะการกดนาฬิกาจับเวลาที่ต่างกันแต่ละครั้ง

ความคลาดเคลื่อนร้อยละ

$$\text{ความคลาดเคลื่อนร้อยละ} = \left(\frac{\text{ผลต่างของค่าที่วัดได้กับค่าจริง}}{\text{ค่าจริง}}\right) \times 100$$

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
ผลต่าง	ค่ามากลบค่าน้อย จึงเป็นค่าบวกเสมอ	หน่วยเดียวกับค่าที่วัด
ค่าที่วัดได้	ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ	หน่วยเดียวกับค่าจริง
ค่าจริง	ค่าอ้างอิงที่ยอมรับ	หน่วยเดียวกับค่าที่วัด

ใช้เมื่อ / เงื่อนไข:

- ต้องมีค่าจริงหรือค่าอ้างอิง
- ค่าที่วัดได้และค่าจริงต้องใช้หน่วยเดียวกัน

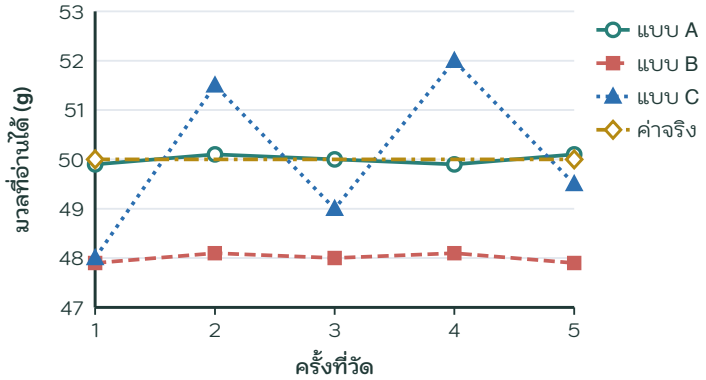
ระวัง: ตัวหารคือค่าจริง ไม่ใช่ค่าที่วัดได้ และผลลัพธ์นี้บอกความแม่นยำ ไม่ได้บอกความเที่ยง

หน่วยของผลลัพธ์: ร้อยละ (%)

อย่าสับสน **ความแม่นยำ (accuracy) กับ ความเที่ยง (precision)**

	ความแม่นยำ (accuracy)	ความเที่ยง (precision)
ดูจากอะไร	ค่าที่วัดได้ใกล้ค่าจริงแค่ไหน	ค่าที่วัดซ้ำใกล้กันเองแค่ไหน
ต้องรู้ค่าจริงไหม	ต้องรู้ค่าจริงหรือค่าอ้างอิง	ไม่ต้องรู้ค่าจริง
ความคลาดเคลื่อนที่กระทบ	เชิงระบบ เช่น เครื่องมือเอียงทางเดียว	แบบสุ่ม เช่น จังหวะการจับเวลา
ในกราฟด้านล่าง	แบบ A แม่นยำ แบบ B ไม่แม่นยำ	แบบ A และ B เที่ยง แบบ C ไม่เที่ยง

วิธีแยก: แม่นยำ = ตรงเป้า เที่ยง = กลุ่มค่าเกาะกัน ผลที่เกาะกันดีอาจผิดเป้าทั้งกลุ่มก็ได้ (บางแหล่งเรียกความเที่ยงว่าความเที่ยงตรง)



ภาพ 1.6 ชั่งตุ้มน้ำหนักมาตรฐานมวล 50.0 g ซ้ำ 5 ครั้งด้วยวิธีต่างกัน 3 แบบ เทียบกับเส้นค่าจริง แบบ C มีค่าเฉลี่ยใกล้ค่าจริง แต่ค่าแต่ละครั้งกระจายมาก SCI-M4-C01-FIG006

ข้อมูลเท่านี้ สรุปได้แค่ไหน **ทดลองซ้ำช่วยอะไร และช่วยไม่ได้แค่ไหน**

การทำซ้ำช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือ และลดผลของความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มเมื่อหาค่าเฉลี่ย แต่ **แก้ความเอียงจากเครื่องมือไม่ได้** ถ้าเครื่องชั่งเพี้ยนไป 2 g ทุกครั้ง ค่าเฉลี่ยจะเพี้ยน 2 g ด้วย ต้องปรับเทียบเครื่องมือก่อน

การทำซ้ำ ค่าเฉลี่ย และข้อมูลผิดปกติ

ค่าเฉลี่ย

$$\text{ค่าเฉลี่ย} = \frac{\text{ผลรวมของข้อมูลทุกค่า}}{\text{จำนวนข้อมูล}}$$

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
ผลรวมของข้อมูลทุกค่า	ค่าที่วัดซ้ำรวมกัน	หน่วยเดียวกับข้อมูล
จำนวนข้อมูล	จำนวนครั้งที่นำมาคิด	ไม่มีหน่วย

ใช้เมื่อ / เงื่อนไข:

- ข้อมูลต้องวัดด้วยวิธีเดียวกัน ในเงื่อนไขเดียวกัน

ระวัง: ไม่นำค่าที่รู้ว่าเกิดจากความผิดพลาดมาเฉลี่ย และถ้าตัดค่าออกต้องหารด้วยจำนวนข้อมูลที่เหลือ

หน่วยของผลลัพธ์: หน่วยเดียวกับข้อมูล

ข้อมูลผิดปกติ คือค่าที่ต่างจากค่าอื่นมาก ก่อนตัดออกต้องหา **สาเหตุ** เช่น บันทึกว่ากดนาฬิกาช้า ถ้าหาสาเหตุไม่พบ ควรทดลองซ้ำเพิ่มและรายงานค่านั้นไว้ ไม่ควรลบทิ้งเพียงเพราะไม่ตรงกับที่คาด

ตัวอย่างที่ 3 **ค่าเฉลี่ยเมื่อมีข้อมูลผิดปกติ** SCI-M4-C01-EX003

จับเวลาลูกแก้วกลิ้งลงรางซ้ำ 5 ครั้ง ได้ดังตาราง และครั้งที่ 4 บันทึกว่าปล่อยลูกแก้วก่อนกดนาฬิกา ควรรายงานเวลาเฉลี่ยเท่าใด

ครั้งที่	เวลา (s)	หมายเหตุ
1	12.1	ไม่มี
2	12.3	ไม่มี
3	12.2	ไม่มี
4	15.8	ปล่อยลูกแก้วก่อนกดนาฬิกา
5	12.2	ไม่มี

คิดอย่างไร

1. ระบุสิ่งที่ถาม: เวลาเฉลี่ยที่เหมาะสมจะรายงาน
2. ดูข้อมูล: ครั้งที่ 4 ได้ 15.8 s ต่างจากค่าอื่นมาก และมีสาเหตุที่บันทึกไว้
3. ตัดค่าที่รู้สาเหตุ: เหลือ 12.1, 12.3, 12.2 และ 12.2 s
4. คำนวณ: (12.1 + 12.3 + 12.2 + 12.2) ÷ 4 = 48.8 ÷ 4 = 12.2 s

คำตอบ **รายงาน 12.2 s และบอกว่าตัดครั้งที่ 4 ออกเพราะเหตุใด — ถ้าไม่ตัดจะได้ 64.6 ÷ 5 ≈ 12.9 s ซึ่งสูงเกินจริงเพราะรวมความผิดพลาดของการจับเวลา**

ตัวอย่างที่ 4 **ความคลาดเคลื่อนร้อยละ** SCI-M4-C01-EX004

ชั่งตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 200 g ด้วยเครื่องชั่งเครื่องหนึ่ง อ่านได้ 195 g ความคลาดเคลื่อนร้อยละเป็นเท่าใด

คิดอย่างไร

1. ระบุสิ่งที่ถาม: ความคลาดเคลื่อนร้อยละ
2. ดึงข้อมูล: ค่าจริง 200 g ค่าที่วัดได้ 195 g
3. หาผลต่าง: 200 − 195 = 5 g
4. คำนวณ: (5 ÷ 200) × 100 = 2.5%

คำตอบ **ความคลาดเคลื่อน 2.5% — ถ้าหารด้วย 195 g จะได้ประมาณ 2.6% ซึ่งผิดเพราะต้องเทียบกับค่าจริง**

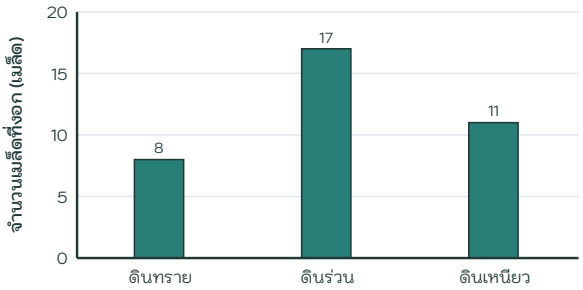
1.5 การอ่านตารางและกราฟ แกน ม.1–3

ก่อนอ่านตัวเลข ให้อ่าน **หัวตาราง ชื่อแกน และหน่วย** ก่อนเสมอ จากนั้นดูแนวโน้ม แล้วจึงอ่านค่าที่โจทย์ต้องการ เมื่อเขียนกราฟ ตัวแปรต้นอยู่ **แกนนอน** ตัวแปรตามอยู่ **แกน**

ตั้ง และแต่ละแกนต้องมีชื่อ หน่วย และสเกลที่สม่ำเสมอ

ตารางเปรียบเทียบกราฟเส้นกับแผนภูมิแท่ง

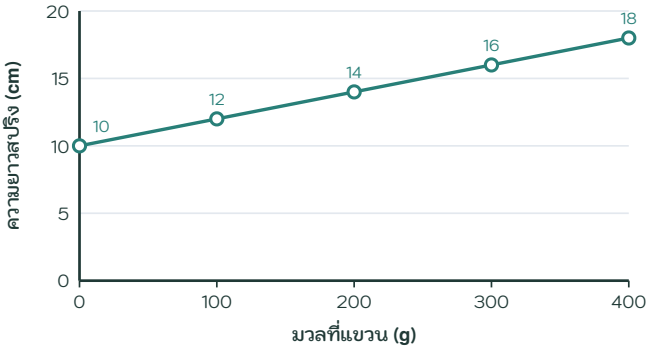
ประเด็น	กราฟเส้น	แผนภูมิแท่ง
ตัวแปรต้น	ต่อเนื่อง เช่น เวลา อุณหภูมิ	เป็นหมวดหมู่ เช่น ชนิดดิน
ใช้แสดง	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง	การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม
อ่านค่าระหว่างจุดได้ไหม	อ่านโดยประมาณได้ ถ้าอยู่ในช่วงข้อมูล	ไม่มีค่าระหว่างแท่ง



ภาพ 1.7 ชนิดดินเป็นหมวดหมู่ ไม่มีค่าระหว่างกลาง จึงเหมาะกับแผนภูมิแท่ง SCI-M4-C01-FIG007

ตัวอย่างที่ 5 **อ่านกราฟและรู้ขอบเขต** SCI-M4-C01-EX005

จากกราฟ ถ้าแขวนมวล 250 g สปริงจะยาวประมาณเท่าใด และใช้กราฟนี้ตอบความยาวเมื่อแขวนมวล 800 g ได้หรือไม่



ภาพ 1.8 กราฟความยาวสปริงกับมวลที่แขวน มวลเป็นสิ่งที่ผู้ทดลองเปลี่ยน จึงอยู่แกนนอน ความยาวเป็นผลที่วัด จึงอยู่แกนตั้ง SCI-M4-C01-FIG008

คิดอย่างไร

1. ระบุสิ่งที่ถาม: ค่าที่ 250 g และขอบเขตการใช้กราฟ
2. อ่านแกน: แกนนอนเป็นมวล (g) แกนตั้งเป็นความยาวสปริง (cm)
3. อ่านแนวโน้ม: มวลเพิ่มทุก 100 g สปริงยาวเพิ่ม 2 cm
4. ค่าที่ 250 g อยู่กึ่งกลางระหว่าง 200 g (14 cm) กับ 300 g (16 cm) จึงได้ประมาณ 15 cm
5. ค่าที่ 800 g อยู่นอกช่วงข้อมูล 0–400 g สปริงอาจยืดเกินขีดจำกัด จึงไม่ควรต่อเส้นไปตอบ

คำตอบ **ประมาณ 15 cm และยังใช้กราฟนี้ตอบกรณี 800 g ไม่ได้ เพราะอยู่นอกช่วงข้อมูลที่เก็บมา**

อ่านหลักฐานก่อนตอบ **ก่อนเชื่อกราฟ ให้ดูแกนก่อน**

ถ้าแกนตั้งไม่ได้เริ่มที่ 0 ความต่างเล็กน้อยอาจดูเหมือนต่างกันมาก ให้อ่านตัวเลขบนแกนแล้วคำนวณความต่างจริงทุกครั้ง

1.6 ข้อสรุปและขอบเขตของข้อมูล เสริมเกินแกน

ขอบเขตของหัวข้อนี้: การสรุปผลให้สอดคล้องกับข้อมูลเป็นทักษะแกน ส่วนการแยกสหสัมพันธ์กับเหตุและผลไม่ได้เป็นหัวข้อในตัวชี้วัด ม.1–3 จึงจัดเป็นเนื้อหาเสริมเกินแกน แต่เป็นทักษะสำคัญในการอ่านข้อมูล

ข้อสรุปที่ดีต้อง **ตอบคำถามของการทดลอง อ้างข้อมูลได้ และไม่กว้างเกินกว่าข้อมูล** เขียนในรูป “จากข้อมูลในเงื่อนไข ——— พบว่า ——— ”

ข้อมูลเท่านี้ สรุปได้แค่ไหน **ก่อนสรุป ถาม 4 ข้อนี้**

- ทดลองกับอะไร ใช้ได้กับสิ่งอื่นหรือไม่ (เช่น ถั่วเขียวพันธุ์เดียว ไม่ใช่พืชทุกชนิด)
- ข้อมูลครอบคลุมช่วงใด (ค่านอกช่วงยังไม่ได้ทดสอบ)
- มีตัวแปรอื่นที่ยังไม่ได้ควบคุมหรือไม่
- ทำซ้ำเพียงพอหรือไม่ และผลแต่ละรอบใกล้กันแค่ไหน

สหสัมพันธ์ คือการที่ตัวแปรสองตัวเปลี่ยนไปด้วยกัน อาจเพิ่มตามกัน (สหสัมพันธ์ทางบวก) หรือตัวหนึ่งเพิ่มอีกตัวลด (สหสัมพันธ์ทางลบ) แต่ความสัมพันธ์เช่นนี้ยังไม่ได้บอกว่าตัวหนึ่งเป็นสาเหตุของอีกตัว

อย่าสับสน **สหสัมพันธ์ กับ เหตุและผล**

	สหสัมพันธ์	เหตุและผล
ความหมาย	ตัวแปรเปลี่ยนไปด้วยกัน	การเปลี่ยนตัวหนึ่งทำให้อีกตัวเปลี่ยน
ได้จากอะไร	การสำรวจหรือเก็บข้อมูลโดยไม่ได้เปลี่ยนตัวแปรเอง	การทดลองที่ควบคุมตัวแปรอื่นและมีชุดเปรียบเทียบ
คำอธิบายอื่นที่เป็นไปได้	มีตัวแปรที่สามเป็นสาเหตุร่วม หรือเป็นความบังเอิญ	ตัดคำอธิบายอื่นออกแล้วจึงสรุป

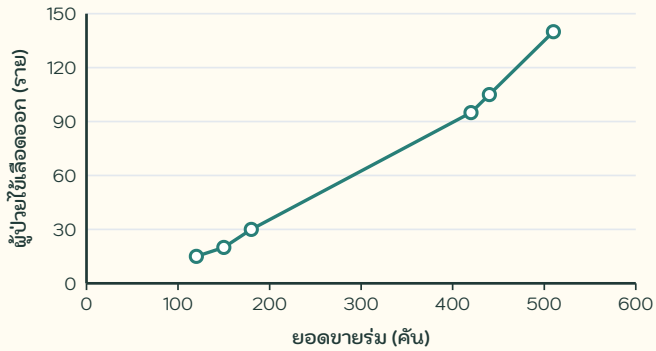
วิธีแยก: เห็นข้อมูลเปลี่ยนไปด้วยกัน ให้ถามว่า “มีอะไรอีกไหมที่ทำให้ทั้งสองอย่างเปลี่ยน” ก่อนใช้คำว่า “ทำให้”

วิทย์ใกล้ตัว **อ่านโฆษณาและโพสต์ให้เหมือนนักวิทยาศาสตร์**

เมื่อเห็นคำว่า “ช่วยให้” หรือ “ทำให้” ในโฆษณาหรือโพสต์ ให้ถามว่าเปรียบเทียบกับกลุ่มใด มีผู้เข้าร่วมกี่คน วัดอะไร และควบคุมปัจจัยอื่นหรือไม่ ถ้าไม่มีคำตอบ ข้อความนั้นยังเป็นเพียงคำกล่าวอ้าง

ภารกิจอ่านหลักฐาน **ยอดขายร่มกับไข้เลือดออก** SCI-M4-C01-EM02

เทศบาลแห่งหนึ่งรวบรวมข้อมูลรายเดือนได้ดังตาราง และนำยอดขายร่มกับจำนวนผู้ป่วยมาเขียนกราฟ แล้วมีผู้กล่าวว่า “คนซื้อร่มมากขึ้น ทำให้ไข้เลือดออกระบาด”



SCI-M4-C01-FIG009

เดือน	ปริมาณฝน (mm)	ยอดขายร่ม (คัน)	ผู้ป่วยไข้เลือดออก (ราย)
ก.พ.	20	120	15
เม.ย.	60	180	30
มิ.ย.	180	420	95
ส.ค.	230	510	140
ต.ค.	190	440	105
ธ.ค.	30	150	20

คำถาม

1. ยอดขายร่มกับจำนวนผู้ป่วยมีความสัมพันธ์แบบใด
2. ข้อมูลนี้สนับสนุนคำกล่าวที่ว่าการซื้อร่มทำให้ป่วยหรือไม่
3. ตัวแปรที่สามใดในตารางน่าจะอธิบายความสัมพันธ์นี้ได้
4. ควรมีหลักฐานเพิ่มเติมแบบใดจึงจะตรวจสอบสาเหตุได้ดีขึ้น

แนวตอบ

1. เป็นสหสัมพันธ์ทางบวก เดือนที่ขายร่มมาก จำนวนผู้ป่วยก็มาก เช่น 120 คันกับ 15 ราย และ 510 คันกับ 140 ราย
2. ไม่สนับสนุนในเชิงเหตุและผล ข้อมูลเป็นการรวบรวม ไม่ได้เปลี่ยนยอดขายร่มเอง จึงบอกได้เพียงว่าสองตัวแปรเปลี่ยนไปด้วยกัน
3. ปริมาณฝน เพราะเดือนที่ฝนมาก คนซื้อร่มมากขึ้น และเกิดน้ำขังซึ่งเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงมากขึ้น
4. เปรียบเทียบพื้นที่ที่ปริมาณฝนใกล้เคียงกัน แต่จัดการแหล่งน้ำขังต่างกัน แล้วดูจำนวนผู้ป่วย เป็นการแยกผลของตัวแปรที่สนใจออกจากตัวแปรอื่น

ตัวอย่างที่ 6 **ประเมินคำกล่าวอ้างจากข้อมูลสำรวจ** SCI-M4-C01-EX006

ตารางแสดงผลสำรวจนักเรียน 4 กลุ่ม มีผู้สรุปว่า “การใช้โทรศัพท์มากทำให้คะแนนสอบลดลง” ข้อใดประเมินคำกล่าวนี้ได้เหมาะสมที่สุด

กลุ่ม	เวลาใช้โทรศัพท์ต่อวัน (ชั่วโมง)	คะแนนสอบเฉลี่ย (จาก 100)
1	2	78
2	4	70
3	6	62
4	8	55

ก. สรุปได้แน่นอน เพราะคะแนนลดลงทุกกลุ่มที่ใช้โทรศัพท์มากขึ้น
ข. ข้อมูลไม่แสดงความสัมพันธ์ใด ๆ ระหว่างเวลาใช้โทรศัพท์กับคะแนน
ค. ข้อมูลแสดงสหสัมพันธ์ทางลบ แต่ยังสรุปเหตุและผลไม่ได้
ง. ข้อมูลแสดงว่าคะแนนสอบต่ำเป็นสาเหตุให้ใช้โทรศัพท์มากขึ้น

คิดอย่างไร

1. ระบุสิ่งที่ถาม: คำกล่าวอ้างเชิงเหตุและผลได้รับการสนับสนุนเพียงใด
2. ดูข้อมูล: เวลาใช้โทรศัพท์มากขึ้น คะแนนเฉลี่ยลดลง เป็นสหสัมพันธ์ทางลบ
3. ดูวิธีได้ข้อมูล: เป็นการสำรวจ ไม่ได้กำหนดเวลาใช้โทรศัพท์และไม่ได้ควบคุมตัวแปรอื่น
4. สรุป: เห็นความสัมพันธ์ แต่ยังบอกสาเหตุไม่ได้ เพราะอาจมีตัวแปรอื่น เช่น เวลาอ่านหนังสือหรือเวลานอน

คำตอบ **ข้อ ค. ข้อมูลแสดงสหสัมพันธ์ทางลบ แต่ยังสรุปเหตุและผลไม่ได้ — ความสัมพันธ์ที่เห็นจริงในข้อมูลยังไม่พอจะใช้คำว่า “ทำให้”**

ตัวเลือกอื่น ก. แนวโน้มชัดเจนยังไม่ได้แปลว่าเป็นสาเหตุ · ข. ข้อมูลแสดงแนวโน้มชัดเจน · ง. เป็นการสรุปเหตุและผลโดยไม่มีหลักฐานเช่นกัน เพียงแต่สลับทิศ

1.7 ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ แกน ม.1–3

หลักฐานที่ดีต้องได้มาอย่างปลอดภัย หัวข้อนี้ครอบคลุมความปลอดภัยทั่วไปและการใช้สารอย่างปลอดภัยระดับ ม.ต้น ส่วนทักษะปฏิบัติการเคมีเต็มรูปอยู่ในวิชาเคมีเพิ่มเติม ม.ปลาย

- สวมแว่นตานิรภัยและเสื้อคลุมเมื่อใช้สารเคมีหรือให้ความร้อน รวบผมยาว ใส่รองเท้าหุ้มส้น
- อ่านฉลากก่อนใช้สารทุกครั้ง ห้ามชิมสาร และห้ามกินหรือดื่มในห้องปฏิบัติการ
- ดมกลิ่นสารโดยใช้มือโบกไอเข้าหาจมูกเบา ๆ ไม่สูดจากปากภาชนะโดยตรง
- เมื่อให้ความร้อนหลอดทดลอง หันปากหลอดออกจากตัวเองและผู้อื่น
- เจือจางกรดโดยเทกรดลงในน้ำช้า ๆ พร้อมคน ไม่เทน้ำลงในกรด
- สารไวไฟต้องอยู่ห่างจากเปลวไฟ และทิ้งสารตามที่ครูกำหนด ไม่เทลงอ่างทุกชนิด

ตารางเปรียบเทียบการรับมือเหตุฉุกเฉินในห้องปฏิบัติการ

เหตุการณ์	สิ่งที่ควรทำ	สิ่งที่ไม่ควรทำ
สารเคมีถูกผิวหนัง	ล้างด้วยน้ำสะอาดปริมาณมากทันที แล้วแจ้งครู	เช็ดถูแรง ๆ หรือทาสารอื่นเพื่อทำให้เป็นกลาง
สารเคมีเข้าตา	ล้างตาด้วยน้ำสะอาดไหลผ่านอย่างน้อย 15 นาที แจ้งครู และพบแพทย์	ขยี้ตา
น้ำร้อนลวกเล็กน้อย	รองน้ำเย็นไหลผ่าน แล้วแจ้งครู	ทายาสีฟันหรือน้ำปลา
แก้วแตก	แจ้งครู ใช้แปรงกับที่ตักเก็บ ทิ้งในภาชนะสำหรับแก้วแตก	เก็บด้วยมือเปล่า
ไฟลุกในภาชนะเล็ก	ปิดปากภาชนะเพื่อตัดอากาศ แจ้งครู	สาดน้ำใส่ไฟจากน้ำมันหรือสารไวไฟ



พี่ชนะ: ความปลอดภัยไม่ใช่เรื่องแยกจากการทดลอง ก่อนเริ่มลงมือ ให้ถามตัวเองว่า “ถ้าสารนี้หก เราจะทำอย่างไร” และรู้ที่อยู่ของจุดล้างตากับถังดับเพลิงก่อนเสมอ



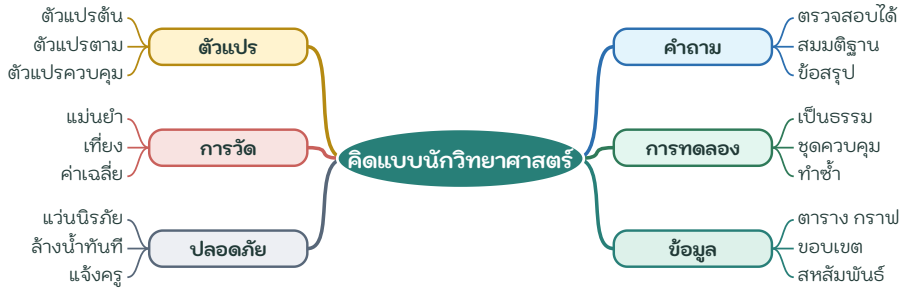
ก่อนสอบจำให้แม่น **ก่อนสอบจำให้แม่น**

- สมมติฐานมาก่อนข้อมูล · ข้อสรุปมาหลังข้อมูล · ตรวจสอบได้ต้องวัดหรือสังเกตได้
- ตัวแปรต้น = เปลี่ยน · ตัวแปรตาม = วัด · ตัวแปรควบคุม = คงไว้ · ชุดควบคุม = ฐานเทียบ
- เป็นธรรม = เปลี่ยนตัวแปรต้นทีละตัว ตัวแปรอื่นที่มีผลต้องเท่ากัน
- แม่นยำ = ใกล้ค่าจริง · เที่ยง = ค่าซ้ำใกล้กันเอง · ทำซ้ำไม่แก้ความเอียงของเครื่องมือ
- ตัดข้อมูลผิดปกติเมื่อรู้สาเหตุ แล้วหารด้วยจำนวนข้อมูลที่เหลือ
- ตัวแปรต้นแกนนอน · ตัวแปรตามแกนตั้ง · ค่านอกช่วงข้อมูลอย่าสรุป · สหสัมพันธ์ยังไม่ใช่เหตุและผล

สรุปท้ายบทที่ 1

- วิทยาศาสตร์เริ่มจากคำถามที่ตรวจสอบได้ สมมติฐานคาดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรล่วงหน้า ส่วนข้อสรุปเขียนหลังได้ข้อมูล
- ตัวแปรต้นคือสิ่งที่เปลี่ยน ตัวแปรตามคือสิ่งที่วัด ตัวแปรควบคุมคือสิ่งที่คงไว้ ส่วนชุดควบคุมคือฐานเทียบ
- การทดลองที่เป็นธรรมเปลี่ยนตัวแปรต้นเพียงตัวเดียว และควบคุมตัวแปรอื่นที่มีผล
- การวัดต้องเลือกเครื่องมือให้เหมาะ อ่านสเกลให้ถูก แยกความแม่นยำกับความเที่ยง และตัดข้อมูลผิดปกติเมื่อทราบสาเหตุ
- อ่านตารางและกราฟจากชื่อแกนและหน่วยก่อนเสมอ ตัวแปรต้นอยู่แกนนอน และไม่สรุปเกินช่วงข้อมูล
- สหสัมพันธ์ยังไม่ใช่เหตุและผล และการทดลองทุกครั้งต้องคำนึงถึงความปลอดภัย

Mind Map บทที่ 1



ภาพ 1.10 Mind Map บทที่ 1 คิดแบบนักวิทยาศาสตร์ SCI-M4-C01-FIG010



ฝึกต่อในแอป “เตรียมสอบเข้า ม.4”
ฝึกโจทย์เรื่องตัวแปร การออกแบบการทดลอง และการอ่านกราฟเพิ่มเติมได้ในแอปเตรียมสอบเข้า ม.4

แบบฝึกท้ายบทที่ 1

เข้าใจพื้นฐาน 10 ข้อ · ประยุกต์ใช้ 12 ข้อ · วิเคราะห์ข้อมูลและการทดลอง 8 ข้อ — เฉลยละเอียดอยู่ท้ายเล่ม



(U) เข้าใจพื้นฐาน รู้ความหมาย จำแนก อธิบายหลักการ

1. ข้อใดเป็นคำถามที่ตรวจสอบได้ด้วยการทดลอง

ก. ดอกไม้สีใดสวยที่สุดในสวนของโรงเรียน

ข. ปริมาณน้ำที่รดต่อวันมีผลต่อความสูงของต้นถั่วหรือไม่

ค. ต้นไม้รู้สึกเหงาเมื่ออยู่ตามลำพังหรือไม่

ง. ควรปลูกต้นไม้ชนิดใดจึงจะมีความสุขที่สุด

SCI-M4-C01-Q001

2. นักเรียนต้องการทดสอบว่าอุณหภูมิของน้ำมีผลต่อปริมาณแก๊สที่ยีสต์สร้างจากน้ำตาลหรือไม่ ข้อใดเป็นสมมติฐานที่เหมาะสมที่สุด

ก. ยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตที่สร้างแก๊สจากน้ำตาลได้

ข. ถ้าเติมน้ำตาลมากขึ้น ยีสต์จะสร้างแก๊สได้มากขึ้น

ค. ถ้าอุณหภูมิน้ำสูงขึ้นในช่วง 20–40 °C ยีสต์จะสร้างแก๊สมากขึ้น

ง. ยีสต์ทุกชนิดชอบน้ำอุ่นมากกว่าน้ำเย็นเสมอ

SCI-M4-C01-Q002

3. กานต์แช่เมล็ดถั่วเขียวชุดละ 20 เมล็ดในน้ำนาน 0, 6 และ 12 ชั่วโมง แล้วนับจำนวนเมล็ดที่งอกใน 3 วัน ได้ 8, 17 และ 17 เมล็ดตามลำดับ ข้อความใดเป็น **ข้อสรุป** ของการทดลองนี้

ก. ในการทดลองนี้ เมล็ดที่แช่น้ำ 12 ชั่วโมงงอกมากกว่าเมล็ดที่ไม่แช่

ข. ถ้าแช่เมล็ดถั่วเขียวนานขึ้น จำนวนเมล็ดที่งอกจะเพิ่มขึ้น

ค. การแช่เมล็ดถั่วเขียวนานเท่าใดจึงจะงอกได้ดีที่สุด

ง. กานต์จะนับจำนวนเมล็ดที่งอกเมื่อครบ 3 วันทุกชุด

SCI-M4-C01-Q003

4. นิภาศึกษาว่าความยาวเชือกมีผลต่อเวลาที่ลูกตุ้มแกว่งครบ 10 รอบหรือไม่ โดยใช้ลูกตุ้มเดิมและปล่อยจากมุมเดิมทุกครั้ง ข้อใดเป็นตัวแปรตาม

ก. ความยาวเชือก

ข. มุมที่ปล่อยลูกตุ้ม

ค. มวลของลูกตุ้ม

ง. เวลาที่ลูกตุ้มแกว่งครบ 10 รอบ

SCI-M4-C01-Q004

5. นักเรียนศึกษาผลของชนิดปุ๋ยต่อความสูงของต้นผักบุ้ง ข้อใดควรเป็นตัวแปรควบคุม

ก. ชนิดของปุ๋ยที่ให้แต่ละกระถาง

ข. ปริมาณน้ำที่รดและชนิดของดิน

ค. ความสูงของต้นผักบุ้งเมื่อครบ 3 สัปดาห์

ง. ชนิดของปุ๋ยและความสูงของต้นผักบุ้ง

SCI-M4-C01-Q005

6. จากภาพการทดลองปุ๋ยกับต้นถั่ว ชุดใดเป็นชุดควบคุม และชุดนี้มีหน้าที่อะไร อ่านหลักฐาน



SCI-M4-C01-FIG011

ก. ชุด A เป็นฐานเทียบว่าผลที่เกิดขึ้นมาจากปุ๋ยจริง

ข. ชุด C เพราะมีปุ๋ยมากที่สุด จึงควบคุมผลได้ดีที่สุด

ค. ชุด A เป็นตัวแปรต้น เพราะเป็นชุดที่ไม่ได้รับปุ๋ย

ง. ชุด B เพราะมีปริมาณปุ๋ยอยู่ระหว่างชุด A กับชุด C

SCI-M4-C01-Q006

7. นักเรียนชั่งตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 50.0 g ซ้ำ 5 ครั้งด้วยเครื่องชั่งเครื่องเดียว ได้ผลดังตาราง ผลการวัดนี้เป็นอย่างไร อ่านหลักฐาน

ครั้งที่	มวลที่อ่านได้ (g)
1	47.9
2	48.0
3	48.1
4	48.0
5	48.0

ก. แม่นยำและเที่ยง

ข. แม่นยำแต่ไม่เที่ยง

ค. เที่ยงแต่ไม่แม่นยำ

ง. ไม่แม่นยำและไม่เที่ยง

SCI-M4-C01-Q007

8. ค่าที่บันทึกได้ 0.0250 g มีเลขนัยสำคัญกี่ตัว

ก. 2 ตัว **ข.** 3 ตัว **ค.** 4 ตัว **ง.** 5 ตัว

SCI-M4-C01-Q008

9. ต้องเขียนกราฟแสดงว่าเวลาที่ได้รับแสงต่อวันมีผลต่อความสูงของต้นถั่วอย่างไร ควรจัดแกนอย่างไร

ก. แกนนอนคือความสูง (cm) แกนตั้งคือเวลาที่ได้รับแสง (ชั่วโมงต่อวัน)

ข. แกนนอนคือชนิดของต้นถั่ว แกนตั้งคือความสูง (cm)

ค. แกนนอนคือเวลาที่ได้รับแสง (ชั่วโมงต่อวัน) แกนตั้งคือจำนวนต้นถั่ว

ง. แกนนอนคือเวลาที่ได้รับแสง (ชั่วโมงต่อวัน) แกนตั้งคือความสูง (cm)

SCI-M4-C01-Q009

10. วิธีใดเป็นการดมกลิ่นสารเคมีในห้องปฏิบัติการที่ปลอดภัยที่สุด

ก. ก้มลงใกล้ปากภาชนะแล้วสูดแรง ๆ เพื่อให้ได้กลิ่นชัด

ข. เทสารลงบนฝ่ามือเล็กน้อย แล้วถูให้ระเหยก่อนดม

ค. ใช้หลอดหยดดูดสารขึ้นมา แล้วจ่อใกล้จมูกเพื่อดม

ง. ใช้มือโบกไอของสารเข้าหาจมูกเบา ๆ ในระยะห่างพอสมควร

SCI-M4-C01-Q010

(A) ประยุกต์ใช้ นำหลักการไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ในชีวิตประจำวัน

11. สมชายสังเกตว่าน้ำแข็งในกระติกที่ปิดฝาละลายช้ากว่าในแก้วที่เปิดไว้ และต้องการทดลองตรวจสอบ ข้อใดเป็นสมมติฐานที่ทดสอบได้

ก. ถ้าภาชนะปิดฝา น้ำแข็งก้อนขนาดเดียวกันจะละลายหมดช้ากว่าในภาชนะเปิด

ข. น้ำแข็งละลายได้เพราะได้รับความร้อนจากสิ่งแวดล้อมรอบตัว

ค. น้ำแข็งที่อยู่ในภาชนะเปิดเป็นน้ำแข็งที่มีคุณภาพไม่ดี

ง. ภาชนะที่สวยกว่าจะทำให้น้ำแข็งละลายช้ากว่าภาชนะอื่น

SCI-M4-C01-Q011

12. อรุณเติมเกลือ 0, 5, 10 และ 15 g ลงในน้ำกลั่นชุดละ 200 mL แล้ววัดอุณหภูมิขณะน้ำเดือด ข้อใดระบุตัวแปรได้ถูกต้อง

ก. ตัวแปรต้น อุณหภูมิขณะเดือด · ตัวแปรตาม มวลเกลือ · ตัวแปรควบคุม ปริมาตรน้ำ

ข. ตัวแปรต้น ปริมาตรน้ำ · ตัวแปรตาม มวลเกลือ · ตัวแปรควบคุม อุณหภูมิขณะเดือด

ค. ตัวแปรต้น มวลเกลือ · ตัวแปรตาม อุณหภูมิขณะเดือด · ตัวแปรควบคุม ปริมาตรน้ำ

ง. ตัวแปรต้น มวลเกลือ · ตัวแปรตาม ปริมาตรน้ำ · ตัวแปรควบคุม อุณหภูมิขณะเดือด

SCI-M4-C01-Q012

13. นักเรียนทดสอบผงซักฟอกดังตาราง แล้วพบว่าผ้าชุด 2 สะอาดกว่าชุด 1 เหตุใดจึงยังสรุปไม่ได้ว่าผงซักฟอก B ดีกว่าผงซักฟอก A `อ่านหลักฐาน`

ชุด	ผงซักฟอก	น้ำที่ใช้	ผ้าเปื้อน
1	A 10 g	น้ำ 40 °C 1 L	ผ้าฝ้ายเปื้อนซอส 1 ผืน
2	B 10 g	น้ำ 25 °C 2 L	ผ้าฝ้ายเปื้อนซอส 1 ผืน

ก. เพราะใช้ผงซักฟอกมวลเท่ากันในทั้งสองชุด
ข. เพราะน้ำต่างกันทั้งปริมาตรและอุณหภูมิ จึงแยกสาเหตุไม่ได้
ค. เพราะการทดลองต้องใช้น้ำอุ่นเท่านั้น จึงจะเปรียบเทียบได้
ง. เพราะใช้ผ้าฝ้ายชนิดเดียวกัน จึงไม่มีผ้าอื่นให้เปรียบเทียบ

SCI-M4-C01-Q013

14. ต้องการทดสอบว่าสีของภาชนะมีผลต่ออุณหภูมิน้ำเมื่อตากแดดหรือไม่ วิธีใดเป็นการทดลองที่เป็นธรรมที่สุด
ก. ใช้กระป๋องสีดำใส่น้ำ 200 mL และกระป๋องสีขาวใส่น้ำ 100 mL วางกลางแดด 30 นาที
ข. ใช้กระป๋องสีดำวางกลางแดด และกระป๋องสีขาววางในร่ม ใส่น้ำเท่ากัน 200 mL นาน 30 นาที
ค. ใช้กระป๋องสีดำในวันหนึ่งและกระป๋องสีขาวในอีกวันหนึ่ง ใส่น้ำเท่ากัน วางกลางแดด 30 นาที
ง. ใช้กระป๋องขนาดเดียวกันสีดำและสีขาว ใส่น้ำเท่ากันที่อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากัน วางกลางแดดข้างกัน 30 นาที

SCI-M4-C01-Q014

15. ต้องการหาความหนาของกระดาษ 1 แผ่น แต่มีเพียงไม้บรรทัดขีดย่อย 1 mm วิธีใดให้ผลน่าเชื่อถือที่สุด
ก. วัดกระดาษ 1 แผ่นโดยตรงด้วยไม้บรรทัด แล้วทำซ้ำ 3 ครั้ง
ข. พับกระดาษครึ่งหนึ่ง แล้ววัดความหนาและหารด้วย 2
ค. วัดกระดาษ 100 แผ่นที่ซ้อนกันแน่น แล้วหารด้วย 100
ง. วัดความกว้างและความยาวกระดาษ แล้วคำนวณความหนา

SCI-M4-C01-Q015

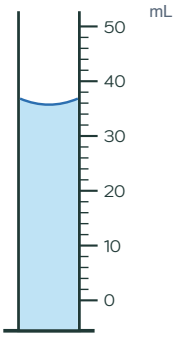
16. ต้องการตวงน้ำ 25.0 mL ให้ได้ปริมาตรใกล้เคียงที่สุด จากอุปกรณ์ในตาราง ควรเลือกอุปกรณ์ใด อ่านหลักฐาน

อุปกรณ์	ขนาด (mL)	ขีดย่อยเล็กที่สุด (mL)
กระบอกตวง	50	1
กระบอกตวง	250	5
บีกเกอร์	250	50
ถ้วยตวง	500	25

ก. กระบอกตวงขนาด 50 mL
ข. กระบอกตวงขนาด 250 mL
ค. บีกเกอร์ขนาด 250 mL
ง. ถ้วยตวงขนาด 500 mL

SCI-M4-C01-Q016

17. จากภาพกระบอกตวง อ่านปริมาตรน้ำได้เท่าใด (อ่านที่ส่วนล่างสุดของส่วนโค้ง โดยสายตาอยู่ระดับเดียวกับผิวน้ำ) อ่านหลักฐาน



SCI-M4-C01-FIG012

ก. 33 mL
ข. 36 mL
ค. 38 mL
ง. 40 mL

SCI-M4-C01-Q017

18. นักเรียนชั่งตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 50.0 g ได้ 48.0 g ความคลาดเคลื่อนร้อยละเป็นเท่าใด

ก. 2%
ข. 96%
ค. ประมาณ 4.2%
ง. 4%

SCI-M4-C01-Q018

19. ธีรพรจับเวลาลูกแก้วกลิ้งลงราง 5 ครั้งดังตาราง โดยครั้งที่ 3 บันทึกว่ากดนาฬิกาหยุดช้าเพราะเสียสมาธิ ควรรายงานเวลาเฉลี่ยเท่าใด อ่านหลักฐาน

ครั้งที่	เวลา (s)	หมายเหตุ
1	8.4	ไม่มี
2	8.6	ไม่มี
3	11.9	กดนาฬิกาหยุดช้า
4	8.5	ไม่มี
5	8.5	ไม่มี

ก. 8.5 s **ข.** 9.2 s **ค.** 8.6 s **ง.** 11.9 s

SCI-M4-C01-Q019

20. ตารางแสดงมวลเฉลี่ยของผลมะม่วงจากสวน 4 แห่ง ถ้าต้องการนำเสนอเพื่อเปรียบเทียบสวนทั้งสี่ ควรใช้กราฟแบบใด อ่านหลักฐาน

สวน	มวลเฉลี่ยของผลมะม่วง (g)
ก	280
ข	310
ค	265
ง	295

ก. กราฟเส้น เพราะมีตัวเลขอยู่บนแกนตั้ง

ข. กราฟเส้น เพราะต้องการเปรียบเทียบข้อมูล

ค. แผนภูมิแท่ง เพราะแกนนอนเป็นหมวดหมู่

ง. แผนภูมิแท่ง เพราะใช้กับตัวแปรต่อเนื่องเท่านั้น

SCI-M4-C01-Q020

21. นักเรียนปลูกถั่วเขียวสายพันธุ์เดียวที่ 30 °C ให้น้ำต่างกัน 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ต้น และวัดความสูงเฉลี่ยเมื่อครบ 14 วันได้ดังตาราง ข้อใดเป็นข้อสรุปที่เหมาะสมที่สุด อ่านหลักฐาน

น้ำที่ได้รับต่อวัน (mL)	ความสูงเฉลี่ยเมื่อครบ 14 วัน (cm)
20	9.0
40	14.0
60	18.5

ก. ยิ่งให้น้ำมาก พืชทุกชนิดยิ่งเจริญเติบโตได้ดีขึ้น
ข. ในช่วง 20–60 mL ต่อวัน ถั่วเขียวสายพันธุ์นี้ที่ได้น้ำมากกว่าสูงกว่า
ค. ถ้าให้น้ำ 200 mL ต่อวัน ต้นถั่วจะสูงกว่า 18.5 cm แน่นอน
ง. ปริมาณน้ำเป็นปัจจัยเดียวที่กำหนดความสูงของถั่วเขียวทุกสายพันธุ์

SCI-M4-C01-Q021

22. ระหว่างทดลอง กรดเข้มข้นหกรดผิวหนังของนักเรียน ควรปฏิบัติอย่างไรเป็นอันดับแรก

ก. ล้างบริเวณนั้นด้วยน้ำสะอาดปริมาณมากทันที แล้วแจ้งครู
ข. ทาด้วยสารละลายเบสเข้มข้นเพื่อทำให้เป็นกลางทันที
ค. ใช้ผ้าแห้งถูแรง ๆ เพื่อเช็ดกรดออกให้หมดก่อน
ง. ปล่อยให้แห้งก่อน แล้วจึงแจ้งครูเมื่อจบการทดลอง

SCI-M4-C01-Q022

D วิเคราะห์ข้อมูลและการทดลอง — อ่านตาราง กราฟ ภาพ วิเคราะห์ตัวแปรและข้อสรุปจากการทดลอง

สถานการณ์ S1 ใช้ตอบข้อ 23–25

นักเรียนเพาะเมล็ดถั่วเขียวสายพันธุ์เดียวกันบนสำลีในจานเพาะ 4 ชุด ชุดละ 20 เมล็ด ที่ 28 °C รดด้วยน้ำเกลือความเข้มข้นต่างกันในปริมาณเท่ากันทุกวัน นับจำนวนเมล็ดที่งอกเมื่อครบ 4 วัน และทำซ้ำทั้งหมด 3 รอบ ได้ผลดังตาราง

ชุด	เกลือในน้ำ 100 mL (g)	เมล็ดที่งอกจาก 20 เมล็ด (รอบที่ 1, 2, 3)
A	0	18, 19, 17
B	1	15, 14, 16
C	2	9, 11, 10
D	3	4, 6, 5

23. ชุด C มีค่าเฉลี่ยร้อยละการงอกของเมล็ดเท่าใด อ่านหลักฐาน

ก. 10% **ข.** 33% **ค.** 30% **ง.** 50%

SCI-M4-C01-Q023

24. ข้อใดเป็นข้อสรุปที่สอดคล้องกับข้อมูลและไม่เกินขอบเขตมากที่สุด อ่านหลักฐาน

ก. น้ำเกลือทำให้เมล็ดพืชทุกชนิดไม่สามารถงอกได้เลย

ข. ในช่วง 0–3 g ต่อน้ำ 100 mL เมล็ดถั่วเขียวงอกเฉลี่ยน้อยลงเมื่อเกลือมากขึ้น

ค. น้ำเกลือ 1 g ต่อน้ำ 100 mL ทำให้เมล็ดงอกมากกว่าน้ำเปล่า

ง. เมล็ดถั่วเขียวงอกได้ดีที่สุดเมื่อใช้เกลือ 3 g ต่อน้ำ 100 mL

SCI-M4-C01-Q024

25. ถ้าต้องการขยายข้อสรุปไปถึง “เมล็ดพืชตระกูลถั่วหลายชนิด” ควรเพิ่มการทดลองแบบใด อ่านหลักฐาน

ก. ทำซ้ำชุดเดิมกับถั่วเขียวสายพันธุ์เดิมอีก 3 รอบ

ข. เพิ่มชุดเกลือ 4 g ต่อน้ำ 100 mL กับถั่วเขียวสายพันธุ์เดิม

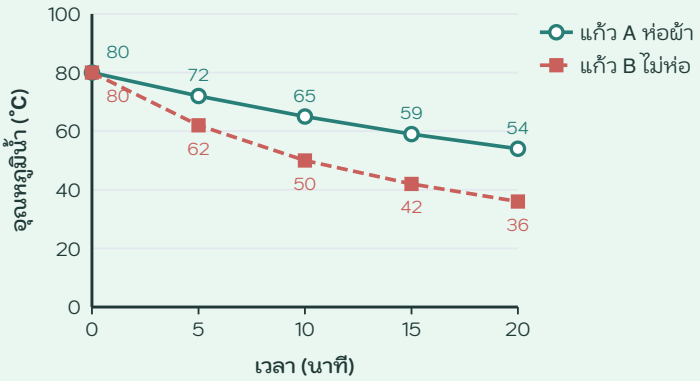
ค. ทดลองแบบเดิมกับถั่วหลายชนิดภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน

ง. เปลี่ยนไปวัดความสูงของต้นกล้าแทนจำนวนเมล็ดที่งอก

SCI-M4-C01-Q025

สถานการณ์ S2 ใช้ตอบข้อ 26–28

นักเรียนใส่น้ำร้อน 80 °C ปริมาตร 200 mL ลงในแก้วแบบเดียวกัน 2 ใบ แก้ว A ห่อด้วยผ้าขนหนู แก้ว B ไม่ห่อ วางในห้องที่อุณหภูมิ 25 °C คงตัว และวัดอุณหภูมิน้ำทุก 5 นาที ได้ผลดังกราฟ (ไม่คิดผลจากการระเหยของน้ำ)



SCI-M4-C01-FIG013

26. ที่เวลา 10 นาที อุณหภูมิน้ำในแก้ว A สูงกว่าแก้ว B เท่าใด อ่านหลักฐาน

ก. 15 °C **ข.** 30 °C **ค.** 10 °C **ง.** 22 °C

SCI-M4-C01-Q026

27. ช่วงเวลาใดที่อุณหภูมิน้ำในแก้ว B ลดลงเร็วที่สุด และลดลงกี่องศาเซลเซียสในช่วงนั้น อ่านหลักฐาน

ก. ช่วง 15–20 นาที ลดลง 6 °C **ข.** ช่วง 5–10 นาที ลดลง 12 °C

ค. ช่วง 10–15 นาที ลดลง 8 °C **ง.** ช่วง 0–5 นาที ลดลง 18 °C

SCI-M4-C01-Q027

28. ภูมิต่อแนวเส้นตรงของช่วง 15–20 นาทีของแก้ว B ไปถึงเวลา 40 นาที และได้อุณหภูมิ 12 °C ข้อใดประเมินการคาดคะเนนี้ได้ถูกต้องที่สุด อ่านหลักฐาน

ก. น่าเชื่อถือ เพราะใช้ข้อมูลจากช่วงเวลาล่าสุดในการคาดคะเน

ข. น่าเชื่อถือ เพราะกราฟเป็นเส้นตรงตลอดทุกช่วงเวลา

ค. ไม่น่าเชื่อถือ เพราะน้ำในห้อง 25 °C จะไม่เย็นต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง

ง. ไม่น่าเชื่อถือ เพราะแก้ว A เย็นลงช้ากว่าแก้ว B ในทุกช่วง

SCI-M4-C01-Q028

29. ตารางแสดงข้อมูลรายเดือนของเมืองหนึ่ง โดยเรียงตามอุณหภูมิจากต่ำไปสูง ผู้จัดการร้านสรุปว่า “ถ้าจัดโปรโมชันเพิ่มยอดขายเครื่องดื่มเย็น คนจะมาใช้สระว่ายน้ำมากขึ้น” ข้อใดเป็นการประเมินข้อสรุปนี้ที่เหมาะสมที่สุด อ่านหลักฐาน

เดือน	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (°C)	ยอดขายเครื่องดื่มเย็น (ขวด)	ผู้ใช้สระว่ายน้ำ (คน)
ม.ค.	31	1,200	400
ก.ค.	33	1,600	600
มี.ค.	35	2,100	750
เม.ย.	38	2,900	1,100

ก. ถูกต้อง เพราะยอดขายกับผู้ใช้สระเพิ่มขึ้นไปด้วยกันทุกแถว

ข. ยังสรุปไม่ได้ เพราะอุณหภูมิอาจเป็นสาเหตุร่วมของทั้งสองอย่าง

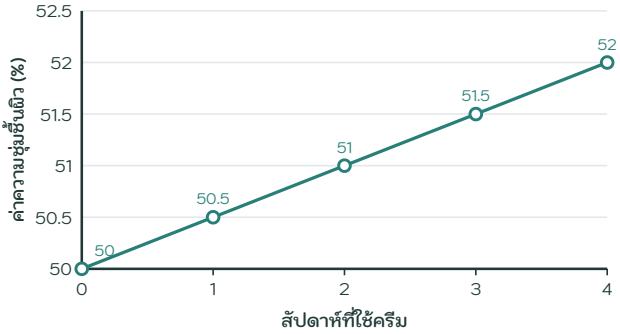
ค. ถูกต้อง เพราะเดือนที่ขายดีที่สุดมีผู้ใช้สระมากที่สุดด้วย

ง. ยังสรุปไม่ได้ เพราะเดือนมกราคมมีผู้ใช้สระน้อยกว่าเดือนอื่น

SCI-M4-C01-Q029

30. บริษัทหนึ่งให้อาสาสมัคร 1 กลุ่มใช้ครีม แล้วนำผลมาเขียนกราฟ พร้อมกล่าวว่า “ครีมทำให้ความชุ่มชื้นผิวเพิ่มขึ้นอย่างมาก” ข้อใดประเมินคำกล่าวนี้ได้เหมาะสมที่สุด

อ่านหลักฐาน



SCI-M4-C01-FIG014

ก. เชื่อได้ เพราะเส้นกราฟชันขึ้นอย่างชัดเจนตั้งแต่สัปดาห์แรก

ข. เชื่อได้ เพราะค่าความชุ่มชื้นเพิ่มขึ้นในทุกสัปดาห์ที่วัด

ค. คำกล่าวผิด เพราะค่าความชุ่มชื้นลดลงในช่วงสัปดาห์ท้าย

ง. ยังเชื่อไม่ได้ ค่าเพิ่มเพียง 2 หน่วย แกนไม่เริ่มที่ 0 และไม่มีชุดควบคุม

SCI-M4-C01-Q030

เช็กลิสต์ความพร้อม: ฉันทำได้แล้วหรือยัง?	ได้แล้ว	ยังไม่แน่ใจ	กลับไปทบทวน
ฉันเขียนสมมติฐานที่ทดสอบได้ และแยกสมมติฐานกับข้อสรุปได้	☐	☐	หัวข้อ 1.1
ฉันระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมจากสถานการณ์ใหม่ได้	☐	☐	หัวข้อ 1.2
ฉันตรวจการทดลองว่าเป็นธรรมหรือไม่ และบอกหน้าที่ของชุดควบคุมได้	☐	☐	หัวข้อ 1.3
ฉันแยกความแม่นยำกับความเที่ยง และคำนวณค่าเฉลี่ยได้	☐	☐	หัวข้อ 1.4
ฉันอ่านตารางและกราฟ และรู้ว่าอะไรอยู่นอกช่วงข้อมูลได้	☐	☐	หัวข้อ 1.5
ฉันแยกสหสัมพันธ์กับเหตุและผล และสรุปผลไม่เกินข้อมูลได้	☐	☐	หัวข้อ 1.6

แนวทางกลับไปทบทวน

- ถ้าพลาดข้อตัวแปร ให้เขียนสองคำถาม “เราเปลี่ยนอะไร” และ “เราวัดอะไร” ก่อนเลือกตอบ
- ถ้าพลาดข้อสรุปผล ให้ขีดเส้นใต้คำว่า “ทุก” “แน่นอน” หรือ “ทำให้” แล้วตรวจว่าข้อมูลรองรับคำนั้นหรือไม่
- ถ้าพลาดข้ออ่านกราฟ ให้อ่านชื่อแกน หน่วย และตัวเลขเริ่มต้นของแกนก่อนอ่านค่า



ภาคที่ 2

ชีววิทยา: ชีวิตและสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2 เซลล์และการลำเลียงสาร

บทที่ 3 การดำรงชีวิตของพืช

บทที่ 4 ระบบร่างกายมนุษย์

บทที่ 5 พันธุกรรมและความหลากหลาย

บทที่ 6 ระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม



คุยกันก่อนเริ่มภาคที่ 2

ตั้งแต่เซลล์เล็ก ๆ ไปจนถึงระบบนิเวศทั้งผืน สิ่งมีชีวิตทำงานเป็นระบบเสมอ ภาคนี้ให้จับคู่ “โครงสร้าง” กับ “หน้าที่” แล้วถามต่อว่าสารและพลังงานเคลื่อนจากไหนไปไหน เมื่อเห็นความเชื่อมโยง เนื้อหาที่ดูเยอะจะเหลือหลักคิดไม่กี่ข้อ และไม่ต้องท่องเป็นรายการยาว ๆ

บทที่ 16 · ภาคที่ 4 ฟิสิกส์: แรง พลังงาน คลื่น และไฟฟ้า

ไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า



สถานการณ์ชวนคิด เดือนนี้ค่าไฟบ้านนาลินเพิ่มขึ้นมาก ชนะบอกว่าเป็นเพราะหลอดไฟเปิดทั้งคืน แต่นาลินสงสัยเครื่องปรับอากาศที่เปิดเพียงวันละไม่กี่ชั่วโมง ถ้าเรามีเพียงตัวเลขบนฉลากเครื่องใช้ไฟฟ้ากับเวลาที่ใช้ จะพิสูจน์ได้อย่างไรว่าเครื่องใดทำให้ค่าไฟเพิ่มมากที่สุด

เป้าหมายการเรียนรู้

- อธิบายกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ และต่อและอ่านแอมมิเตอร์กับโวลต์มิเตอร์ได้ถูกต้อง
- ใช้ $V = IR$ และแปลความกราฟระหว่างกระแสกับความต่างศักย์ได้
- เปรียบเทียบกระแสและความต่างศักย์ในวงจรอนุกรมกับวงจรขนาน และหาความต้านทานรวมได้
- คำนวณกำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า จำนวนหน่วย และค่าไฟฟ้าจากข้อมูลจริงในบ้านได้
- เลือกวิธีใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย และระบุเงื่อนไขของอุปกรณ์ก่อนสรุปผลจากโจทย์ได้

✔ เช็กพื้นฐานก่อนเริ่ม

1. พลังงานมีหน่วยอะไรในระบบ SI
2. 1 kW เท่ากับกี่วัตต์ และ 30 min เท่ากับกี่ชั่วโมง
3. ถ้า $y = 3x$ แล้ว x เพิ่มเป็น 2 เท่า y เปลี่ยนอย่างไร

แนวตอบ: 1) จูล (J) · 2) 1 kW = 1,000 W และ 30 min = 0.5 h · 3) y เพิ่มเป็น 2 เท่า เพราะ y แปรผันตรงกับ x

16.1 วงจรไฟฟ้า กระแส ความต่างศักย์ และเครื่องวัด แกน ม.1–3

วงจรไฟฟ้าประกอบด้วย **แหล่งจ่าย** (เช่น แบตเตอรี่) **สายไฟ** และ **เครื่องใช้ไฟฟ้า** ที่ต่อกันเป็นทางเดินครบรอบ ถ้าวงจรขาดที่จุดใดจุดหนึ่ง เรียกว่า **วงจรเปิด** กระแสจะไม่ไหล



ภาพ 16.1 สัญลักษณ์วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายที่ใช้ในบทนี้ SCI-M4-C16-FIG001

กระแสไฟฟ้า (I) คือปริมาณประจุไฟฟ้าที่ผ่านจุดหนึ่งในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยแอมแปร์ (A) ในบทเรียนเรากำหนดทิศกระแสว่า ไหล **จากขั้วบวกผ่านวงจรภายนอกไปขั้วลบ** ส่วนอิเล็กตรอนในลวดโลหะเคลื่อนที่สวนทิศกระแส

ความต่างศักย์ (V) บอกความแตกต่างของพลังงานไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยประจุระหว่างสองจุด มีหน่วยโวลต์ (V) แหล่งจ่ายทำหน้าที่ทำให้เกิดความต่างศักย์ ซึ่งเป็นเหตุให้มีกระแสในวงจรที่ต่อครบ

อย่าสับสน กระแสไฟฟ้า กับ ความต่างศักย์

	กระแสไฟฟ้า	ความต่างศักย์
ความหมาย	ประจุที่ไหลผ่านจุดหนึ่งต่อหนึ่งหน่วยเวลา	ความแตกต่างของพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยประจุระหว่างสองจุด
หน่วย	แอมแปร์ (A)	โวลต์ (V)
เครื่องวัด	แอมมิเตอร์ ต่ออนุกรม	โวลต์มิเตอร์ ต่อคร่อม (ขนาน)
เทียบกับระบบน้ำ	อัตราการไหลของน้ำในท่อ	แรงดันที่ปั๊มสร้างให้น้ำไหล

วิธีแยก: กระแสวัดที่ “จุดหนึ่ง” บนทางเดิน ความต่างศักย์วัดระหว่าง “สองจุด” เสมอ

ตารางเปรียบเทียบแอมมิเตอร์กับโวลต์มิเตอร์

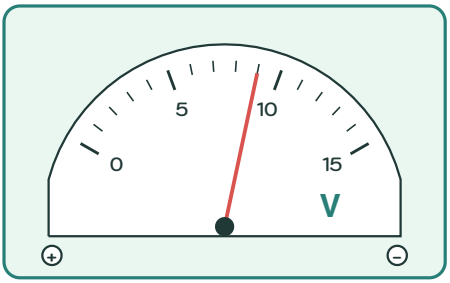
ประเด็น	แอมมิเตอร์	โวลต์มิเตอร์
วัดอะไร	กระแสไฟฟ้า (A)	ความต่างศักย์ (V)
วิธีต่อ	ต่ออนุกรมบนทางที่ต้องการวัด	ต่อคร่อม (ขนาน) กับส่วนที่ต้องการวัด
ในอุดมคติ	ความต้านทานเป็นศูนย์	ความต้านทานมากจนไม่มีกระแสผ่าน
ถ้าต่อผิด	ต่อคร่อมแหล่งจ่าย กระแสสูงมาก เครื่องอาจเสีย	ต่ออนุกรม กระแสในวงจรแทบเป็นศูนย์ อุปกรณ์ไม่ทำงาน

อ่านหลักฐานก่อนตอบ **อ่านหน้าปัดเครื่องวัดให้ถูก**

- ดูค่าสูงสุดและหน่วยของสเกลก่อน
- หาค่าต่อหนึ่งช่องย่อย จากค่าระหว่างขีดใหญ่หารจำนวนช่องย่อย
- อ่านตำแหน่งเข็ม แล้วเขียนค่าพร้อมหน่วย

ตัวอย่างที่ 1 **อ่านหน้าปัดโวลต์มิเตอร์** SCI-M4-C16-EX001

จากหน้าปัดโวลต์มิเตอร์ในภาพ อ่านค่าความต่างศักย์ได้เท่าใด



SCI-M4-C16-FIG002

คิดอย่างไร

1. ระบุสิ่งที่ถาม: ค่าความต่างศักย์จากตำแหน่งเข็ม
2. อ่านสเกล: ค่าสูงสุด 15 V ขีดใหญ่ทุก 5 V และระหว่างขีดใหญ่มี 5 ช่องย่อย
3. หาค่าต่อช่องย่อย: 5 V ÷ 5 ช่อง = 1 V ต่อช่อง
4. อ่านเข็ม: เข็มชี้เลยขีด 5 V ไป 4 ช่อง จึงได้ 5 + 4 = 9 V

คำตอบ **อ่านได้ 9 V — ถ้าไม่หาค่าต่อช่องย่อยก่อน มักอ่านผิดเป็น 7 V หรือ 8 V**

16.2 ความต้านทานและกฎของโอห์ม แกน ม.1–3

ความต้านทาน (R) บอกว่าตัวนำขัดขวางการไหลของกระแสมากเพียงใด มีหน่วยโอห์ม (Ω) ลวดโลหะที่ยาวกว่ามีความต้านทานมากกว่า ลวดที่พื้นที่หน้าตัดใหญ่กว่ามีความต้านทานน้อยกว่า และชนิดของโลหะกับอุณหภูมิก็มีผลด้วย

กฎของโอห์ม

$$V = IR$$

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
V	ความต่างศักย์คร่อมตัวนำ	V
I	กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวนำ	A
R	ความต้านทานของตัวนำ	Ω

ใช้เมื่อ / เงื่อนไข:

- กฎของโอห์มใช้กับตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัว ซึ่ง R มีค่าคงตัว
- V และ I ต้องเป็นค่าของตัวนำตัวเดียวกัน

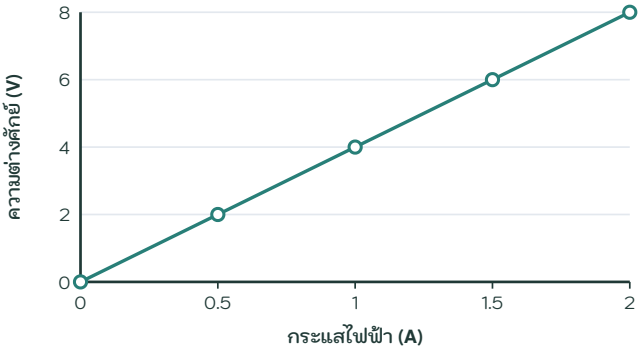
ระวัง: อย่านำความต่างศักย์ของแบตเตอรี่ไปหารความต้านทานเพียงตัวเดียว ถ้าในวงจรมีตัวต้านทานหลายตัว ต้องใช้ค่าคร่อมตัวนั้นจริง

หน่วยของผลลัพธ์: V (1 V = 1 A·Ω)

ตัวอย่างที่ 2 หาความต้านทานจากข้อมูลและกราฟ

SCI-M4-C16-EX002

นักเรียนต่อตัวต้านทานกับแหล่งจ่ายที่ปรับค่าได้ แล้ววัดค่าได้ดังตาราง (มิเตอร์เป็นอุดมคติ อุณหภูมิของตัวต้านทานคงตัว) ความต้านทานมีค่าเท่าใด และกราฟควรเป็นอย่างไร



SCI-M4-C16-FIG003

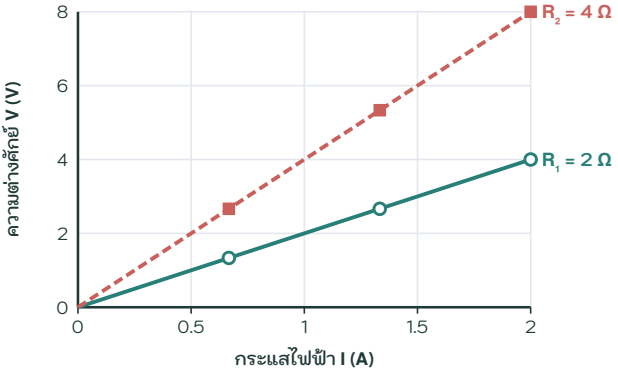
ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า (A)
2	0.5
4	1.0
6	1.5
8	2.0

คิดอย่างไร

1. ระบุสิ่งที่ถาม: ค่า R และรูปร่างของกราฟ
2. ดึงข้อมูล: V ÷ I ของทุกแถว ได้ 2 ÷ 0.5, 4 ÷ 1, 6 ÷ 1.5 และ 8 ÷ 2
3. ใช้หลัก: ทุกแถวได้ 4 Ω เท่ากัน จึงเป็นตัวนำที่ R คงตัว
4. สรุป: กราฟ V กับ I เป็นเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด และความชันเท่ากับ R

คำตอบ

R = 4 Ω — ถ้ากราฟมี V เป็นแกนตั้ง ความชันคือ R แต่ถ้า I เป็นแกนตั้ง ความชันคือ 1/R ต้องดูแกนก่อนเสมอ



ภาพ 16.4 กราฟ V กับ I ของตัวนำ 2 ตัว เมื่อ V เป็นแกนตั้ง เส้นที่ชันกว่ามีความต้านทานมากกว่า

SCI-M4-C16-FIG004

นักทดลองคิดอย่างไร **นักทดลองคิดอย่างไร**

ถ้าจะทดสอบว่าความยาวของลวดมีผลต่อความต้านทาน ต้องเปลี่ยนเฉพาะความยาว แล้วควบคุมชนิดลวด พื้นที่หน้าตัด และอุณหภูมิ จึงไม่ควรเปิดวงจรค้างไว้นาน เพราะลวดที่ร้อนขึ้นจะมีความต้านทานเปลี่ยนไป

ข้อมูลเท่านี้ สรุปได้แค่ไหน **กราฟเส้นตรงบอกอะไรได้แค่ไหน**

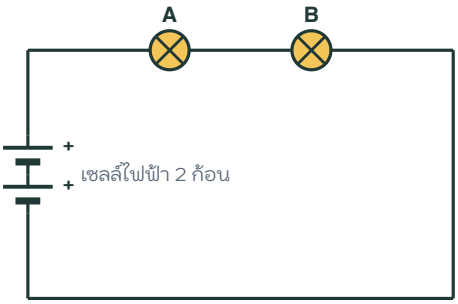
หลอดไฟแบบไส้เมื่อร้อนขึ้นจะมีความต้านทานเพิ่มขึ้น กราฟระหว่าง I กับ V จึงไม่เป็นเส้นตรงตลอด ถ้าโจทย์ถือว่าหลอดมีความต้านทานคงตัว ต้องระบุเงื่อนไขไว้ และผลที่ได้จะเป็นค่าโดยประมาณ

หลักนี้ต้องเข้าใจ **ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ควรรู้จัก**

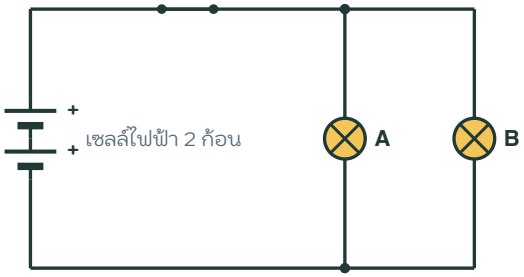
- **ตัวต้านทาน** จำกัดกระแสในวงจร
- **ไดโอด** ยอมให้กระแสผ่านได้ในทิศเดียว เช่น หลอด LED ซึ่งติดเมื่อต่อถูกขั้วเท่านั้น
- **ตัวเก็บประจุ** เก็บประจุไว้แล้วคายออกเมื่อต้องการ
- **ทรานซิสเตอร์** ใช้ขยายสัญญาณหรือทำหน้าที่เป็นสวิตช์

16.3 วงจรอนุกรมและวงจรขนาน แกน ม.1–3

ถ้าต่ออุปกรณ์เรียงต่อกันเป็นทางเดินเดียว เรียกว่า **วงจรอนุกรม** ถ้าต่อคร่อมจุดสองจุดเดียวกันจนกระแสแยกเป็นหลายทาง เรียกว่า **วงจรขนาน** สองแบบนี้แบ่งกระแสและความต่างศักย์ต่างกัน ภาพและสูตรในหัวข้อนี้ถือว่ามิเตอร์เป็นอุดมคติ สายไฟและแบตเตอรี่ไม่มีความต้านทาน



ภาพ 16.5 วงจรอนุกรม: หลอด A และ B อยู่บนทางเดินเดียวกัน SCI-M4-C16-FIG005



ภาพ 16.6 วงจรขนาน: หลอด A และ B อยู่คนละสาขา ต่างได้รับความต่างศักย์เท่ากับแหล่งจ่าย SCI-M4-C16-FIG006

กระแสและความต่างศักย์ในวงจรอนุกรม

$$I = I_1 = I_2 \text{ และ } V = V_1 + V_2$$

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
I	กระแสเดียวกันที่ผ่านอุปกรณ์ทุกตัว	A
V	ความต่างศักย์รวมของแหล่งจ่าย	V
V_1, V_2	ความต่างศักย์คร่อมอุปกรณ์แต่ละตัว	V

ใช้เมื่อ / เงื่อนไข:

- อุปกรณ์อยู่บนทางเดินเดียวกัน
- สายไฟและแบตเตอรี่ไม่มีความต้านทาน

ระวัง: ความต่างศักย์คร่อมแต่ละตัวไม่ได้เท่ากับแหล่งจ่าย และไม่ได้แบ่งเท่า ๆ กันเสมอ ตัวที่มี R มากกว่าจะได้ส่วนแบ่งมากกว่า

หน่วยของผลลัพธ์: A และ V

กระแสและความต่างศักย์ในวงจรขนาน

$$V = V_1 = V_2 \text{ และ } I = I_1 + I_2$$

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
V	ความต่างศักย์เดียวกันที่คร่อมทุกสาขา	V
I	กระแสรวมจากแหล่งจ่าย	A
I_1, I_2	กระแสในแต่ละสาขา	A

ใช้เมื่อ / เงื่อนไข:

- ทุกสาขาต่อคร่อมสองจุดเดียวกัน
- สายไฟและแบตเตอรี่ไม่มีความต้านทาน

ระวัง: กระแสในแต่ละสาขาไม่ได้แบ่งเท่ากันเสมอ สาขาที่มี R น้อยกว่าจะมีกระแสมากกว่า

หน่วยของผลลัพธ์: V และ A

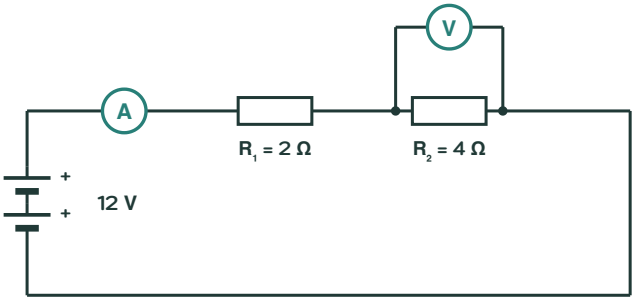
อย่าสับสน **วงจรอนุกรม กับ วงจรขนาน**

	วงจรอนุกรม	วงจรขนาน
ทางเดินของกระแส	ทางเดียว	แยกเป็นหลายสาขา
กระแส	เท่ากันทุกตัว	กระแสรวมเท่ากับผลรวมของทุกสาขา
ความต่างศักย์	ผลรวมของแต่ละตัวเท่ากับแหล่งจ่าย	เท่ากันทุกสาขา เท่ากับแหล่งจ่าย
เมื่อหลอดหนึ่งขาด	หลอดอื่นดับหมด	หลอดอื่นในสาขาอื่นยังสว่าง

วิธีแยก: ถามตัวเองก่อนว่ากระแสมีทางไปทางเดียวหรือหลายทาง คำตอบจะบอกว่าสิ่งใดเท่ากัน

ตัวอย่างที่ 3 **แนวข้อสอบ: ความต่างศักย์ในวงจรอนุกรม** SCI-M4-C16-EX003

จากวงจรในภาพ โวลต์มิเตอร์อ่านค่าได้เท่าใด (ถือว่ามิเตอร์เป็นอุดมคติ สายไฟและแบตเตอรี่ไม่มีความต้านทาน)



แอมมิเตอร์ต่ออนุกรม · โวลต์มิเตอร์ต่อคร่อม (ขนาน)

SCI-M4-C16-FIG007

ก. 2 V **ข.** 4 V **ค.** 8 V **ง.** 12 V

คิดอย่างไร

1. ระบุสิ่งที่ถาม: ความต่างศักย์คร่อม R_2 ตามตำแหน่งของโวลต์มิเตอร์
2. ดึงข้อมูลจากภาพ: แหล่งจ่าย 12 V ตัวต้านทาน 2 Ω และ 4 Ω ต่ออนุกรม
3. หากระแส: $I = 12\ V \div (2 + 4)\ \Omega = 2\ A$ และกระแสนี้ผ่านทุกตัว
4. หาความต่างศักย์: $V_2 = 2\ A \times 4\ \Omega = 8\ V$ ตรวจสอบ $V_1 = 4\ V$ และ $4 + 8 = 12\ V$

คำตอบ **ข้อ ค. 8 V — ตัวต้านทานตัวใหญ่กว่าได้ส่วนแบ่งความต่างศักย์มากกว่า**

ตัวเลือกอื่น ก. นำกระแส 2 A มาตอบเป็นความต่างศักย์ · ข. เป็นค่าคร่อม R_1 ไม่ใช่ R_2 · ง. เป็นค่าของแหล่งจ่าย ซึ่งใช้กับวงจรขนาน

วิทย์ใกล้ตัว **ไฟฟ้าในบ้านต่อแบบขนาน**

เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านต่อแบบขนาน เพื่อให้ทุกเครื่องได้รับความต่างศักย์เท่ากัน (โจทย์ในบทนี้กำหนดไฟบ้าน 220 V) และเปิดปิดแต่ละเครื่องได้อิสระ ถ้าเครื่องหนึ่งเสีย เครื่องอื่นยังทำงานได้

16.4 ความต้านทานรวม ต่อยอดสอบเข้า

ขอบเขตของหัวข้อนี้: ความสัมพันธ์ของกระแสและความต่างศักย์เป็นเนื้อหาแกน แต่สมการความต้านทานรวมอยู่ในฟิสิกส์เพิ่มเติม จึงจัดเป็นเนื้อหาต่อยอดสอบเข้า โจทย์ใน

หัวข้อนี้ถือว่าตัวต้านทานมีค่าคงตัว สายไฟและแบตเตอรี่ไม่มีความต้านทาน

ความต้านทานรวมแบบอนุกรม

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
R	ความต้านทานรวม	Ω
R_1, R_2, R_3	ความต้านทานแต่ละตัว	Ω

ใช้เมื่อ / เงื่อนไข:

- อุปกรณ์ต่ออนุกรมบนทางเดินเดียว
- ตัวต้านทานมีค่าคงตัว

ระวัง: ค่ารวมมากกว่าตัวต้านทานทุกตัว ถ้าเพิ่มตัวต้านทานอนุกรม กระแสจะลดลง

หน่วยของผลลัพธ์: Ω

ความต้านทานรวมแบบขนาน

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
R	ความต้านทานรวม	Ω
R_1, R_2	ความต้านทานในแต่ละสาขา	Ω

ใช้เมื่อ / เงื่อนไข:

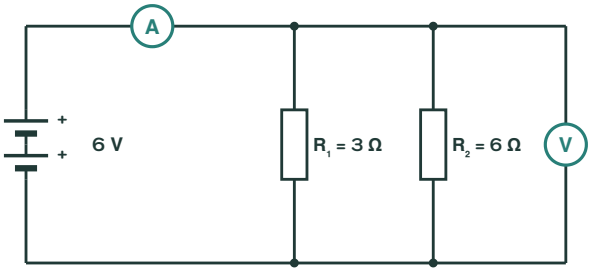
- ตัวต้านทานต่อคร่อมสองจุดเดียวกัน
- ถ้ามี n ตัวเท่ากันและมีค่า R_0 ทุกตัว จะได้ $R = R_0 \div n$

ระวัง: อย่าลืมกลับเศษเป็นส่วนในขั้นสุดท้าย ค่ารวมต้องน้อยกว่าตัวที่น้อยที่สุดในกลุ่มเสมอ

หน่วยของผลลัพธ์: Ω

ตัวอย่างที่ 4 **หาค่ารวมและกระแสในวงจรขนาน** SCI-M4-C16-EX004

จากวงจรในภาพ ตัวต้านทาน 3 Ω และ 6 Ω ต่อขนานกับแหล่งจ่าย 6 V (ถือว่ามิเตอร์เป็นอุดมคติ สายไฟและแหล่งจ่ายไม่มีความต้านทาน) จงหาความต้านทานรวมและกระแสรวม



แอมมิเตอร์ต่ออนุกรม · โวลต์มิเตอร์ต่อคร่อม (ขนาน)

SCI-M4-C16-FIG008

คิดอย่างไร

1. ระบุสิ่งที่ถาม: R รวม และกระแสที่ออกจากแหล่งจ่าย
2. ใช้สูตรขนาน: 1/R = 1/3 + 1/6 = 3/6 จึงได้ R = 2 Ω
3. หากระแสรวม: I = 6 V ÷ 2 Ω = 3 A
4. ตรวจด้วยแต่ละสาขา: 6 ÷ 3 = 2 A และ 6 ÷ 6 = 1 A รวม 3 A

คำตอบ **R รวม 2 Ω และกระแสรวม 3 A — ค่า 2 Ω น้อยกว่าตัวต้านทานทั้งสองตัว ตรงตามหลักของการต่อขนาน**

จุดพลาดของข้อนี้ **เพิ่มอุปกรณ์แบบขนานแล้วเกิดอะไร**

เมื่อเพิ่มสาขาขนาน ความต้านทานรวมลดลง กระแสรวมจากแหล่งจ่ายจึงเพิ่มขึ้น ถ้าแบตเตอรี่ไม่มีความต้านทานภายใน สาขาเดิมยังมีความต่างศักย์และกระแสเท่าเดิม ในบ้านจริงกระแสรวมที่เพิ่มคือเหตุให้สายไฟร้อนเมื่อเสียบเครื่องใช้ไฟฟ้าหลายเครื่อง

16.5 กำลังไฟฟ้า ต่อยอดสอบเข้า

ขอบเขตของหัวข้อนี้: สมการ P = VI ไม่อยู่ในตัวชี้วัด ม.1–3 จึงจัดเป็นเนื้อหาต่อยอดสอบเข้า แต่กำลังไฟฟ้าบนฉลากเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นสิ่งที่ใช้ในหัวข้อค่าไฟต่อไป

กำลังไฟฟ้า (P) คือพลังงานไฟฟ้าที่เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ไปในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยวัตต์ (W) โดย 1 W = 1 J/s ฉลาก “220 V 1,000 W” บอกว่าเมื่อต่อกับ 220 V เครื่องจะใช้

พลังงาน 1,000 J ทุก ๆ 1 s

กำลังไฟฟ้า

$$P = VI$$

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
P	กำลังไฟฟ้า	W
V	ความต่างศักย์คร่อมอุปกรณ์	V
I	กระแสไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์	A

ใช้เมื่อ / เงื่อนไข:

- V และ I ต้องเป็นค่าของอุปกรณ์เดียวกันในเวลาเดียวกัน
- กำลังตามฉลากใช้ได้เมื่อต่อกับความต่างศักย์ที่ฉลากระบุ

ระวัง: ถ้าความต่างศักย์ไม่ตรงกับฉลาก เครื่องจะไม่ได้ใช้กำลังตามที่ระบุ และต้องใช้ V กับ I ของอุปกรณ์ตัวเดียวกันเท่านั้น

หน่วยของผลลัพธ์: W



พี่ชนะ: เจอตัวอักษร W ให้หยุดดูก่อน ถ้าอยู่หลังตัวเลขคือหน่วยวัตต์ ถ้าอยู่ในสูตร W = Pt คือพลังงาน

16.6 พลังงานไฟฟ้า หน่วยไฟฟ้า และค่าไฟ แกน ม.1–3

เครื่องใช้ไฟฟ้าจะใช้พลังงานมากหรือน้อยขึ้นกับทั้ง **กำลัง** และ **เวลาที่ใช้งาน** เครื่องกำลังสูงที่เปิดเพียงสั้น ๆ จึงอาจใช้พลังงานน้อยกว่าเครื่องกำลังต่ำที่เปิดทั้งวัน

พลังงานไฟฟ้า

$$W = Pt$$

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
W	พลังงานไฟฟ้า (ตัวอักษรในสูตร ไม่ใช่หน่วยวัตต์)	J หรือ kWh
P	กำลังไฟฟ้า	W หรือ kW
t	เวลาที่ใช้	s หรือ h

ใช้เมื่อ / เงื่อนไข:

- ถ้าต้องการ J ให้ใช้ P เป็น W และ t เป็น s
- ถ้าต้องการจำนวนหน่วย (kWh) ให้ใช้ P เป็น kW และ t เป็น h

ระวัง: อย่าผสมหน่วย เช่น นำ W คูณ h แล้วเรียกว่าหน่วยไฟฟ้า

หน่วยของผลลัพธ์: J หรือ kWh

จำนวนหน่วยไฟฟ้า

$$\text{หน่วย (kWh)} = \frac{\text{กำลัง (W)} \times \text{เวลา (h)}}{1{,}000}$$

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
หน่วย	จำนวนหน่วยไฟฟ้า 1 หน่วย = 1 kWh	kWh
กำลัง	กำลังไฟฟ้าของเครื่อง	W
เวลา	เวลาที่ใช้รวม	h

ใช้เมื่อ / เงื่อนไข:

- ถ้าใช้หลายวัน เวลาคือ ชั่วโมงต่อวัน × จำนวนวัน
- 1 kWh = 3.6×10^6 J
- เครื่องทำงานตามกำลังที่ใช้ในการคำนวณ

ระวัง: ลืมหารด้วย 1,000 หรือใส่เวลาเป็นนาที

หน่วยของผลลัพธ์: kWh

ค่าไฟฟ้า

ค่าไฟ = จำนวนหน่วย × ราคาต่อหน่วย

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
ค่าไฟ	เงินที่ต้องจ่ายสำหรับพลังงานไฟฟ้า	บาท
จำนวนหน่วย	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	kWh
ราคาต่อหน่วย	ค่าไฟต่อหนึ่งหน่วย	บาท/kWh

ใช้เมื่อ / เงื่อนไข:

- ราคาต่อหน่วยในบทนี้เป็นค่าสมมติและคงตัว
- ใบแจ้งค่าไฟจริงมีอัตราก้าวหน้า ค่าบริการ และภาษีเพิ่มเติม

ระวัง: อย่านำกำลัง (W) มาคูณราคาต่อหน่วยโดยตรง ต้องแปลงเป็นจำนวนหน่วยก่อน

หน่วยของผลลัพธ์: บาท

อย่าสับสน กำลังไฟฟ้า กับ พลังงานไฟฟ้า

	กำลังไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า
ความหมาย	อัตราการใช้พลังงาน	ปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ใช้
หน่วย	W หรือ kW	J หรือ kWh (หน่วยไฟฟ้า)
ขึ้นกับเวลาหรือไม่	ไม่ขึ้นกับระยะเวลาที่เปิด	มากขึ้นตามเวลาที่ใช้
ตัวอย่าง	ฉลาก 1,000 W	เปิด 2 h ใช้ 2 kWh

วิธีแยก: กำลังเหมือนความเร็วของการใช้พลังงาน ส่วนพลังงานเหมือนระยะทางรวมที่ไปได้

ตัวอย่างที่ 5 **อ่านตารางค่าไฟฟ้า** SCI-M4-C16-EX005

บ้านหลังหนึ่งใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าดังตารางใน 30 วัน ค่าไฟหน่วยละ 4 บาท (ค่าสมมติ ไม่รวมค่าบริการและภาษี) และถือว่าเครื่องใช้กำลังตามตารางตลอดเวลาที่เปิด เครื่องใดทำให้เสียค่าไฟมากที่สุด และคิดเป็นกี่บาท

พลังงานไฟฟ้า (kWh) = กำลัง (W) × เวลา (ชม.) ÷ 1000

เครื่องใช้ไฟฟ้า	กำลัง (W)	ชม./วัน	วัน	พลังงาน (kWh)
หลอด LED รวม 5 ดวง	50	6	30	9
ตู้เย็น (กำลังเฉลี่ย)	100	24	30	72
พัดลม	50	8	30	12
เครื่องปรับอากาศ	1,000	8	30	240
รวมพลังงาน (หน่วย)				**333**
ค่าไฟฟ้า = 333 × 4 (บาท/หน่วย)				**1,332 บาท**

SCI-M4-C16-FIG009

คิดอย่างไร

1. ระบุสิ่งที่ถาม: เครื่องที่ใช้พลังงานมากที่สุด และค่าไฟของเครื่องนั้น
2. อ่านตาราง: เครื่องปรับอากาศ 1,000 W × 8 h × 30 วัน = 240 kWh
3. เทียบเครื่องอื่น: ตู้เย็น 72 kWh พัดลม 12 kWh หลอด LED 9 kWh
4. คำนวณค่าไฟ: 240 kWh × 4 บาท/kWh = 960 บาท

คำตอบ **เครื่องปรับอากาศเสียค่าไฟมากที่สุด 960 บาท — ตู้เย็นเปิด 24 h แต่พลังงานยังน้อยกว่า เพราะกำลังต่ำกว่ามาก**

ภารกิจอ่านหลักฐาน **เปรียบเทียบตารางข้อมูลหลอดไฟ** SCI-M4-C16-EM01

ร้านค้าแสดงข้อมูลหลอดไฟ 2 แบบดังตาราง โดยให้ความสว่างใกล้เคียงกัน ค่าไฟหน่วยละ 4 บาท (ค่าสมมติ ไม่รวมค่าบริการและภาษี) และถือว่าหลอดใช้กำลังตามตารางตลอดเวลาที่เปิด ข้อมูลการทดลองและตัวเลขค่าไฟในบทนี้จำลองเพื่อการเรียนรู้

รายการ	หลอด A (หลอดไส้)	หลอด B (LED)
กำลังไฟฟ้า	60 W	9 W
อายุการใช้งาน	1,000 h	15,000 h
ราคาต่อหลอด	30 บาท	120 บาท

คำถาม

1. ถ้าใช้เป็นเวลา 1,000 h หลอดแต่ละแบบใช้พลังงานไฟฟ้าเท่าใด
2. ถ้าใช้งานนาน 15,000 h ค่าหลอดรวมค่าไฟของแต่ละแบบเป็นเท่าใด
3. การสรุปว่าหลอด B คุ้มกว่า ต้องอ้างข้อมูลแถวใดบ้าง
4. ข้อสรุปนี้มีขอบเขตอย่างไร

แนวตอบ

1. หลอด A: 60 W × 1,000 h ÷ 1,000 = 60 kWh · หลอด B: 9 W × 1,000 h ÷ 1,000 = 9 kWh
2. หลอด A ต้องใช้ 15 หลอด ค่าหลอด 450 บาท ค่าไฟ 900 kWh × 4 = 3,600 บาท รวม 4,050 บาท · หลอด B ค่าหลอด 120 บาท ค่าไฟ 135 kWh × 4 = 540 บาท รวม 660 บาท
3. ต้องใช้ทั้งกำลัง อายุการใช้งาน และราคา ถ้าดูเพียงราคาหลอดจะสรุปผิดว่าหลอด A ถูกกว่า และต้องมีเงื่อนไขว่าความสว่างใกล้เคียงกัน
4. ใช้ได้ภายใต้ข้อมูลจำลองนี้เท่านั้น อายุหลอดจริงอาจไม่ตรงตามที่ระบุ และราคาค่าไฟจริงไม่คงตัว จึงควรเก็บข้อมูลจริงเพิ่มก่อนตัดสินใจ

16.7 ความปลอดภัยทางไฟฟ้า เสริมเกินแกน

ขอบเขตของหัวข้อนี้: การใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัยเป็นเรื่องที่ทุกคนต้องรู้ แต่รายละเอียดของฟิวส์ เบรกเกอร์ และสายดินเป็นเนื้อหาเสริมเกินแกน ม.1–3

ตารางเปรียบเทียบอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า

อุปกรณ์	ต่ออย่างไร	ทำงานอย่างไร
ฟิวส์	อนุกรมในวงจร	ลวดหลอมขาดเมื่อกระแสเกินกำหนด
เบรกเกอร์	อนุกรมในวงจร	ตัดวงจรเมื่อกระแสเกิน แล้วยกกลับมาใช้ใหม่ได้
เครื่องตัดไฟรั่ว	ติดตั้งในแผงไฟ	ตัดวงจรเมื่อตรวจพบกระแสรั่ว
สายดิน	ต่อโครงโลหะของเครื่องลงดิน	เป็นทางให้กระแสรั่วไหลลงดิน ลดอันตรายต่อผู้ใช้

จุดพลาดของข้อนี้ **ต้นเหตุของอันตรายที่พบบ่อย**

- **กระแสเกิน** จากการเสียบเครื่องกำลังสูงหลายเครื่องบนปลั๊กพ่วงเดียว ทำให้สายไฟร้อน
- **ลัดวงจร** เมื่อลวดสองเส้นสัมผัสกัน ความต้านทานลดลงมาก กระแสสูงมากทันที
- **ไฟดูด** เกิดเมื่อมีกระแสผ่านร่างกาย มือเปียกและพื้นเปียกทำให้เสี่ยงมากขึ้น

วิทย์ใกล้ตัว **เมื่อพบคนถูกไฟดูด**

ตัดไฟที่แผงสวิตช์ก่อน ถ้าทำไม่ได้ให้ใช้วัสดุแห้งที่เป็นฉนวน เช่น ไม้แห้ง เขี่ยสายไฟออก ห้ามใช้มือเปล่าหรือวัตถุโลหะ แล้วรีบขอความช่วยเหลือทางการแพทย์

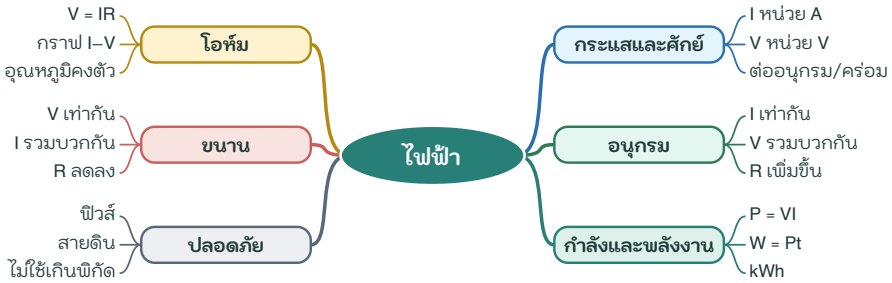
ก่อนสอบจำให้แม่น **ก่อนสอบจำให้แม่น**

- แอมมิเตอร์ต่ออนุกรม · โวลต์มิเตอร์ต่อคร่อม
- $V = IR$ ใช้กับค่าของตัวนำเดียวกัน · กราฟ I กับ V ดูแกนก่อน
- อนุกรม: I เท่ากัน, V รวม = $V_1 + V_2$ · $R = R_1 + R_2$
- ขนาน: V เท่ากัน, I รวม = $I_1 + I_2$ · $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$
- $P = VI$ (W) · $W = Pt$ · หน่วย = W × h ÷ 1,000
- ระบุเงื่อนไขอุปกรณ์ก่อนคำนวณทุกครั้ง

สรุปท้ายบทที่ 16

- กระแสไฟฟ้าวัดด้วยแอมมิเตอร์ที่ต่ออนุกรม ความต่างศักย์วัดด้วยโวลต์มิเตอร์ที่ต่อคร่อม และทุกโจทย์ต้องระบุเงื่อนไขของอุปกรณ์
- V = IR ใช้กับค่าของตัวนำเดียวกัน ตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัวมี R คงตัว และกราฟต้องดูแกนก่อนแปลความชัน
- วงจรอนุกรมมีกระแสเท่ากันและความต่างศักย์รวมเท่ากับผลรวมของแต่ละตัว ส่วนวงจรขนานมีความต่างศักย์เท่ากันและกระแสรวมเท่ากับผลรวมของแต่ละสาขา
- ความต้านทานรวมแบบอนุกรมเพิ่มขึ้นตามจำนวนตัวต้านทาน แบบขนานมีค่าน้อยกว่าตัวที่น้อยที่สุด
- P = VI บอกอัตราการใช้พลังงาน ส่วน W = Pt บอกพลังงานรวม 1 หน่วยไฟฟ้า = 1 kWh และค่าไฟ = จำนวนหน่วย × ราคาต่อหน่วย
- ฟิวส์และเบรกเกอร์ตัดวงจรเมื่อกระแสเกิน สายดินและเครื่องตัดไฟรั่วลดอันตรายจากไฟรั่ว

Mind Map บทที่ 16



ภาพ 16.10 Mind Map บทที่ 16 ไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า SCI-M4-C16-FIG010



ฝึกต่อในแอป “เตรียมสอบเข้า ม.4”
ฝึกโจทย์เรื่องวงจรไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และค่าไฟเพิ่มเติมได้ในแอปเตรียมสอบเข้า ม.4

LearnSpace by ChatStick

เข้าใจหลักการ อ่านหลักฐาน แล้วค่อยตอบ

เตรียมสอบเข้า ม.4 วิทยาศาสตร์

- สรุป 20 บท พร้อมภาพและแผนภาพ
- ฝึกอ่านกราฟ ตาราง และผลการทดลอง
- โจทย์ 1,000 ข้อ พร้อมเฉลยละเอียด
- ตัวอย่างสอนวิธีคิด 98 ตัวอย่าง
- ภารกิจอ่านหลักฐาน 34 ภารกิจ
- Mind Map 21 ผัง • ข้อสอบจำลอง 6 ชุด

ชีววิทยา • เคมี • ฟิสิกส์
โลกและดาราศาสตร์



สำหรับนักเรียน ม.3 เตรียมสอบเข้า ม.4
ม.2 เริ่มเตรียมตัวล่วงหน้าได้

ChatStick Team
www.chatstickmarket.com