

แผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาฟิสิกส์

เรื่อง: สลัดไฟฟ้าทำกฎโอห์ม

หน่วยการเรียนรู้: ไฟฟ้ากระแส (วิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5)

เวลาเรียน: 2 ชั่วโมง

ผลการเรียนรู้: ทดลองและอธิบายกฎของโอห์ม อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาว พื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

1. จุดประสงค์การเรียนรู้ (K-P-A)

- ด้านความรู้ (K):** นักเรียนสามารถอธิบายความแตกต่างระหว่างกฎของโอห์มและนิยามของความต้านทานไฟฟ้าได้
- ด้านทักษะ/กระบวนการ (P):**
 - นักเรียนสามารถทดลอง วัดค่าความต่างศักย์ (V) และกระแสไฟฟ้า (I) ของวัสดุต่าง ๆ ได้
 - นักเรียนสามารถเขียนและวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง I และ V เพื่อระบุการเป็นไปตามกฎของโอห์มได้
- ด้านคุณลักษณะ (A):** นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และมีทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น

2. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

- คอมพิวเตอร์/แท็บเล็ต สำหรับใช้งาน PhET Simulation (Circuit Construction Kit: DC)
- เครื่องคำนวณวิทยาศาสตร์ CLASSWIZ รุ่น fx-991CW
- แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power Supply) ขนาด 0 – 10 โวลต์
- มัลติมิเตอร์ 2 เครื่อง สำหรับวัดกระแสไฟฟ้า และวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า
- สายไฟคืบ ดำ-แดง และ เชื่อมหุ้ม 2 เล่ม
- ผลไม้แต่ละชนิด (เช่น องุ่นม่วง, มะเขือเทศ, แอปเปิ้ล ฯลฯ)

3. สารสำคัญ / ความคิดรวบยอด

มักมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าสมการ $V = IR$ คือกฎของโอห์ม แต่แท้จริงแล้ว $R = \frac{V}{I}$ คือ "นิยามของความต้านทานไฟฟ้า" ที่สามารถใช้คำนวณหาความต้านทานได้กับวัสดุทุกชนิด ส่วน "กฎของโอห์ม (Ohm's Law)" กล่าวว่า "กระแสไฟฟ้าที่ไหลในตัวนำจะแปรผันตรงกับความต่างศักย์เมื่ออุณหภูมิคงที่" ($I \propto V$) ดังนั้น วัสดุที่เป็นไปตามกฎของโอห์ม (Ohmic Conductor) จะต้องมีค่าความต้านทาน (R) คงที่เสมอ ส่งผลให้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ (กราฟ $I - V$) มีลักษณะเป็นเส้นตรงที่ตัดผ่านจุดกำเนิด (0,0) ในทางกลับกัน วัสดุที่ไม่เป็นไปตามกฎของโอห์ม (Non-Ohmic Conductor) เช่น หลอดไฟ หรือผลไม้ จะมีค่าความต้านทาน (R) เปลี่ยนแปลงไปตามความต่างศักย์ โดยแสดงความสัมพันธ์ผ่านกราฟเส้นโค้ง หรือกราฟเส้นตรงที่ไม่ได้ตัดผ่านจุดกำเนิด

4. กิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอนแบบสร้างความขัดแย้งทางปัญญา: Cognitive Conflict)

ขั้นที่ 1: สำรวจแนวคิดเดิม (Eliciting Preconceptions) - 15 นาที

1. ครูใช้คำถามท้าทายความคิด (Big Question): ครูเริ่มด้วยการแสดงภาพมัลติมิเตอร์ที่วัดค่า V และ I ได้ แล้วตั้งคำถามว่า: "หากนักเรียนสามารถวัดค่า V และ I ของวัสดุชนิดหนึ่ง แล้วนำมาเข้าสู่ตรรกาคำนวณหาว่า $R = \frac{V}{I}$ ได้สำเร็จ... นักเรียนสรุปได้ทันทีหรือไม่ว่าวัสดุนั้นเป็นไปตามกฎของโอห์ม"
2. การสำรวจคำตอบรายบุคคล: ครูให้นักเรียนทำเครื่องหมายเลือกคำตอบที่ตนเองเชื่อในใบงาน โดยมีตัวเลือกคือ:
 - ใช่ เพราะเราสามารถใส่สมการ $V = IR$ ได้
 - ไม่ใช่ เพราะกฎของโอห์มมีเงื่อนไขเรื่องความคงที่ของความต้านทาน
 - ไม่แน่ใจ (ครูเน้นย้ำให้นักเรียนตอบตามความเชื่อจริงของตนเอง)
3. การเผชิญหน้ากับเหตุการณ์สมมติ (Thought Experiment): ครูนำเสนอสถานการณ์ผ่านจอหน้าห้อง: "วัสดุ A และวัสดุ B ต่างก็สามารถวัดค่า V และ I แล้วนำมาหาค่า R ได้ทุกจุดที่มีการทดลอง นักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่งจึงสรุปว่า 'วัสดุทั้งสองเป็นไปตามกฎของโอห์มเหมือนกัน' นักเรียนเห็นด้วยกับข้อสรุปนี้หรือไม่"
4. บันทึกเหตุผล: ให้นักเรียนเขียนเหตุผลสนับสนุนความคิดของตนเองลงในใบงานในช่วง "บันทึกแนวคิดก่อนการทดลอง" (ครูยังไม่เฉลย)

ขั้นที่ 2: สร้างความขัดแย้งทางปัญญา (Creating Cognitive Conflict) - 45 นาที

2.1 การพิสูจน์ผ่านแบบจำลองเสมือนจริง (PhET Simulation)

การจัดการชั้นเรียน: นักเรียนแบ่งกลุ่มเข้าเว็บไซต์ PhET ผ่านลิงก์: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc_all.html

2.1.1 การทดลองย่อยที่ 1: ตรวจสอบ "ตัวต้านทาน" (Baseline Test)

- **แนวการพูดของครู:** "เริ่มแรก เรามาดูวัสดุพื้นฐานที่ทุกคนคุ้นเคยกันก่อน ให้แต่ละกลุ่มต่อวงจรที่มีแบตเตอรี่และตัวต้านทาน (Resistor) จากนั้นลองปรับค่าแบตเตอรี่ไปที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 โวลต์ แล้วสังเกตค่ากระแสที่เปลี่ยนไป"
- **สิ่งที่นักเรียนต้องปฏิบัติ:** บันทึกค่า V และ I และคำนวณ $R = \frac{V}{I}$ ของตัวต้านทานลงในตาราง 1.1
- **การใช้คำถามนำ:** เมื่อนักเรียนคำนวณเสร็จ ครูถามว่า "นักเรียนสังเกตเห็นอะไรในช่องค่า R บ้างครับ? (ค่าเท่าเดิมตลอด) แล้วกราฟที่ได้มีหน้าตาอย่างไร (เส้นตรงผ่าน (0,0)) นี่คือภาพในอุดมคติที่เราคาดหวังใช่ไหม"

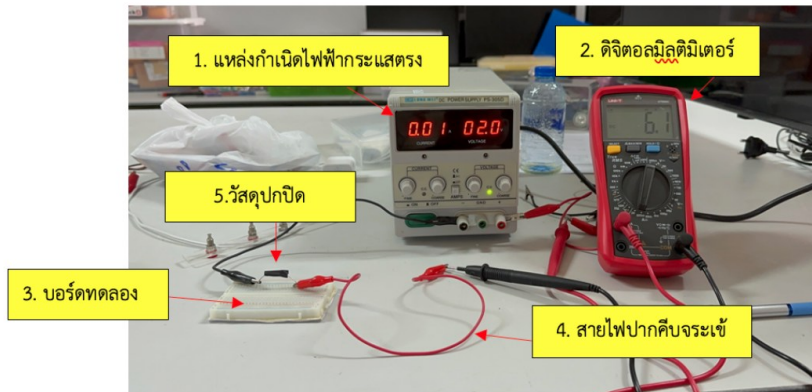
2.1.2 การทดลองย่อยที่ 2: ตรวจสอบ "หลอดไฟ" (The First Anomaly)

- **แนวการพูดของครู:** "คราวนี้ลองเปลี่ยนจากตัวต้านทานสีฟ้า เป็น 'หลอดไฟ' (Light Bulb) แต่ที่สำคัญคือนักเรียนต้องมองไปที่แถบ Advanced (ขั้นสูง) ทางขวามือ แล้วกดติ๊กเลือก 'Real Bulb'

(หลอดไฟจริง) ด้วย เพื่อให้เราเห็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริง จากนั้นใช้ระดับโวลต์เท่าเดิมคือ 2, 4, 6, 8, 10 โวลต์ สังเกตความสว่างของหลอดไฟควบคู่ไปกับการบันทึกค่ากระแส

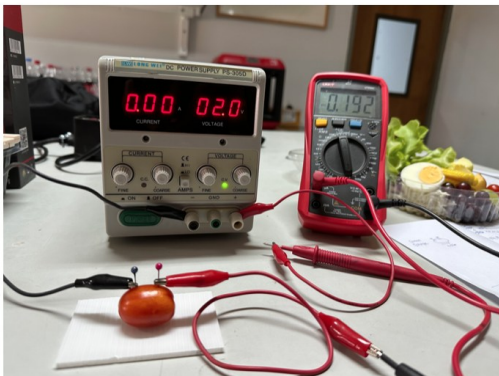
- สิ่งที่นักเรียนต้องปฏิบัติ: บันทึกค่า V และ I และคำนวณ $R = \frac{V}{I}$ ของตัวต้านทานลงในตาราง 1.2
- การสร้างจุดขัดแย้ง: ครูเดินสำรวจแต่ละกลุ่มแล้วถามว่า "เอ๊ะ! ทำไมค่า R ของหลอดไฟในตารางถึงไม่เท่ากันในแต่ละช่วง ทั้งที่เราก็กิน R ได้ทุกจุดเหมือนตัวต้านทานเลย แบบนี้หลอดไฟยังถือว่าเป็นไปตามกฎของโอห์มอยู่ไหมในเมื่อ R มันเปลี่ยนไปเรื่อย ๆ"

2.2 การพิสูจน์ผ่านโลกแห่งความเป็นจริง: "สลัดไฟฟ้า"

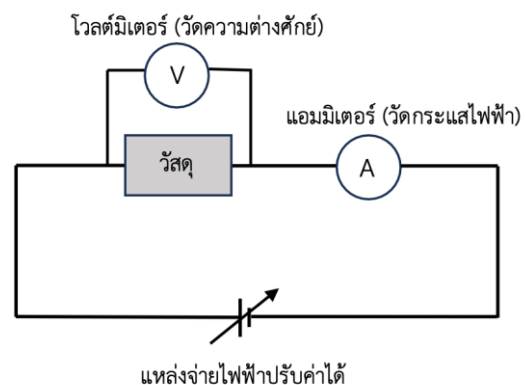


รูปการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองหาความนำไฟฟ้าของวัสดุปกปิด

- ขั้นตอนการทดลอง: ให้นักเรียนเสียบเข็มหมุดในผลไม้ห่างกัน 1.5 cm ต่อวงจรเพื่อวัด V และ I (เน้นย้ำให้ใช้ย่านวัด μA)



รูปแสดงการต่อวงจรเพื่อการทดลอง



ไดอะแกรมแสดงวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง

- แนวการพูดของครู: "มาดูที่ผลไม้ของเราบ้าง เริ่มจ่ายไฟจาก 0 โวลต์ แล้วสังเกตดี ๆ ระบุว่าที่ความต่างศักย์ต่ำ ๆ เช่น 1 หรือ 2 โวลต์ มีกระแสไหลหรือยัง ค่า R ณ แต่ละจุดเป็นเท่าไร แล้วพอกระแสเริ่มไหล กราฟของผลไม้จะเหมือนกับตัวต้านทานใน PhET หรือไม่"
- การปฏิบัติ: นักเรียนบันทึกข้อมูลและพล็อตกราฟ $I - V$ เพื่อเปรียบเทียบกับหลอดไฟและตัวต้านทาน

2.3 การเผชิญหน้ากับความจริง (The Conflict Synthesis)

- การสรุปประเด็นขัดแย้ง: ครูนำกราฟของผลไม้และหลอดไฟมาแสดงหน้าห้อง "นักเรียนเห็นความแปลกใหม่ ทั้งหลอดไฟและผลไม้ เราหาค่า R ได้ทุกจุด แต่มันกลับไม่คงที่ และที่สำคัญ กราฟของผลไม้ไม่ได้เริ่มที่จุด $(0,0)$ ด้วยซ้ำ แบบนี้กฎของโอห์มที่เราเคยเชื่อว่าเป็น $V = IR$ มันยังใช้ได้กับทุกอย่างจริงหรือไม่"

ขั้นที่ 3: แก้ไขความขัดแย้งและสร้างความเข้าใจใหม่ (Concept Restructuring) - 30 นาที

1. การแยกแยะ "นิยาม" ออกจาก "กฎ"

- ครูควรพูด: "นักเรียนสังเกตใหม่ว่าไม่ว่าจะเป็นตัวต้านทาน หลอดไฟ หรือแม้แต่ผลไม้อย่างงุ่น เราก็คงสามารถหาค่า R ได้ทุกวัสดุเลยใช่ไหม นั่นเป็นเพราะสมการ $R = \frac{V}{I}$ จริง ๆ แล้วมันคือ 'นิยาม' เหมือนเรานิยามความหนาแน่นว่าเป็นมวลหารด้วยปริมาตร วัสดุทุกอย่างบนโลกที่มีกระแสไหลย่อมมีนิยามความต้านทานนี้อยู่เสมอ"
- ครูควรพูดต่อ: "แต่ 'กฎของโอห์ม' ไม่ได้บอกแค่ว่าหาค่า R ได้ แต่มันเป็นกฎที่ตั้งเงื่อนไขเข้มงวดว่า วัสดุนั้นต้องมีพฤติกรรมคือ ค่า R ต้อง 'คงที่' ไม่ว่าเราจะเปลี่ยนความต่างศักย์ไปเท่าไรก็ตาม และเมื่อพล็อตกราฟ I กับ V กราฟนั้นต้องเป็นเส้นตรงที่พุ่งตรงออกมาจากจุดกำเนิด $(0,0)$ เท่านั้น"

2. การจัดประเภทวัสดุตามพฤติกรรม (Ohmic vs Non-Ohmic)

- ครูอธิบายบนกระดาน: ครูเขียนตารางเปรียบเทียบผลการทดลองที่นักเรียนเพิ่งทำไป
 - ตัวต้านทาน (Ohmic): R คงที่ กราฟเป็นเส้นตรงผ่าน $(0,0)$ เป็นไปตามกฎของโอห์ม
 - หลอดไฟ (Non-Ohmic): R ไม่คงที่ (เปลี่ยนตามความร้อน) กราฟโค้ง ไม่เป็นไปตามกฎของโอห์ม
 - ผลไม้ (Non-Ohmic): R ไม่คงที่ แนวโน้มกราฟไม่ผ่าน $(0,0)$ ไม่เป็นไปตามกฎของโอห์ม
- ครูควรพูด: "ดังนั้น วัสดุในธรรมชาติส่วนใหญ่ ไม่ได้ทำตามกฎของโอห์ม กฎของโอห์มมักจะใช้ได้กับตัวนำที่เป็นโลหะที่อุณหภูมิคงที่เท่านั้น ส่วนลึกลงไปไฟฟ้ายิ่ง ๆ เช่น สารละลาย หรือหลอดไฟ เราจะใช้สูตร $R = \frac{V}{I}$ เพื่อหาความต้านทานของมัน ณ ขณะนั้นได้ แต่เราจะสรุปว่ามันทำตามกฎของโอห์มไม่ได้"

ขั้นที่ 4: นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ (Application) - 20 นาที

4.1 การตรวจสอบมาตรฐานด้วยตัวต้านทาน (Ohmic Verification)

- ครูควรพูด: "เพื่อความแน่ใจ เรามาใช้คณิตศาสตร์ช่วยตรวจสอบ ให้ทุกกลุ่มนำข้อมูลตัวต้านทานจาก PhET เข้าเครื่องคำนวณวิทยาศาสตร์ CLASSWIZ รุ่น fx-991CW แล้วไปที่เมนู Statistics เลือก 2-Variable ($y = a + bx$) โดยให้ความต่างศักย์ (V) เป็น x และกระแส (I) เป็น y "
- สิ่งที่นักเรียนต้องทำ: บันทึกค่า a (จุดตัด) และ b (ความชัน)

- **ครูอธิบายผล:** "นักเรียนเห็นค่า ' a ' ไหม มันมีค่าเกือบจะเป็น 0 นั่นคือหลักฐานว่ากราฟนี้ผ่านจุดกำเนิดจริง และค่าความชัน ' b ' ก็คือ $1/R$ ลองคำนวณ $1/b$ ดูสิครับ เห็นไหมว่ามันได้ค่า R ที่ตรงกับตารางและคงที่ตลอดสาย นี่แหละคือพฤติกรรมของวัสดุที่เชื่อสัตย์ต่อกฎของโอห์ม"

4.2 การวิเคราะห์วัสดุในชีวิตจริง (Non-Ohmic Verification)

- **ครูควรพูด:** "คราวนี้ลองทำแบบเดียวกันกับข้อมูล 'ผลไม้' ดูสิว่าผลไม้จะเชื่อสัตย์ต่อกฎของโอห์มเหมือนตัวต้านทานไหม"
- **สิ่งที่นักเรียนต้องทำ:** นำข้อมูลผลไม้ (V, I) เข้าเครื่องคิดเลขเพื่อหาค่า a และ b
- **ครูชี้จุดสำคัญ:** "สังเกตค่า ' a ' ของผลไม้ มันไม่ใช่ 0 ใช่ไหม นี่บอกเราว่า เส้นแนวโน้มของมันไม่ได้พุ่งไปที่จุดกำเนิด และถ้าลองเอา $1/b$ มาหาค่า R นักเรียนจะพบว่ามันไม่ตรงกับค่า R ที่เราคิดแยกทีละจุดในตาราง"
- **บทสรุปของครู:** "เห็นไหมว่า ในโลกความเป็นจริง วัสดุหลายอย่างนำไฟฟ้าได้ มีความต้านทานที่เราวัดได้ทุกวินาที แต่มันไม่ได้เดินเป็นเส้นตรงผ่านจุดกำเนิดและมีค่า R คงที่เสมอไป ดังนั้น 'ผลไม้' จึงไม่ใช่ Ohmic Conductor"

ขั้นที่ 5: ประเมินผล (Evaluation) - 10 นาที

5.1 การสะท้อนกลับแนวคิด (Conceptual Reflection)

- **ครูควรพูด:** "ก่อนเลิกคลาส ให้นักเรียนกลับไปดูใบงานหน้าแรกที่ครูถามเรื่องวัสดุ A และ B ตอนนี้ใครอยากเปลี่ยนคำตอบหรืออยากอธิบายเหตุผลใหม่บ้าง ลองเขียนอธิบายว่า 'การคำนวณหา R ได้' กับ 'การทำตามกฎของโอห์ม' มันต่างกันอย่างไร"

5.2 การสรุปผล (Final Conclusion)

- **สิ่งที่นักเรียนต้องทำ:** สรุปเกณฑ์การตัดสินวัสดุ Ohmic โดยใช้ 2 หลักการคือ
 1. ค่า R ต้องคงที่
 2. กราฟต้องเป็นเส้นตรงแปรผันตรงผ่านจุดกำเนิด (จุดตัดแกน y เป็น 0)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์

เรื่อง: สลัดไฟฟ้าทำกฎโอห์ม: เมื่อผลไม้บอกเราว่า $V = IR$ ไม่ใช่กฎเสมอไป

ชื่อสมาชิกในกลุ่มที่:

1. เลขที่:
2. เลขที่:
3. เลขที่:

วันที่ทำการทดลอง:

ส่วนที่ 1: บันทึกแนวคิดก่อนการทดลอง (Pre-Lab Reflection)

ให้นักเรียนตอบคำถามตามความเข้าใจของตนเองในขณะนี้ (ไม่มีผิดหรือถูก)

1. การตรวจสอบความเชื่อ: หากเราสามารถวัดค่าความต่างศักย์ (V) และกระแสไฟฟ้า (I) ของวัสดุชนิดหนึ่ง แล้วนำมาคำนวณหาค่าความต้านทาน $R = \frac{V}{I}$ ได้สำเร็จ

นักเรียนสรุปว่าวัสดุนั้น "เป็นไปตามกฎของโอห์ม" ได้ทันทีหรือไม่

- () ได้ เพราะสมการ $V = IR$ คือกฎของโอห์ม
- () ไม่ได้ เพราะต้องพิจารณาเงื่อนไขอื่นเพิ่มเติม
- () ไม่แน่ใจ

2. วิเคราะห์เหตุการณ์สมมติ: "วัสดุ A และวัสดุ B ต่างก็สามารถวัดค่า V และ I เพื่อหาค่า R ได้ทุกจุดที่มีการจ่ายไฟให้ นักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งจึงสรุปว่า 'วัสดุทั้งสองทำตามกฎของโอห์มเหมือนกันแน่นอน' "

นักเรียนเห็นด้วยกับข้อสรุปนี้หรือไม่

[] เห็นด้วย

[] ไม่เห็นด้วย

เพราะ:

ส่วนที่ 2: ขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรม (Experiment Procedures)

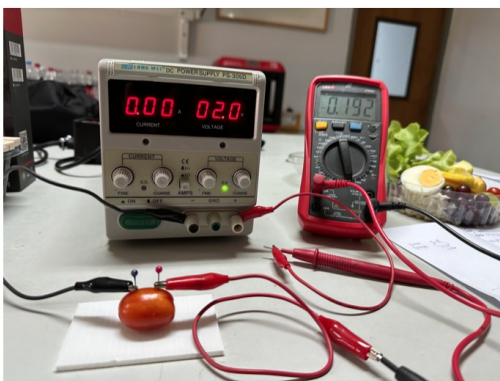
ตอนที่ 1: การสำรวจผ่านแบบจำลองเสมือนจริง (PhET Simulation)

1. เข้าเว็บไซต์ [PhET: Circuit Construction Kit: DC](#)
2. การทดลอง 1.1 (ตัวต้านทาน): ต่อวงจรประกอบด้วย แบตเตอรี่, แอมมิเตอร์, โวลต์มิเตอร์ และ ตัวต้านทาน (Resistor) 3. ปรับค่าโวลต์ที่แบตเตอรี่เป็น 2, 4, 6, 8, 10 V บันทึกค่ากระแสไฟฟ้า และ คำนวณ $R = \frac{V}{I}$
3. การทดลอง 1.2 (หลอดไฟ): เปลี่ยนวัสดุจากตัวต้านทานเป็น หลอดไฟ (Light Bulb) [จุดสำคัญ] ที่แถบเครื่องมือด้านขวา ให้กดเมนู Advanced (ขั้นสูง) แล้วคลิกเครื่องหมายถูกที่ Real Bulb (หลอดไฟจริง)
4. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3 สังเกตความสว่างและบันทึกผล

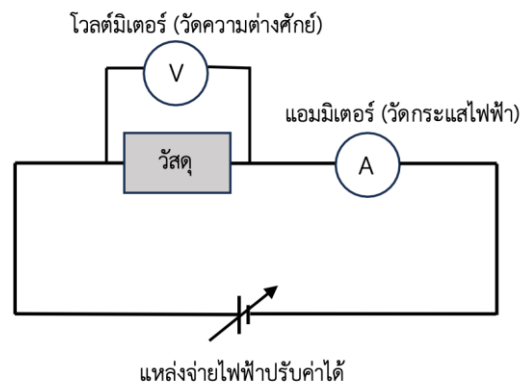
ตอนที่ 2: การทดลองจริงกับ "สลัดผลไม้"

อุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|--------------------------------|-----------|
| 1) แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ปรับค่าได้ | 1 เครื่อง |
| 2) มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล | 1 เครื่อง |
| 3) วัสดุตัวอย่าง | 1 ชนิด |
| 4) เชื่อมหมุด | 2 อัน |
| 5) สายไฟเคเบิล-แดง | 3 เส้น |



รูปแสดงการต่อวงจรเพื่อการทดลอง



ไดอะแกรมแสดงวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำผลไม้ที่เตรียมไว้มาเสียบเชื่อมหมุด 2 เล่ม ให้มีระยะห่างกันประมาณ 1.5 cm
2. ต่อวงจรโดยให้แอมมิเตอร์ต่ออนุกรมกับผลไม้ และโวลต์มิเตอร์ต่อขนานคร่อมเชื่อมหมุดทั้งสอง
3. [จุดสำคัญ] ปรับย่านวัดของแอมมิเตอร์ไปที่ ไมโครแอมแปร์ (μA) เนื่องจากกระแสในผลไม้มีค่าน้อยมาก
4. ปรับแหล่งจ่ายไฟจาก 0V ไปจนถึง 10V (เพิ่มทีละ 2V) บันทึกค่า V และ I ที่วัดได้จริงลงในตาราง

ส่วนที่ 3: บันทึกผลการทดลอง (Data Collection)

ตอนที่ 1: แบบจำลองเสมือนจริง (PhET Simulation)

เข้าเว็บไซต์ [PhET: Circuit Construction Kit: DC](#)

1.1 การทดลองกับ "ตัวต้านทาน" (Ideal Resistor)

ความต่างศักย์ V (V)	กระแสไฟฟ้า I (A)	ความต้านทาน R (Ω)
2.0		
4.0		
6.0		
8.0		
10.0		

1.2 การทดลองกับ "หลอดไฟ" (Real Light Bulb) (คลิกแถบ *Advanced* แล้วเลือก *Real Bulb*)

ความต่างศักย์ V (V)	กระแสไฟฟ้า I (A)	ความต้านทาน R (Ω)
2.0		
4.0		
6.0		
8.0		
10.0		

ตอนที่ 2: การทดลองจริงกับ "สลัดผลไม้"

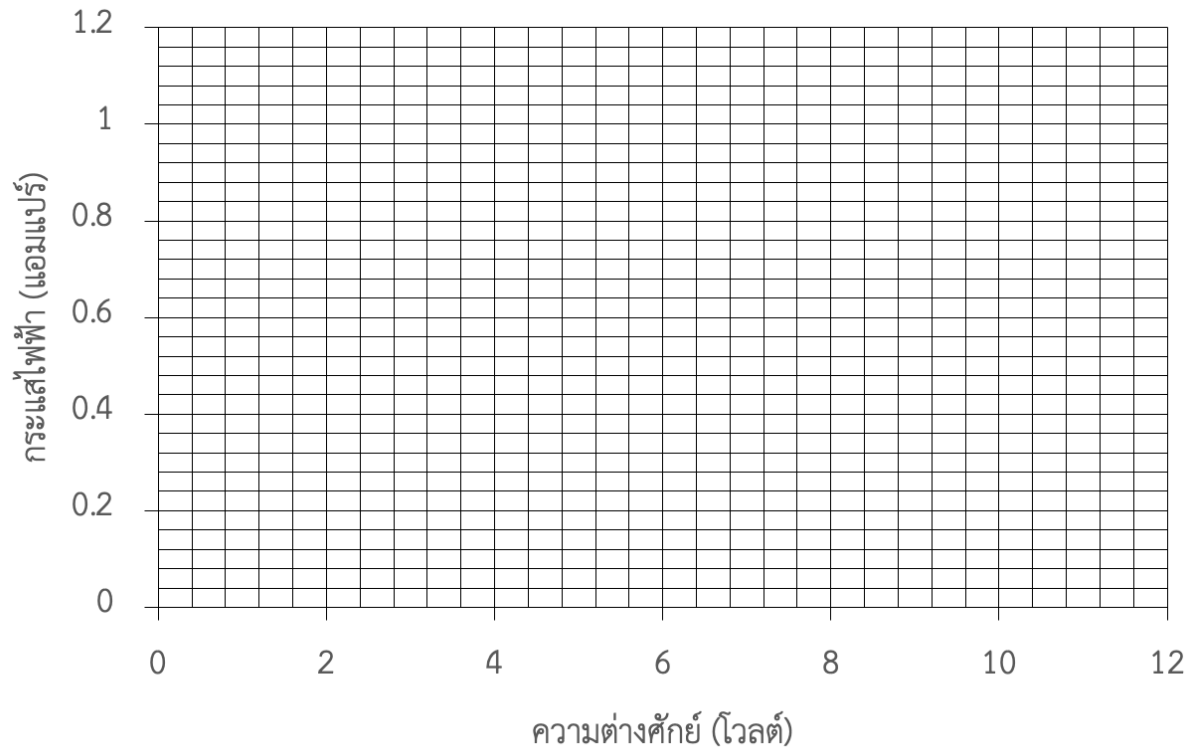
ชนิดผลไม้ที่ใช้: ระยะห่างเข็มหมุด: 1.5 cm

แหล่งจ่ายไฟฟ้า ปรับค่าได้	ความต่างศักย์ที่วัดได้ (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าที่วัดได้ (ไมโครแอมแปร์)			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
2 โวลต์					
4 โวลต์					
6 โวลต์					
8 โวลต์					
10 โวลต์					

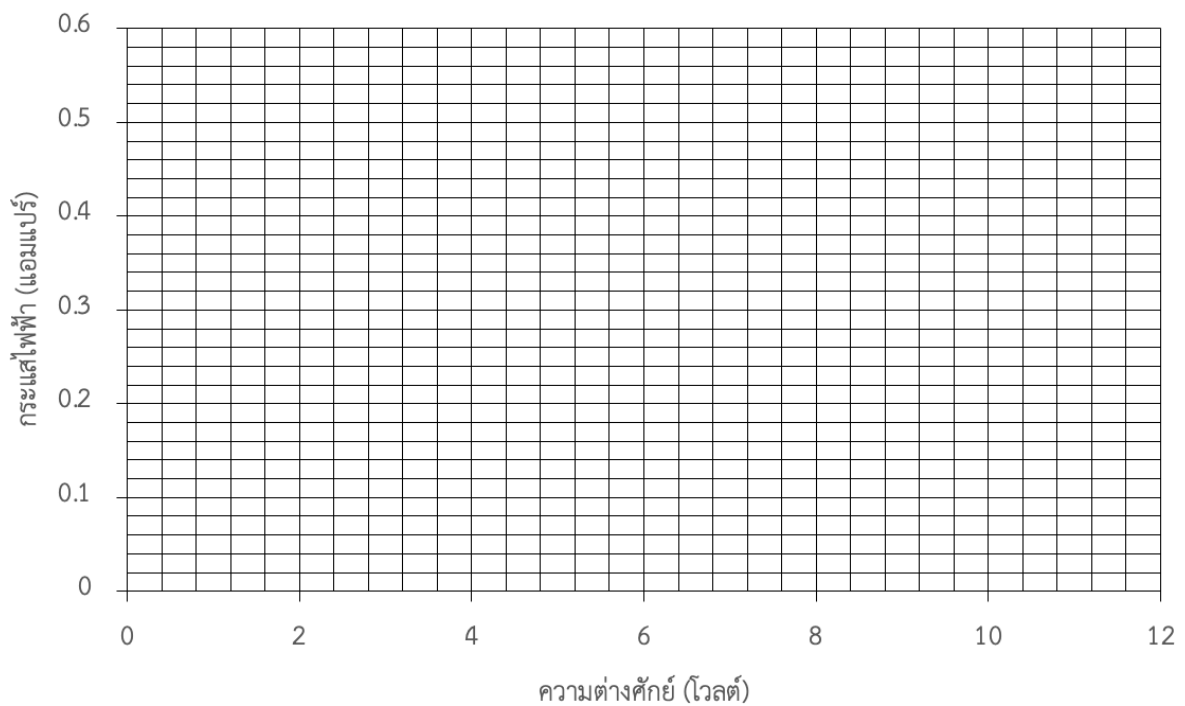
ส่วนที่ 4: การเขียนกราฟความสัมพันธ์ (Graph Plotting)

ให้นักเรียนนำข้อมูลจากตารางมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า (I) และความต่างศักย์ (V)

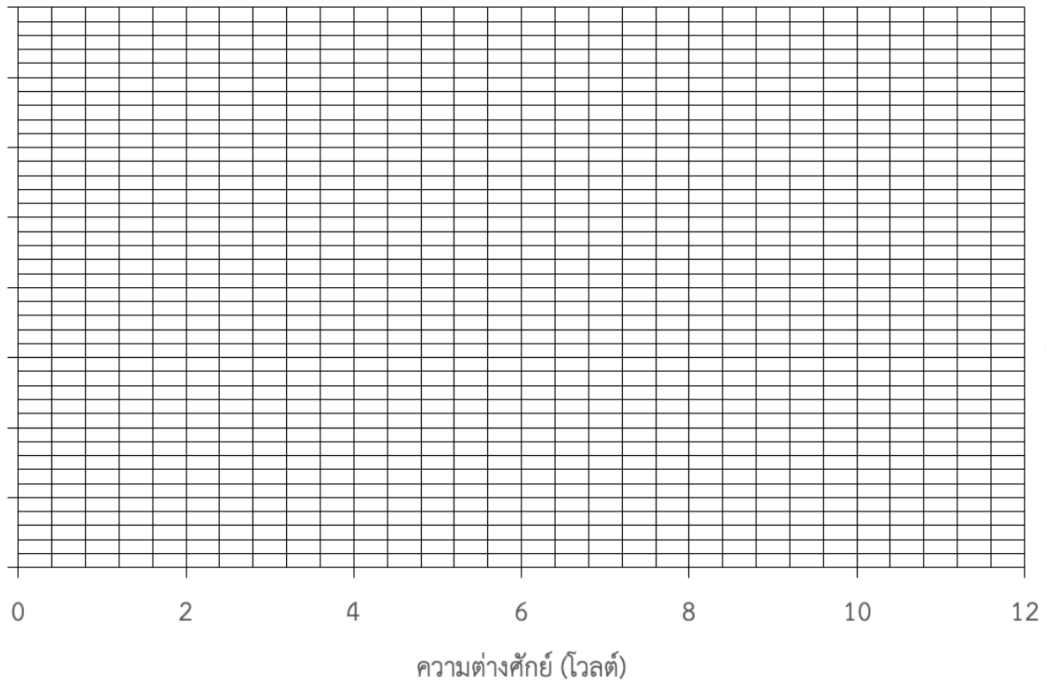
1. กราฟกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ของตัวต้านทาน



2. กราฟกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ของหลอดไฟ



3. กราฟกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ของ.....



ลักษณะของเส้นแนวโน้มที่สังเกตได้:

- **ตัวต้านทาน:** มีลักษณะเป็นเส้น ตัดผ่านจุด (0,0) หรือไม่
- **หลอดไฟ:** มีลักษณะเป็นเส้น ตัดผ่านจุด (0,0) หรือไม่
- **ผลไม้:** มีลักษณะเป็นเส้น ตัดผ่านจุด (0,0) หรือไม่

ส่วนที่ 5: การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ (Data Analysis)

ใช้เครื่องคำนวณวิทยาศาสตร์ CLASSWIZ รุ่น fx-991CW เมนู Statistics แบบ 2-Variable

หาสมการ $y = a + bx$

วัสดุ	จุดตัดแกน y (ค่า a)	ความชัน (ค่า b)	ค่า R จากความชัน (Ω)
ตัวต้านทาน			
ผลไม้			

ส่วนที่ 6: สรุปผลและสะท้อนความเข้าใจ (Conceptual Change Check)

1. กฎของโอห์ม (Ohm's Law) ที่ถูกต้อง มีเงื่อนไขอย่างไร (ดูจากลักษณะกราฟและค่า R)

.....

2. จากการทดลอง วัสดุใดบ้างที่เป็นไปตามกฎของโอห์ม และวัสดุใดที่ไม่เป็นไปตามกฎ

.....

3. ย้อนกลับไปคำถามก่อนการทดลอง: พฤติกรรมของ "ผลไม้" และ "หลอดไฟ" ทำให้ความเชื่อเดิมของนักเรียนเปลี่ยนไปอย่างไร การที่เรา "คำนวณหาค่า R ได้" เพียงพอที่จะสรุปว่าเป็นไปตามกฎของโอห์มหรือไม่

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบทบทวนความสัมพันธ์กฎของโอห์ม

1. ต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 9 โวลต์ เข้ากับตัวต้านทานตัวหนึ่ง วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านได้ 100 มิลลิแอมแปร์ อยากทราบว่า ตัวต้านทานตัวนั้นมีค่ากี่โอห์ม

.....
.....

2. ตัวต้านทานตัวหนึ่ง มีความต้านทาน 1,000 โอห์ม จะต้องใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้ากี่โวลต์ เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมีค่าเท่ากับ 0.002 แอมแปร์

.....
.....

3. ต่อถ่านไฟฉายจำนวน 3 ก้อนแบบอนุกรม โดยถ่านแต่ละก้อนมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 1.5 โวลต์ ความต้านทานภายใน 0.5 โอห์ม เข้ากับ ลวดนิโครมเส้นหนึ่ง วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านได้เท่ากับ 0.005 แอมแปร์ อยากทราบว่า ความนำไฟฟ้าของลวดนิโครมมีค่าเท่าใด







วาดภาพประกอบ



แสดงการคำนวณ

.....
.....

ตารางข้อมูลการทดลองการวัดค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านผลไม้แต่ละชนิด

วัสดุ	ภาพ	ความต่างศักย์	กระแสไฟฟ้า (ไมโครแอมป์)			
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
องุ่นม่วง		0	0.0	0.0	0.0	0.0
		2	171.2	172.0	171.0	171.4
		4	453.2	496.0	481.0	476.7
		6	865.0	800.0	783.0	816.0
		8	1,190.0	1,100.0	1,116.0	1,135.3
		10	1,484.0	1,410.0	1,422.0	1,438.7
องุ่นเขียว		0	0.0	0.0	0.0	0.0
		2	54.4	59.6	55.5	57.0
		4	126.6	126.0	118.0	123.5
		6	194.0	193.0	181.3	189.4
		8	257.8	253.0	244.0	251.6
		10	317.1	317.0	303.0	312.4
แอปเปิ้ลเขียว		0	0.0	0.0	0.0	0.0
		2	182.0	157.0	147.0	162.0
		4	383.0	345.0	320.0	349.3
		6	581.0	526.0	486.0	531.0
		8	755.0	686.0	647.0	696.0
		10	942.0	860.0	815.0	872.3
แอปเปิ้ลแดง		0	0.0	0.0	0.0	0.0
		2	67.0	56.2	47.4	56.9
		4	155.0	132.6	124.6	137.4
		6	233.8	214.6	199.9	216.1
		8	315.0	294.0	274.0	294.3
		10	392.5	370.7	347.1	370.1
มะเขือเทศ		0	0.0	0.0	0.0	0.0
		2	217.3	203.0	191.0	203.8
		4	454.1	457.0	445.0	452.0
		6	780.0	710.0	702.0	730.7
		8	1,006.0	970.0	949.0	975.0
		10	1,230.0	1,212.0	1,196.0	1,212.7
เม็ดข้าวโพด		0	0.0	0.0	0.0	0.0
		2	1,180.0	705.0	493.0	792.7
		4	2,900.0	1,935.0	1,784.0	2,206.3
		6	4,210.0	3,322.0	3,107.0	3,546.3
		8	5,290.0	4,510.0	4,183.0	4,661.0
		10	6,300.0	5,430.0	5,032.0	5,587.3

หมายเหตุ นักเรียนสามารถเลือกทำการวิเคราะห์ชนิดของข้อมูลอย่างใดอย่างหนึ่งหรือจัดเป็นกลุ่ม ๆ ละ

1 ชนิด ตามความเหมาะสมของเวลาในการสอนโดยใช้ฐานข้อมูลนี้

ເລຂຍ

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์

เรื่อง: สลัดไฟฟ้าทำกฎโอห์ม: เมื่อผลไม้บอกเราว่า $V = IR$ ไม่ใช่กฎเสมอไป

ส่วนที่ 1: บันทึกแนวคิดก่อนการทดลอง (Pre-Lab Reflection)

ให้นักเรียนตอบคำถามตามความเข้าใจของตนเองในขณะนี้ (ไม่มีผิดหรือถูก)

คำแนะนำสำหรับครู: ในส่วนนี้ "ห้ามเฉลยคำตอบที่ถูกต้องโดยเด็ดขาด" ครูควรปล่อยให้ นักเรียนตอบตามความเชื่อเดิมของตนเอง และส่งเสริมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเหตุผลกัน วัตถุประสงค์คือเพื่อให้แนวคิดที่คลาดเคลื่อนปรากฏออกมาอย่างชัดเจน ก่อนจะถูกสั่นคลอนด้วยผลการทดลองในขั้นตอนถัดไป

1. การตรวจสอบความเชื่อ: หากเราสามารถวัดค่าความต่างศักย์ (V) และกระแสไฟฟ้า (I) ของวัสดุชนิดหนึ่ง แล้วนำมาคำนวณหาค่าความต้านทาน $R = V/I$ ได้สำเร็จ

นักเรียนสรุปว่าวัสดุนั้น "เป็นไปตามกฎของโอห์ม" ได้ทันทีหรือไม่?

- () **ได้** เพราะสมการ $V = IR$ คือกฎของโอห์ม
- () **ไม่ได้** เพราะต้องพิจารณาเงื่อนไขอื่นเพิ่มเติม
- () **ไม่แน่ใจ**

- **คำตอบที่เด็กมักเลือก:** (x) ได้ เพราะสมการ $V = IR$ คือกฎของโอห์ม
- **คำตอบที่ถูกต้อง:** คำตอบที่ถูกต้องในเชิงหลักการคือ (x) ไม่ได้ เพราะการคำนวณค่า R ได้ เป็นเพียงการทำตาม "นิยาม" ของความต้านทาน แต่ "กฎของโอห์ม" มีเงื่อนไขเฉพาะว่าค่า R ที่คำนวณได้นั้นต้องคงที่ทุกค่าความต่างศักย์

2. วิเคราะห์เหตุการณ์สมมติ: "วัสดุ A และวัสดุ B ต่างก็สามารถวัดค่า V และ I เพื่อหาค่า R ได้ทุกจุดที่มีการจ่ายไฟให้ นักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งจึงสรุปว่า 'วัสดุทั้งสองทำตามกฎของโอห์มเหมือนกันแน่นอน' "

นักเรียนเห็นด้วยกับข้อสรุปนี้หรือไม่?

- [] เห็นด้วย
- [] ไม่เห็นด้วย

เพราะ:

- **คำตอบที่เด็กมักเลือก:** [x] เห็นด้วย
- **คำตอบที่ถูกต้อง:** [x] ไม่เห็นด้วย
- **เหตุผล:** แม้จะหาค่า R ได้ทุกจุดเหมือนกัน แต่ไม่ได้หมายความว่าค่า R ของทั้งคู่จะคงที่ วัสดุหนึ่งอาจมีค่า R เปลี่ยนไปเรื่อย ๆ (เช่น หลอดไฟ) ซึ่งไม่ถือว่าเป็นไปตามกฎของโอห์ม

ส่วนที่ 2: ขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรม (Experiment Procedures)

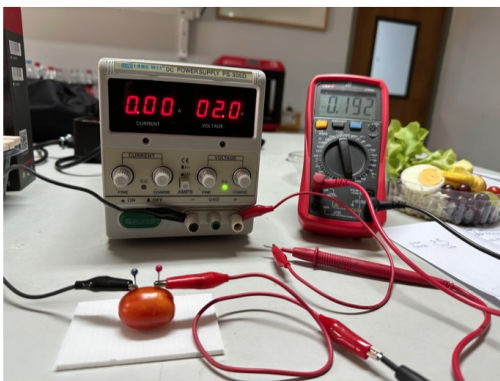
ตอนที่ 1: การสำรวจผ่านแบบจำลองเสมือนจริง (PhET Simulation)

1. เข้าเว็บไซต์ [PhET: Circuit Construction Kit: DC](#)
2. การทดลอง 1.1 (ตัวต้านทาน): ต่อวงจรประกอบด้วย แบตเตอรี่, แอมมิเตอร์, โวลต์มิเตอร์ และ ตัวต้านทาน (Resistor) 3. ปรับค่าโวลต์ที่แบตเตอรี่เป็น 2, 4, 6, 8, 10 V บันทึกค่ากระแสไฟฟ้า และ คำนวณ $R = V/I$
3. การทดลอง 1.2 (หลอดไฟ): เปลี่ยนวัสดุจากตัวต้านทานเป็น หลอดไฟ (Light Bulb) [จุดสำคัญ] ที่แถบเครื่องมือด้านขวา ให้กดเมนู Advanced (ขั้นสูง) แล้วคลิกเครื่องหมายถูกที่ Real Bulb (หลอดไฟจริง)
4. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3 สังเกตความสว่างและบันทึกผล

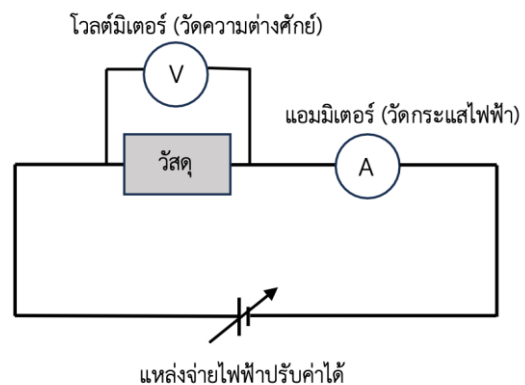
ตอนที่ 2: การทดลองจริงกับ "สลัดผลไม้"

อุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|--------------------------------|-----------|
| 1) แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ปรับค่าได้ | 1 เครื่อง |
| 2) มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล | 1 เครื่อง |
| 3) วัสดุตัวอย่าง | 1 ชนิด |
| 4) เชื่อมหมุด | 2 อัน |
| 5) สายไฟเคเบิล-แดง | 3 เส้น |



รูปแสดงการต่อวงจรเพื่อการทดลอง



ไดอะแกรมแสดงวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำผลไม้ที่เตรียมไว้มาเสียบเชื่อมหมุด 2 เล่ม ให้มีระยะห่างกันประมาณ 1.5 cm
2. ต่อวงจรโดยให้แอมมิเตอร์ต่ออนุกรมกับผลไม้ และโวลต์มิเตอร์ต่อขนานคร่อมเชื่อมหมุดทั้งสอง
3. [จุดสำคัญ] ปรับย่านวัดของแอมมิเตอร์ไปที่ ไมโครแอมแปร์ (μA) เนื่องจากกระแสในผลไม้มีค่าน้อยมาก
4. ปรับแหล่งจ่ายไฟจาก 0V ไปจนถึง 10V (เพิ่มทีละ 2V) บันทึกค่า V และ I ที่วัดได้จริงลงในตาราง

ส่วนที่ 3: บันทึกผลการทดลอง (Data Collection)

ตอนที่ 1: แบบจำลองเสมือนจริง (PhET Simulation)

เข้าเว็บไซต์ [PhET: Circuit Construction Kit: DC](#)

1.2 การทดลองกับ "ตัวต้านทาน" (Ideal Resistor)

ความต่างศักย์ V (V)	กระแสไฟฟ้า I (A)	ความต้านทาน R (Ω)
2.0	0.2	10
4.0	0.4	10
6.0	0.6	10
8.0	0.8	10
10.0	1.0	10

1.2 การทดลองกับ "หลอดไฟ" (Real Light Bulb) (คลิกแถบ *Advanced* แล้วเลือก *Real Bulb*)

ความต่างศักย์ V (V)	กระแสไฟฟ้า I (A)	ความต้านทาน R (Ω)
2.0	0.15	13
4.0	0.27	15
6.0	0.37	16
8.0	0.46	17
10.0	0.54	19

ตอนที่ 2: การทดลองจริงกับ "สลัดผลไม้"

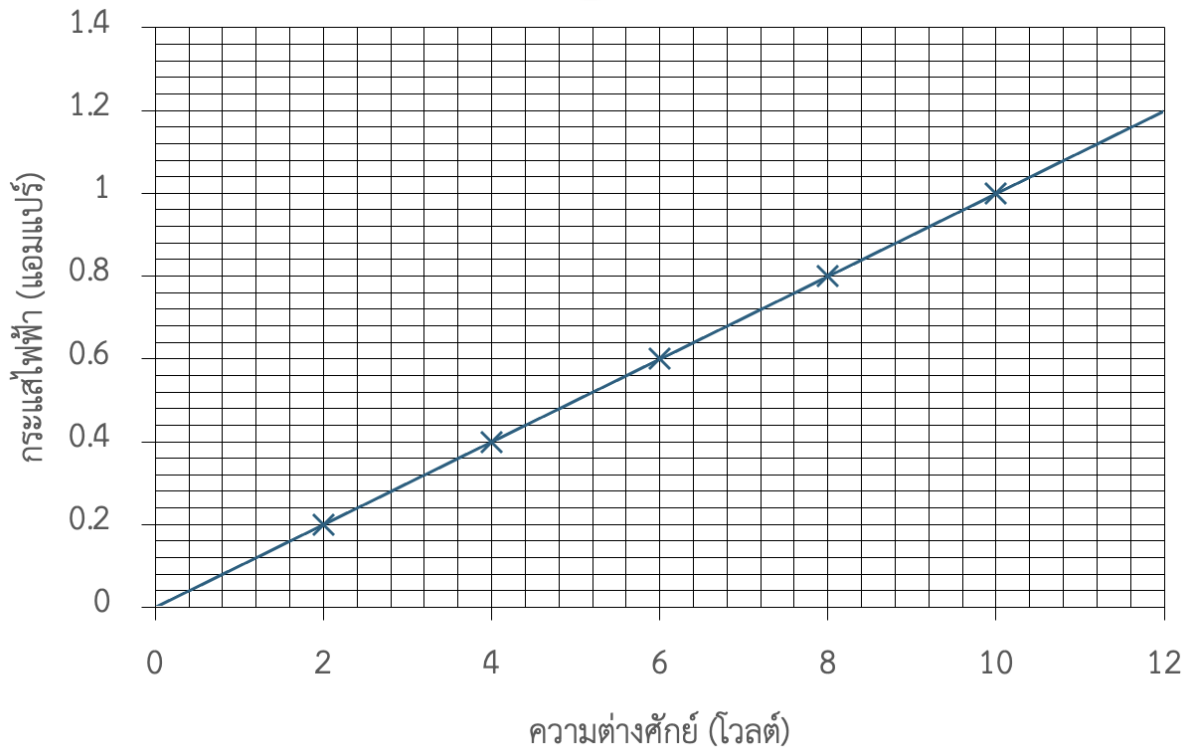
ชนิดผลไม้ที่ใช้: **องุ่นแดง** ระยะห่างเข็มหมุด: 1.5 cm

แหล่งจ่ายไฟฟ้า ปรับค่าได้	ความต่างศักย์ที่วัดได้ (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าที่วัดได้ (ไมโครแอมแปร์)			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
2 โวลต์	2.0	171.2	172.0	171.0	171.4
4 โวลต์	4.0	453.2	496.0	481.0	476.7
6 โวลต์	6.0	865.0	800.0	783.0	816.0
8 โวลต์	8.0	1,190.0	1,100.0	1,116.0	1,135.3
10 โวลต์	10.0	1,484.0	1,410.0	1,422.0	1,438.7

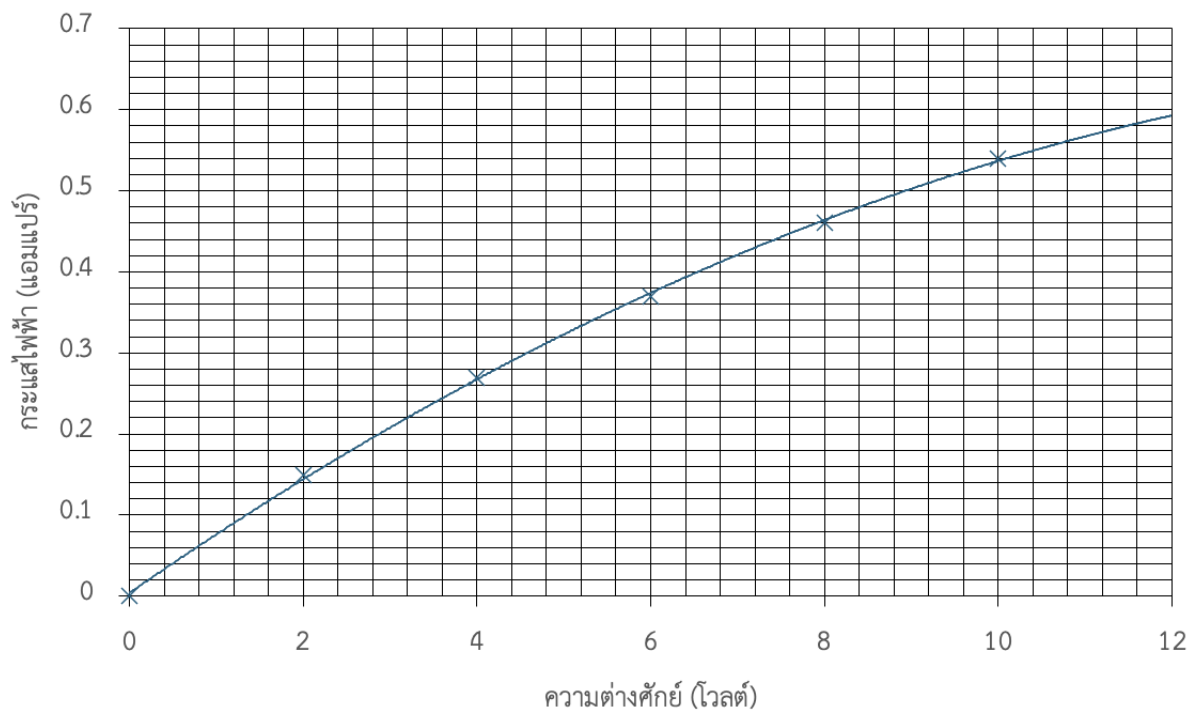
ส่วนที่ 4: การเขียนกราฟความสัมพันธ์ (Graph Plotting)

ให้นักเรียนนำข้อมูลจากตารางมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า (I) และความต่างศักย์ (V)

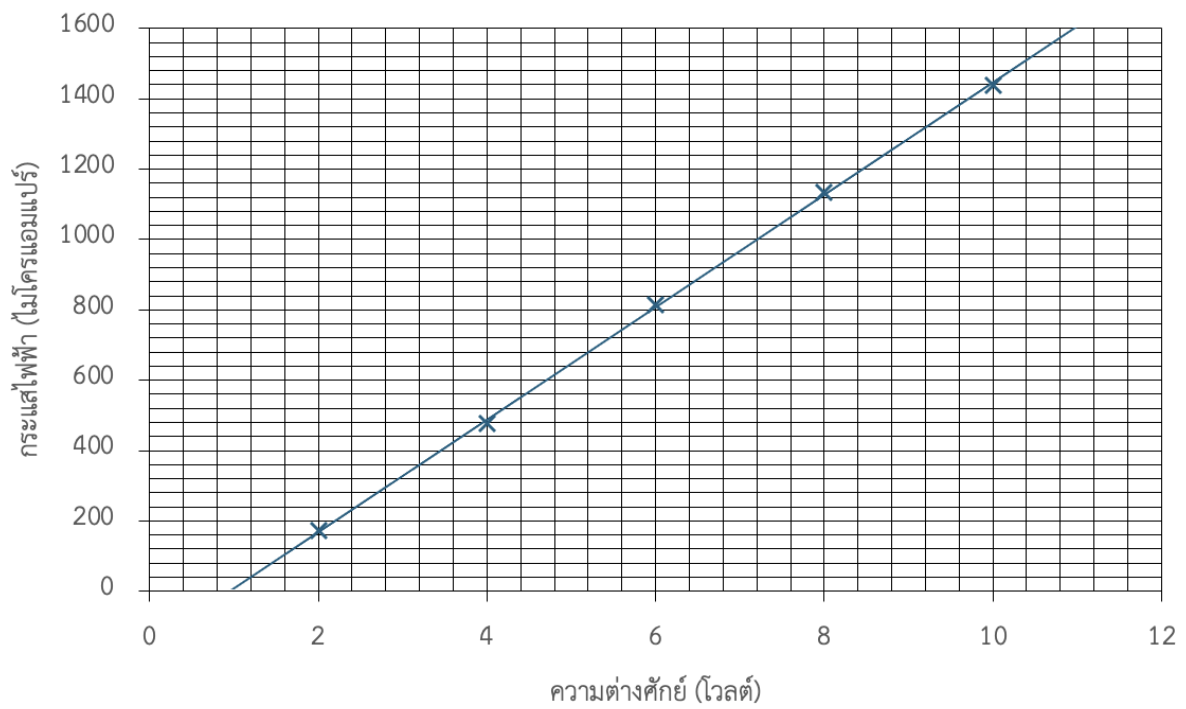
1. กราฟกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ของตัวต้านทาน



2. กราฟกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ของหลอดไฟ



3. กราฟกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ของ อนุ่งแดง



ลักษณะของเส้นแนวโน้มที่สังเกตได้:

- **ตัวต้านทาน:** กราฟเป็น **เส้นตรง** ตัดผ่านจุด (0,0)
- **หลอดไฟ:** กราฟมีลักษณะเป็น **เส้นโค้ง** (ความชันลดลงเมื่อ V เพิ่มขึ้น) ตัดผ่านจุด (0,0)
- **ผลไม้:** กราฟดูคล้ายเส้นตรง แต่ถ้าลากเส้นแนวโน้ม (Trendline) พบว่า **ไม่ผ่านจุด (0,0)** อย่างสมบูรณ์

ส่วนที่ 5: การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ (Data Analysis)

ใช้เครื่องคำนวณวิทยาศาสตร์ CLASSWIZ รุ่น fx-991CW เมนู Statistics แบบ 2-Variable

$$\text{หาสมการ } y = a + bx$$

วัสดุ	จุดตัดแกน y (ค่า a)	ความชัน (ค่า b)	ค่า R จากความชัน (Ω)
ตัวต้านทาน	0	0.1	10
ผลไม้	-71.6	149×10^{-6}	6700

ส่วนที่ 6: สรุปผลและสะท้อนความเข้าใจ (Conceptual Change Check)

1. กฎของโอห์ม (Ohm's Law) ที่ถูกต้อง มีเงื่อนไขอย่างไร (ดูจากลักษณะกราฟและค่า R)

เงื่อนไขที่ถูกต้องของกฎของโอห์ม: ค่าความต้านทาน (R) ต้องคงที่เสมอ และกราฟ $I - V$ ต้องเป็นเส้นตรงที่แปรผันตรงผ่านจุดกำเนิด $(0,0)$ เท่านั้น

2. จากการทดลอง วัสดุใดบ้างที่เป็นไปตามกฎของโอห์ม และวัสดุใดที่ไม่เป็นไปตามกฎ

- **เป็นไปตามกฎของโอห์ม:** ตัวต้านทาน (Resistor)
- **ไม่เป็นไปตามกฎของโอห์ม:** หลอดไฟ (Real Bulb) และ ผลไม้ (องุ่นม่วง)

3. ย้อนกลับไปคำถามก่อนการทดลอง: พฤติกรรมของ "ผลไม้" และ "หลอดไฟ" ทำให้ความเชื่อเดิมของนักเรียนเปลี่ยนไปอย่างไร การที่เรา "คำนวณหาค่า R ได้" เพียงพอที่จะสรุปว่าเป็นไปตามกฎของโอห์มหรือไม่ การที่เรา "คำนวณหาค่า R ได้" **ไม่เพียงพอ** ที่จะสรุปว่าเป็นไปตามกฎของโอห์ม เพราะ $R = V/I$ เป็นเพียงนิยามพื้นฐานที่ใช้เรียกอัตราส่วนของวัสดุทุกชนิด แต่กฎของโอห์มคือ "พฤติกรรมเฉพาะ" ของวัสดุที่ต้องมีความต้านทานคงตัว พฤติกรรมของผลไม้ที่กราฟไม่ผ่าน $(0,0)$ และค่า R ไม่คงที่ จึงเป็นการพิสูจน์ว่าผลไม้ไม่ใช่ Ohmic Conductor แม้เราจะหาความต้านทานของมันได้ก็ตาม

แบบทดสอบทบทวนความสัมพันธ์กฎของโอห์ม

1. ต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 9 โวลต์ เข้ากับตัวต้านทานตัวหนึ่ง วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านได้ 100 มิลลิแอมแปร์ อยากทราบว่า ตัวต้านทานตัวนั้นมีค่ากี่โอห์ม

วิเคราะห์โจทย์ $V = 9 \text{ V} , I = 100 \text{ mA}$

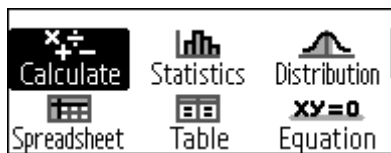
จากกฎของโอห์ม $V=IR$

$$R=V/I = 9/0.1$$

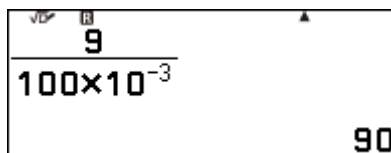
$$R = 90 \text{ โอห์ม}$$

การใช้เครื่องคำนวณวิทยาศาสตร์ CLASSWIZ รุ่น fx-991CW

1. เลือกเมนู Calculate แล้วกดปุ่ม OK



2. ใส่ค่าตัวเลขแบบเศษส่วน $\frac{9}{100 \times 10^{-3}}$ กดปุ่ม EXE แล้วจะได้คำตอบ $R = 90$ โอห์ม



2. ตัวต้านทานตัวหนึ่ง มีความต้านทาน 1,000 โอห์ม จะต้องใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้ากี่โวลต์ เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมีค่าเท่ากับ 0.002 แอมแปร์

วิเคราะห์โจทย์ $R = 1,000 \Omega , I = 0.002 \text{ A}$

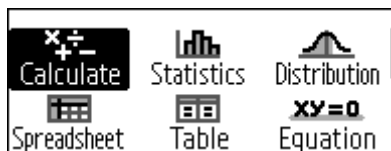
จากกฎของโอห์ม $V=IR$

$$V=(0.002)(1,000) = 2$$

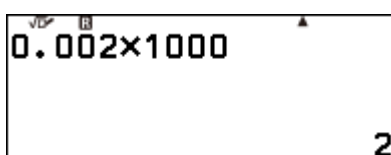
$$V = 2 \text{ โวลต์}$$

การใช้เครื่องคำนวณวิทยาศาสตร์ CLASSWIZ รุ่น fx-991CW

1. เลือกเมนู Calculate แล้วกดปุ่ม OK

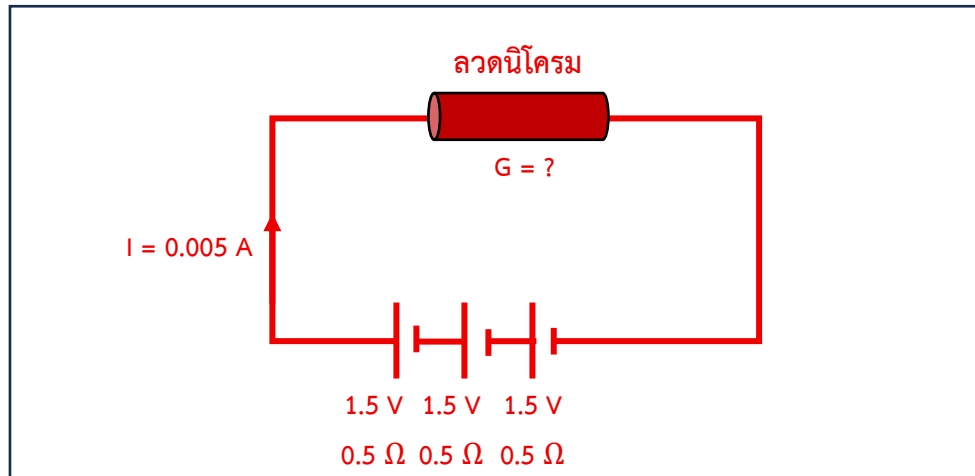


2. ใส่ค่าตัวเลขกด EXE คำตอบ $V = 2$ โวลต์



3. ต่อถ่านไฟฉายจำนวน 3 ก้อนแบบอนุกรม โดยถ่านแต่ละก้อนมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 1.5 โวลต์ ความต้านทานภายใน 0.5 โอห์ม เข้ากับ ลวดนิโครมเส้นหนึ่ง วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านได้เท่ากับ 0.005 แอมแปร์ อยากทราบว่า ความนำไฟฟ้าของลวดนิโครมมีค่าเท่าใด

วาดภาพประกอบ



แสดงการคำนวณ

วิเคราะห์โจทย์

$$\sum E = 1.5 + 1.5 + 1.5 = 4.5 \text{ V}$$

$$\sum r = 0.5 + 0.5 + 0.5 = 1.5 \text{ } \Omega$$

$$I = 0.005 \text{ A}$$

$$R_{\text{รวม}} = R_{\text{ลวดนิโครม}} + 1.5$$

จากกฎของโอห์ม

$$V = IR$$

$$4.5 = 0.005 (R+1.5)$$

$$900 = R+1.5$$

$$R = 898.5 \text{ } \Omega$$

จากการนำไฟฟ้า

$$G = \frac{1}{R}$$

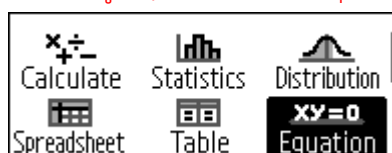
$$G = \frac{1}{898.5}$$

$$G = 0.00111$$

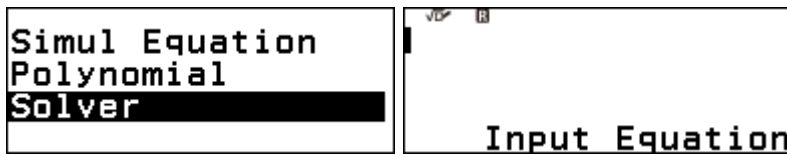
$$G = 1.11 \times 10^{-3} \text{ ซีเมนส์}$$

การใช้เครื่องคำนวณวิทยาศาสตร์ CLASSWIZ รุ่น fx-991CW

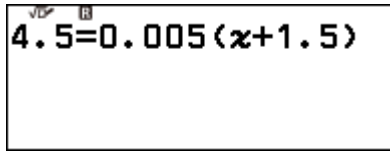
1. เลือกเมนู Equation แล้วกดปุ่ม OK



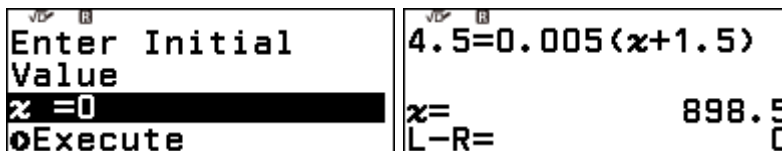
- เลือกตัวเลือก Solver เมื่อกดปุ่ม OK จะปรากฏหน้าจอ พร้อมพิมพ์สมการ



- พิมพ์สมการ $4.5 = 0.005(x + 1.5)$

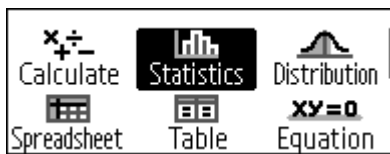


- กดปุ่ม EXE จะได้น้ำจอต้านล่าง กำหนด $x = 0$ แล้วกด Execute ก็จะได้คำตอบของสมการ

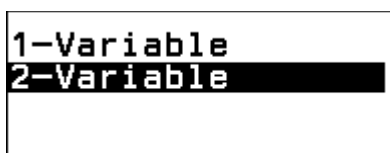


การใช้เครื่องคำนวณวิทยาศาสตร์ CLASSWIZ รุ่น fx-991CW

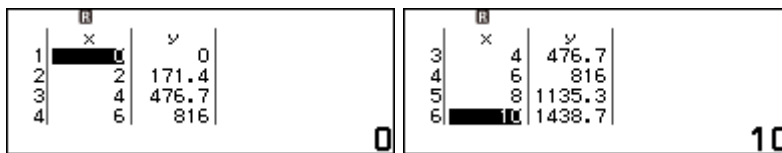
- กดปุ่ม HOME เลือกเมนู Statistics แล้วกดปุ่ม OK



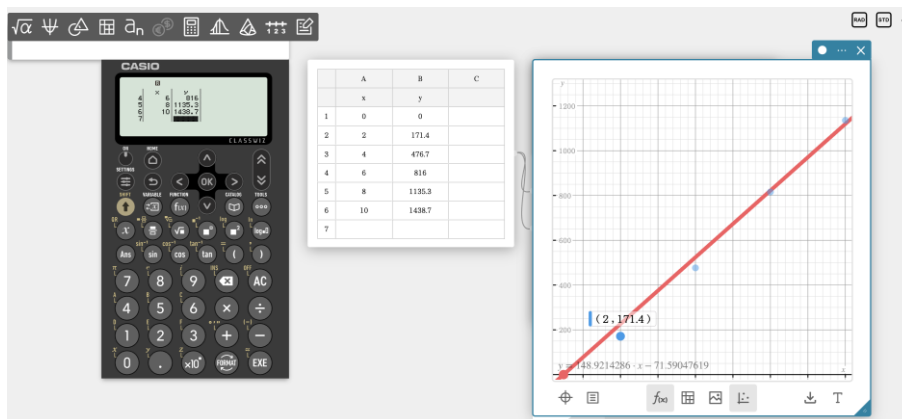
- เลือกตัวเลือก 2-Variable



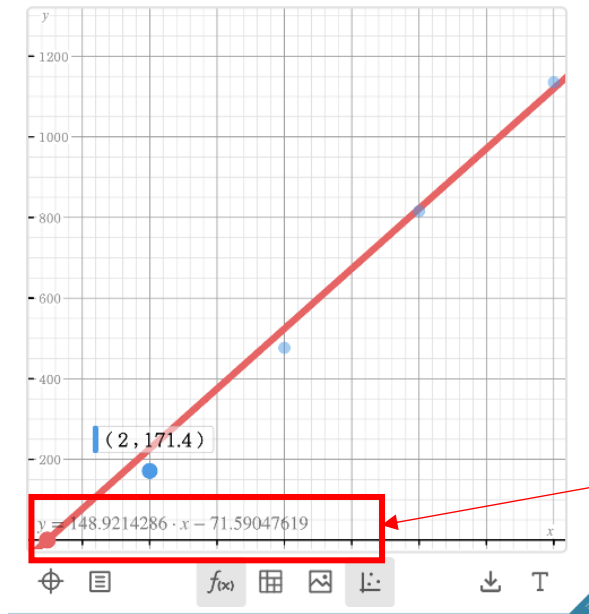
- กรอกข้อมูล I และ V ลงในคอลัมน์ x และ y



- กดปุ่ม SHIFT และกดปุ่ม x จะแสดง QR Code แล้วใช้สมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ตแก็ดแกนกราฟ



5. เลือกเส้นกราฟ จะแสดงสมการของกราฟ



6. จดบันทึกสมการ

$$Y = 148.92 x - 71.59$$

นำมาพิจารณาค่าความนำไฟฟ้า $G = \text{Slope I-V}$

$$G = 148.92 \times 10^{-6} \text{ A/V}$$

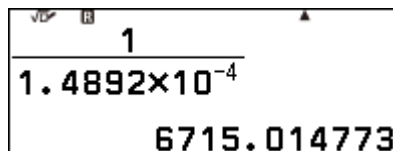
$$G = 1.4892 \times 10^{-4} \text{ S}$$

7. นำมาคำนวณหาค่าความต้านทาน (R)

จาก $R = \frac{1}{G}$

$$R = \frac{1}{G}$$

8. เลือกเมนู Calculate แล้วพิมพ์ค่าลงไป



คำตอบ ความต้านทาน (R) ของอุ้งนีสีม่วง เท่ากับ 6,715.01 โอห์ม

9. แต่ละกลุ่มนำเสนอความต้านทานของผลไม้แต่ละชนิด เพื่อพิจารณาความต้านทานผลไม้ที่น้อยที่สุด แสดงถึงการนำไฟฟ้าได้ดีที่สุด