

# แบบฝึกทักษะการคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์

โดยใช้วงจรเดมมิ่ง

หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้าสถิต

ชุดที่ 1

เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์

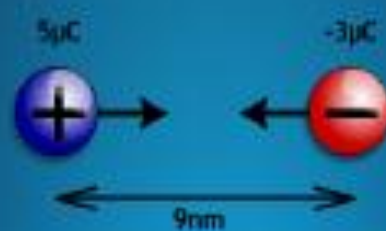
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว32204



นายภูมินทร์ ลิขิตพัฒนกุล

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ



โรงเรียนจอมทอง อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่  
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 34

## คำนำ

ชุดฝึกทักษะการคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้วงจรเดมมิ่ง หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้าสถิต จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนในรายวิชาฟิสิกส์ ว 32204 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และด้านเนื้อหาเป็น ความรู้พื้นฐานสู่การเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ากระแสและไฟฟ้ากระแสสลับต่อไป โดยผู้จัดทำได้ใช้วงจร เดมมิ่ง ในการฝึกทักษะการคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ดังกล่าว เพื่อให้การคำนวณโจทย์ ปัญหาฟิสิกส์ มีลำดับขั้นตอน มีความชัดเจน จดจำได้ง่าย เกิดความสะดวกและสามารถนำไป ประยุกต์ใช้กับโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในเรื่องอื่น ๆ ได้ด้วย

ชุดฝึกทักษะการคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้วงจรเดมมิ่ง ได้จัดทำขึ้นทั้งหมด จำนวน 5 ชุด ได้แก่

ชุดที่ 1 เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์

ชุดที่ 2 เรื่อง สนามไฟฟ้า

ชุดที่ 3 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้า

ชุดที่ 4 เรื่อง ตัวเก็บประจุและความจุของตัวเก็บประจุ

ชุดที่ 5 เรื่อง พลังงานในตัวเก็บประจุ

สำหรับชุดนี้ เป็นชุดที่ 1 เรื่องประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ ใช้เวลาในการฝึกคำนวณ จำนวน 4 ชั่วโมง ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ชุดฝึกทักษะการคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้วงจร เดมมิ่งนี้ จะช่วยให้นักเรียนมีทักษะการคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์เพิ่มขึ้นและเป็นทางเลือก หนึ่งในการยกระดับผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาฟิสิกส์

ในการจัดทำชุดฝึกทักษะการคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้วงจรเดมมิ่งนี้ สำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดี เพราะอาศัยความรู้ต่าง ๆ ที่ได้จากครูบาอาจารย์ ผู้เชี่ยวชาญ ที่ได้ให้ความรู้ ให้ คำปรึกษาและให้คำแนะนำในด้านต่างๆ รวมทั้งทางครอบครัวได้ให้กำลังใจมาตลอด จึง ขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ภูมินทร์ ลิขิตพัฒนกุล

ผู้จัดทำ

## สารบัญ

| เรื่อง                                                                 | หน้า      |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| คำนำ                                                                   | ก         |
| สารบัญ                                                                 | ข         |
| สารบัญตาราง                                                            | ค         |
| สารบัญภาพ                                                              | ง         |
| จุดประสงค์ของการจัดการการเรียนการสอน วิชาฟิสิกส์.....                  | 1         |
| ความเชื่อมโยงมโนทัศน์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต.....                            | 1         |
| คำชี้แจงสำหรับนักเรียน.....                                            | 2         |
| แบบทดสอบก่อนเรียน.....                                                 | 4         |
| ผลการเรียนรู้/จุดประสงค์การเรียนรู้.....                               | 7         |
| วงจร 8 ขั้นตอนในการฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้วงจรเดิมมี.....   | 8         |
| คำชี้แจง 8 ขั้นตอนในการฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้วงจรเดิมมี... | 9         |
| ใบความรู้ที่ 1.1 เรื่อง ประจุไฟฟ้า.....                                | 10        |
| ใบความรู้ที่ 1.2 เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์ .....           | 15        |
| ตัวอย่าง.....                                                          | 17        |
| แบบฝึกทักษะ.....                                                       | 21        |
| แบบทดสอบหลังเรียน.....                                                 | 27        |
| แบบบันทึกที่คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน.....                      | 30        |
| <b>บรรณานุกรม</b>                                                      | <b>31</b> |
| <b>ภาคผนวก</b>                                                         | <b>32</b> |
| เกณฑ์การให้คะแนนแบบฝึกทักษะ                                            | 33        |

## สารบัญตาราง

| ตาราง                                                                  | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------|------|
| 1.1 8 ขั้นตอน ในการฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้วงจรเดิมมิ่ง..... | 9    |
| 1.2 ประจุและมวลของอนุภาคในอะตอม.....                                   | 12   |
| 1.3 บันทึกสรุปผลคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน.....                | 30   |

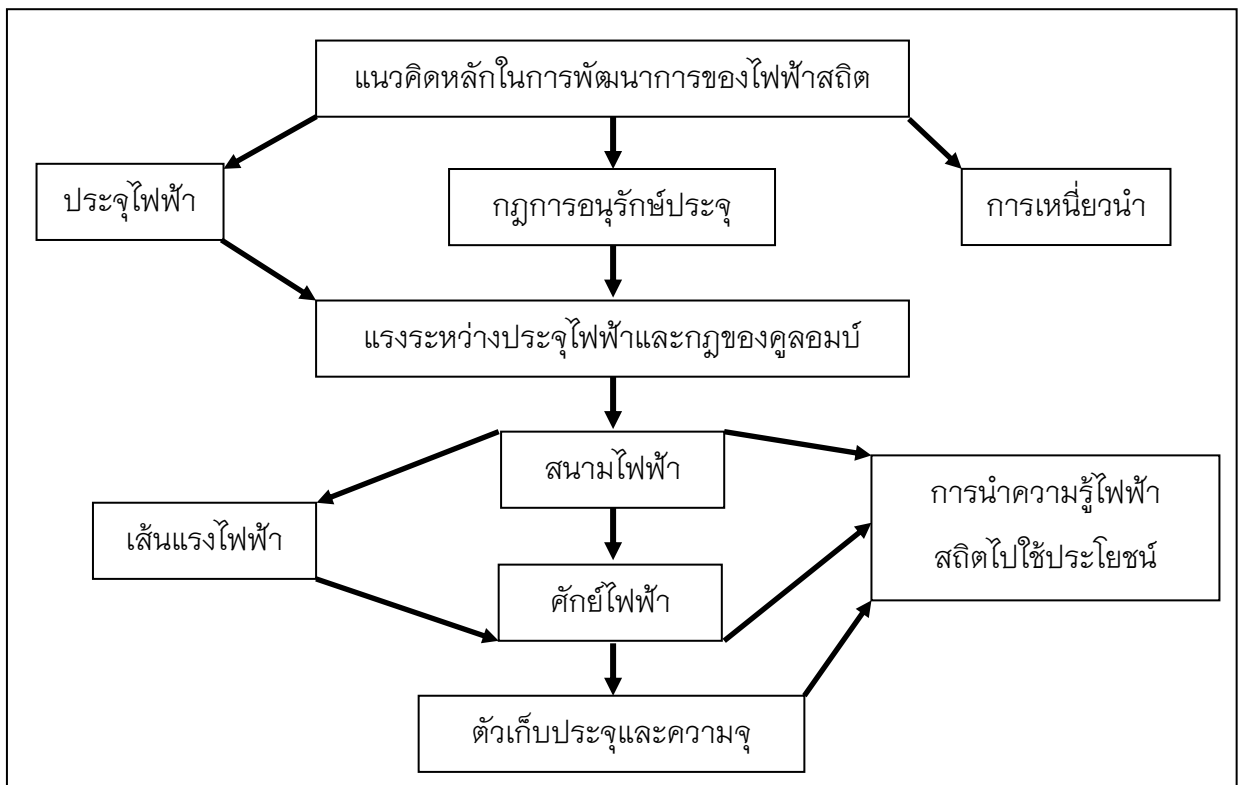
## สารบัญภาพ

| ภาพ                                                                        | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| 1.1 ความเชื่อมโยงมโนทัศน์ เรื่องไฟฟ้าสถิต .....                            | 1    |
| 1.2 วงจร 8 ขั้นตอนในการฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้วงจรเดิมมิ่ง..... | 8    |
| 1.3 แรงกระทำต่อกันระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า.....                         | 11   |
| 1.4 แรงกระทำระหว่างประจุไฟฟ้า.....                                         | 11   |
| 1.5 อิเล็กโตรสโคปลูกพิท.....                                               | 13   |
| 1.6 อิเล็กโตรสโคปแผ่นโลหะ.....                                             | 14   |
| 1.7 แสดงแรงผลักและแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้า.....                          | 15   |
| 1.8 แสดงแรง 2 แรงที่ตั้งฉากกันและกันกับแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงทั้งสอง.....   | 16   |
| 1.9 แสดงแรง 2 แรงที่ทำมุมต่อกันกับแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงทั้งสอง.....        | 16   |

### จุดประสงค์ของการจัดการการเรียนรู้การสอน วิชาฟิสิกส์

1. เพื่อให้เข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติ หลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์
2. เพื่อให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่สังเกตได้จากปรากฏการณ์จริงกับคำอธิบายทางทฤษฎี
3. เพื่อให้เข้าใจและยอมรับในขอบเขตของข้อมูลที่ได้ว่า ขึ้นกับขีดความสามารถของเครื่องมือวัด
4. เพื่อให้เกิดทักษะในการศึกษาค้นคว้าและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
5. เพื่อให้สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการนำหลักการทางฟิสิกส์ไปประยุกต์ใน  
ด้านต่าง ๆ ทั้งเชิงความคิดและเชิงการปฏิบัติ
6. เพื่อให้มีความสนใจใฝ่รู้ในเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์
7. เพื่อให้มีความใจกว้าง คิดและปฏิบัติอย่างมีเหตุผล
8. เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ ผลดีและผลเสียต่อสังคมในการนำความรู้ทางฟิสิกส์และเทคโนโลยีมา  
ประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ
9. เพื่อให้ตระหนักในอิทธิพลของสังคมที่มีต่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

### ความเชื่อมโยงมโนทัศน์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต



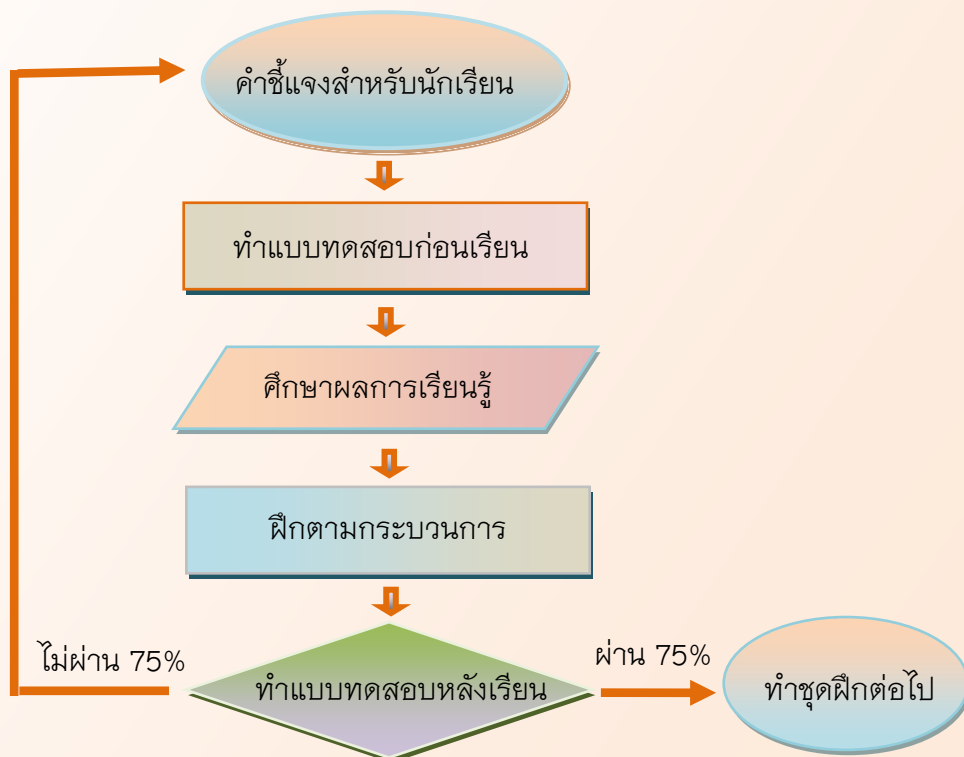
ภาพที่ 1.1 ความเชื่อมโยงมโนทัศน์ เรื่องไฟฟ้าสถิต

ที่มา : คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานละเพิ่มเติมฟิสิกส์เล่ม 3 สสวท. (2548 : หน้า 2)

## คำชี้แจงสำหรับนักเรียน

ชุดฝึกทักษะการคิดคำนวณโจทย์ปัญหาพีสิกส์โดยใช้วงจรเดมมิ่ง เป็นเอกสารที่ใช้ประกอบการเรียนการสอน ชุดนี้เป็นชุดที่ 1 เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ นักเรียนจะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาคำชี้แจงสำหรับนักเรียนให้เข้าใจ
2. ศึกษาผลการเรียนรู้/จุดประสงค์การเรียนรู้ให้เข้าใจว่าต้องการให้เรียนรู้สิ่งใดบ้าง
3. ทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐานของตนเองก่อนที่จะเรียนรู้
4. ศึกษา 8 ขั้นตอนในการฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหาพีสิกส์โดยใช้วงจรเดมมิ่งให้เข้าใจ
5. ศึกษาใบความรู้ ให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ ดูตัวอย่างและทำแบบฝึกทักษะ ตามที่กำหนด
6. ทำแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อวัดความรู้ความสามารถหลังจากที่ฝึกการคิดคำนวณแล้ว
7. ถ้านักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด (ผ่าน 75%) ให้กลับไปเริ่มต้นที่ศึกษาคำชี้แจงสำหรับนักเรียน ศึกษาใบความรู้ ดูตัวอย่างแล้ว ทำแบบฝึกทักษะอีกครั้งหนึ่งจนกว่าจะผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้





แบบทดสอบก่อนเรียน



### แบบทดสอบก่อนเรียน

- คำชี้แจง** 1. ให้นักเรียนเลือกข้อที่ถูกที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในแบบบันทึกคะแนนแบบทดสอบ
2. แบบทดสอบมีจำนวนทั้งหมด 10 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวม 10 คะแนน ใช้เวลา 30 นาที
- วัตถุที่สูญเสียอิเล็กตรอนให้กับวัตถุอื่น วัตถุนั้นจะแสดงอำนาจไฟฟ้าตามข้อใด
    - สภาพเป็นกลาง
    - อำนาจไฟฟ้าลบ
    - อำนาจไฟฟ้าบวก
    - แสดงอำนาจทั้งบวกและลบ สลับกัน
  - เมื่อนำไม้บรรทัดถูกับผ้าสักหลาดแล้วเกิดประจุไฟฟ้า เพราะเหตุใด
    - ประจุเกิดจากแรงเสียดทาน
    - การทำให้มีประจุชนิดหนึ่งขึ้นมา
    - ประจุเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างมวล
    - ประจุถ่ายเทจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง
  - ลูกพิท 2 ลูก แต่ละลูกมีประจุไฟฟ้า 1 ไมโครคูลอมบ์ เมื่อวางห่างกัน 50 เซนติเมตร และลูกพิทนี้มีขนาดเล็กมาก จนถือได้ว่าเป็นจุด จงหาว่าเกิดแรงกระทำบนลูกพิทขนาดเท่าไร
    - $3.6 \times 10^{-2}$  นิวตัน
    - $4.8 \times 10^{-2}$  นิวตัน
    - $5.6 \times 10^{-2}$  นิวตัน
    - $7.2 \times 10^{-2}$  นิวตัน
  - เมื่อวางลูกพิทที่มีประจุห่างกัน 4 เซนติเมตร ปรากฏว่ามีแรงกระทำต่อกัน  $10^{-4}$  นิวตัน ถ้าวางลูกพิททั้งสอง ห่างกัน 8 เซนติเมตร จะมีแรงกระทำระหว่างกันเท่าไร
    - $2.0 \times 10^{-5}$  นิวตัน
    - $2.5 \times 10^{-5}$  นิวตัน
    - $2.0 \times 10^{-6}$  นิวตัน
    - $2.5 \times 10^{-6}$  นิวตัน
  - จุดประจุขนาด 4 และ -6 ไมโครคูลอมบ์ วางห่างกัน d เซนติเมตร เกิดแรงกระทำระหว่างประจุ 12 นิวตัน แต่ถ้านำไปวางห่างกัน d/2 เซนติเมตร จะเกิดแรงกระทำระหว่างประจุขนาดเท่าไร
    - 30 นิวตัน
    - 38 นิวตัน
    - 40 นิวตัน
    - 48 นิวตัน

### แบบทดสอบก่อนเรียน

6. จุดประจุขนาด 6 ไมโครคูลอมป์ 3 จุดประจุ วางห่างกันเป็นแนวเส้นตรงห่างกันช่วงละ 30 เซนติเมตร จงหาขนาดของแรงที่กระทำต่อจุดประจุตรงจุดกึ่งกลาง เมื่อจุดประจุที่ปลายข้างหนึ่งเป็นชนิดลบ และตรงจุดกึ่งกลางกับปลายอีกข้างหนึ่งเป็นชนิดบวก
- 3.6 นิวตัน
  - 4.8 นิวตัน
  - 5.6 นิวตัน
  - 7.2 นิวตัน
7. อนุภาค A มีประจุเป็น 2 เท่าของประจุอนุภาค B อนุภาคทั้งสองอยู่ห่างกัน  $\sqrt{1.8}$  เซนติเมตร เกิดแรงกระทำ 1 นิวตัน จงหาว่าประจุอนุภาค B จะต้องมีความเท่าไร
- $1.0 \times 10^{-7}$  คูลอมป์
  - $2.0 \times 10^{-7}$  คูลอมป์
  - $1.0 \times 10^{-6}$  คูลอมป์
  - $2.0 \times 10^{-6}$  คูลอมป์
8. อะตอมไฮโดรเจนประกอบด้วยโปรตอน 1 ตัว และอิเล็กตรอน 1 ตัว อยู่ห่างกัน  $5.3 \times 10^{-11}$  เมตร แต่ละตัวมีประจุไฟฟ้า  $1.6 \times 10^{-19}$  คูลอมป์ อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบๆ โปรตอน จงหาแรงกระทำระหว่างโปรตอนกับอิเล็กตรอนว่ามีขนาดเท่าไร
- $8.2 \times 10^{-6}$  นิวตัน
  - $8.2 \times 10^{-7}$  นิวตัน
  - $8.2 \times 10^{-8}$  นิวตัน
  - $8.2 \times 10^{-9}$  นิวตัน
9. จุดประจุ A มีปริมาณประจุไฟฟ้าเป็น 2 เท่าของจุดประจุ B เมื่อนำมาวางห่างกัน 10 เซนติเมตร เกิดแรงกระทำขนาด 180 นิวตัน แล้วจุดประจุ B จะต้องมีความเท่าไร
- $1.0 \times 10^{-4}$  คูลอมป์
  - $1.0 \times 10^{-5}$  คูลอมป์
  - $1.0 \times 10^{-6}$  คูลอมป์
  - $1.0 \times 10^{-7}$  คูลอมป์

**แบบทดสอบก่อนเรียน**

10. ประจุ  $2.0 \times 10^{-4}$  คูลอมป์ และ  $-3.0 \times 10^{-4}$  คูลอมป์ เมื่อนำมาวางห่างกัน 30 เซนติเมตร จะเกิดแรงกระทำระหว่างกันขนาดเท่าไร

ก.  $2.0 \times 10^{-6}$  นิวตัน

ข.  $6.0 \times 10^3$  นิวตัน

ค.  $6.0 \times 10^{-1}$  นิวตัน

ง.  $1.8 \times 10^4$  นิวตัน

### ผลการเรียนรู้

### เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์

#### ผลการเรียนรู้

1. สำรวจ ตรวจสอบและอธิบายเกี่ยวกับประจุไฟฟ้า
2. สำรวจ ตรวจสอบ อธิบายและคำนวณเกี่ยวกับแรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

1. นักเรียนสามารถบอกความหมายการเกิดประจุไฟฟ้าและการเกิดแรงกระทำของประจุไฟฟ้าได้

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

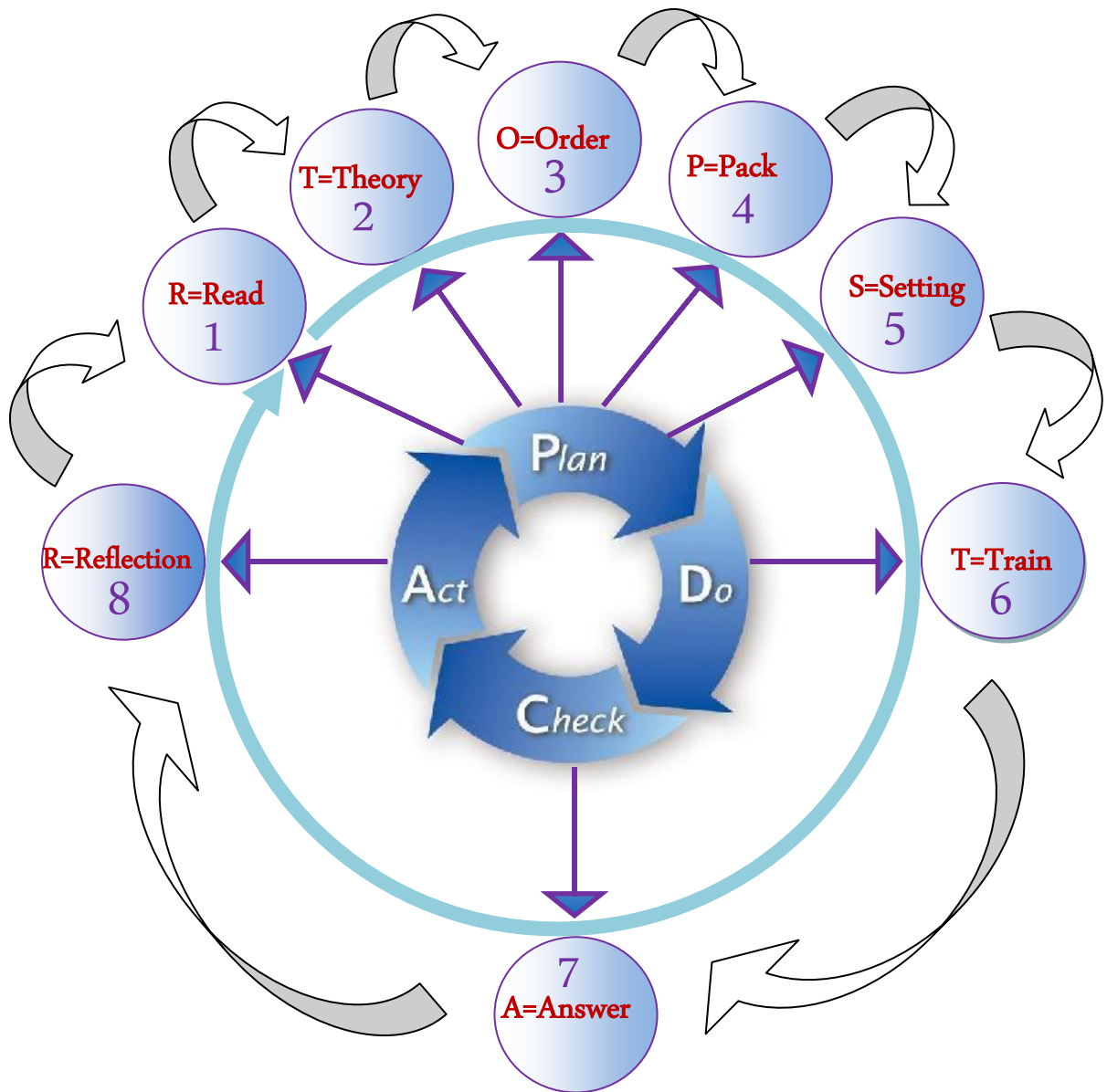
2. นักเรียนสามารถคิดคำนวณหาขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำของประจุไฟฟ้าโดยใช้กฎของ

คูลอมบ์ได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

3. ความซื่อสัตย์ สุจริต
4. มุ่งมั่นในการทำงาน
5. ใฝ่เรียนรู้
6. มีจิตสาธารณะ

วงจร 8 ขั้นตอนในการฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้วงจรเดิมมิ่ง



ภาพที่ 1.2 วงจร 8 ขั้นตอนในการฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้วงจรเดิมมิ่ง

คำชี้แจง

## 8 ขั้นตอนในการฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้วงจรเดมมิ่ง

ตาราง 1.1 8 ขั้นตอน ในการฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้วงจรเดมมิ่ง

| วงจรเดมมิ่ง |              | 8 ขั้นตอนการในฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์                                                                               |
|-------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. P=Plan   | R=Read       | 1.อ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาอย่างละเอียด 1 รอบ                                                                           |
|             | T=Theory     | 2.เลือกใช้ทฤษฎีหรือองค์ความรู้ให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา                                                                   |
|             | O=Order      | 3.จัดระเบียบหรือดึงตัวแปรออกมาจากโจทย์ปัญหาให้ครบทุกตัว และหน่วยของตัวแปรต้องเป็นหน่วย SI เสมอ บางข้ออาจต้องวาดภาพประกอบ |
|             | P=Pack       | 4.หาความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือเลือกสูตรที่เหมาะสมในการใช้ฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหา                                            |
|             | S=Setting    | 5.แทนค่าตัวแปรลงในสูตรทุกตัวแปรที่ทราบค่า                                                                                |
| 2.D=Do      | T=Train      | 6.ดำเนินการฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหาเพื่อหาคำตอบ                                                                             |
| 3.C=Check   | A=Answer     | 7.ได้คำตอบและตรวจสอบการดำเนินการทุกขั้นตอนใหม่อีกครั้งหนึ่ง                                                              |
| 4.A=Action  | R=Reflection | 8.ผลการตรวจถูกต้องได้คำตอบ/ผิดพลาดดำเนินการใหม่ทั้งหมดอีกครั้ง                                                           |

## ใบความรู้ที่ 1.1

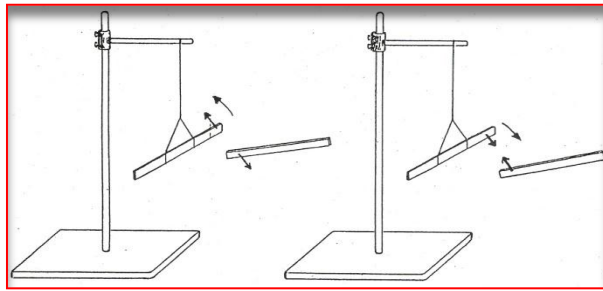
### เรื่อง ประจุไฟฟ้า

**ไฟฟ้าสถิต** เป็นแขนงหนึ่งของวิชาไฟฟ้าที่ศึกษาเกี่ยวกับประจุไฟฟ้าขณะอยู่นิ่งกับที่ ได้มีการทดลองเกี่ยวกับเรื่องของไฟฟ้าสถิตตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว โดยทาเลส (Thales, 600 ปีก่อนคริสต์ศักราช) พบว่าเมื่อนำแท่งอำพันมาถูกับผ้าแพรหรือผ้าสักหลาดแล้ว แท่งอำพันสามารถดูดของเบาๆ เช่น ฟาง ขนนก หรือกระดาษชิ้นเล็กๆ ได้ แต่ไม่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเรื่องนี้ให้กว้างขวางออกไป จนกระทั่ง ประมาณ ค.ศ. 1600 ดร.กิลเบิร์ต (Dr. Gilbert) เป็นคนแรกได้ทำการศึกษาค้นคว้า เรื่องนี้พบว่ายังมีวัตถุอีกหลายชนิดเมื่อนำมาถูกันแล้วได้ผลเช่นเดียวกัน ดร. กิลเบิร์ต เรียกอำพันที่ได้จากการขัดสีวัตถุต่างชนิดกันนี้ว่า “electricity” โดยมาจากคำว่า “electron” ที่ชาวกรีกใช้เรียก อำพัน นั่นเอง

**ประจุไฟฟ้า** (electric charge) เป็นปริมาณทางไฟฟ้าปริมาณหนึ่งที่กำหนดขึ้น ธรรมชาติของสสารจะประกอบด้วยหน่วยย่อยๆ ที่มีลักษณะและมีสมบัติเหมือนกันที่เรียกว่า อะตอม(atom) ภายในอะตอม จะประกอบด้วยอนุภาคมูลฐาน 3 ชนิดได้แก่ โปรตอน (proton) นิวตรอน (neutron) และอิเล็กตรอน (electron) โดยที่โปรตอนมีประจุไฟฟ้าบวกกับนิวตรอนที่เป็นกลางทางไฟฟ้ารวมกันอยู่เป็นแกนกลางเรียกว่านิวเคลียส (nucleus) ส่วนอิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าลบ จะอยู่รอบๆนิวเคลียส ตามปกติวัตถุจะมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า กล่าวคือจะมีประจุไฟฟ้าบวกและประจุไฟฟ้าลบ เท่ากัน เนื่องจากในแต่ละอะตอมจะมีจำนวนอนุภาคโปรตอนและอนุภาคอิเล็กตรอนเท่ากัน

ในการทดลองนำแผ่นพีวีซี (PVC:เป็นสารสังเคราะห์ประเภทพลาสติกชนิดหนึ่ง มีชื่อเต็มว่า Polyvinyl Chloride) 2 แผ่น มาถูด้วยผ้าสักหลาด แล้วนำแผ่นพีวีซีแผ่นหนึ่ง แขนงด้วยเส้นด้ายที่กึ่งกลางแผ่นทำให้แผ่นพีวีซีแผ่นนี้วางตัวอยู่ในแนวราบ แล้วนำปลายของแผ่นพีวีซีแผ่นที่เหลือมาจ่อใกล้ๆ ปลายแผ่นที่แขวนไว้ (โดยใช้ปลายที่ถูกถูด้วยผ้าสักหลาดในตอนแรก) จะปรากฏว่าแผ่นพีวีซีทั้งสองเบนหนีออกจากกัน แสดงว่า เกิดมีแรงผลักระหว่างแผ่นพีวีซีทั้งสอง เมื่อเปลี่ยนแผ่นพีวีซีเป็นแผ่นเปอร์สเปกซ์ (Perspex : เป็นสารสังเคราะห์ประเภทพลาสติกอีกชนิดหนึ่ง มีลักษณะโปร่งใสแข็งแต่มิเหนียว) แล้วทำการทดลอง เช่นเดียวกับแผ่นพีวีซีจะพบว่าแผ่นเปอร์สเปกซ์ที่มีประจุจะผลักแผ่นเปอร์สเปกซ์ที่มีประจุอีกแผ่นหนึ่ง แต่ถ้านำแผ่นเปอร์สเปกซ์ที่มีประจุเข้าใกล้แผ่นพีวีซีที่มีประจุซึ่งแขวนอยู่จะปรากฏว่าแผ่นพีวีซีเบนเข้าหาแผ่นเปอร์สเปกซ์ แสดงว่าแผ่นพีวีซีและแผ่นเปอร์สเปกซ์ที่มีประจุ เกิดแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน

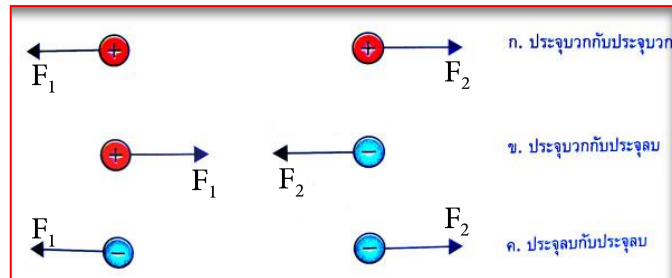
เนื่องจากแผ่นพีวีซีถูด้วยผ้าสักหลาดเหมือนกันทั้งสองครั้ง ประจุที่เกิดขึ้นบนแผ่นพีวีซีแต่ละแผ่นควรเป็นชนิดเดียวกันและในทำนองเดียวกัน ประจุที่เกิดขึ้นบนแผ่นเปอร์สเปกซ์แต่ละแผ่นก็ควรเป็นชนิดเดียวกันด้วย ส่วนประจุที่เกิดขึ้นบนแผ่นพีวีซีและแผ่นเปอร์สเปกซ์ ควรเป็นคนละชนิดกัน ดังนั้นผลของแรงระหว่างประจุชนิดเดียวกันจะผลักกัน ประจุต่างชนิดกันจะดึงดูดกัน ดังภาพที่ 1.3



ภาพที่ 1.3 แรงกระทำต่อกันระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้า

ที่มา : <http://www.vcharkarn.com/lesson/1340>

นักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ทำการทดลองแล้วเสนอแนะเป็นกฎเกี่ยวกับไฟฟ้าไว้ดังนี้ ประจุไฟฟ้ามีอยู่เพียง 2 ชนิด คือ ประจุไฟฟ้าบวก (Positive charge) หรือเรียกสั้น ๆ ว่าประจุบวก (+) เป็นประจุที่เกิดบนแท่งแก้วเมื่อถูด้วยผ้าไหม ประจุไฟฟ้าลบ (Negative charge) หรือเรียกสั้น ๆ ว่าประจุลบ (-) เป็นประจุที่เกิดบนแท่งอำพัน เมื่อถูด้วยผ้าขนสัตว์ และแรงกระทำที่เกิดขึ้นระหว่างประจุไฟฟ้าแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ แรงดึงดูดกัน เป็นแรงกระทำระหว่างประจุต่างชนิดกัน และแรงผลักรัน เป็นแรงกระทำระหว่างประจุชนิดเดียวกัน ดังภาพที่ 1.4



ภาพที่ 1.4 แรงกระทำระหว่างประจุไฟฟ้า

ที่มา : <http://www.vcharkarn.com/lesson/1340>

**กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า** (Conservation of Charge) การที่แผ่นฟิรชีและแผ่นเปอร์สเปกซ์ ก่อนนำมาถูกับผ้าสักหลาดไม่แสดงอำนาจไฟฟ้า แต่หลังจากถูกับผ้าสักหลาดแล้วแสดงอำนาจไฟฟ้าออกมา คำอธิบายของปรากฏการณ์ดังกล่าว ต้องอาศัยทฤษฎีเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอม กล่าวคือ วัตถุทุกชนิดย่อมประกอบด้วย อะตอม (atom) จำนวนมาก แต่ละอะตอมประกอบด้วย นิวเคลียส เป็นแกนกลาง ภายในนิวเคลียสประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุบวก เรียกว่า โปรตอน (Proton) และอนุภาคที่เป็นกลางทางไฟฟ้าเรียกว่า นิวตรอน (neutron) นอกนิวเคลียส มีอนุภาคที่มีประจุลบ เรียกว่า อิเล็กตรอน (electron) เคลื่อนที่รอบนิวเคลียสด้วยพลังงานในการเคลื่อนที่ค่าหนึ่ง อิเล็กตรอนมีมวล



น้อยกว่ามวลของนิวเคลียสมาก สามารถหลุดออกจากอะตอมหนึ่งไปสู่อีกอะตอมหนึ่งได้ ถ้าได้รับพลังงานมากพอ ประจุและมวลของอนุภาคทั้งสามในอะตอม ดังตารางที่ 1.1

ตาราง 1.2 ประจุและมวลของอนุภาคในอะตอม

| อนุภาค               | มวล ( kg )             | ประจุไฟฟ้า ( C )       |
|----------------------|------------------------|------------------------|
| อิเล็กตรอน ( $e^-$ ) | $9.10 \times 10^{-31}$ | $-1.6 \times 10^{-19}$ |
| โปรตอน ( p )         | $1.67 \times 10^{-27}$ | $+1.6 \times 10^{-19}$ |
| นิวตรอน ( n )        | $1.67 \times 10^{-27}$ | เป็นกลาง               |

ที่มา : [http://nakhamwit.ac.th/pingpong\\_web/m&c\\_web/Content\\_06.html](http://nakhamwit.ac.th/pingpong_web/m&c_web/Content_06.html)

โดยปกติอะตอมของธาตุย่อมเป็นกลางทางไฟฟ้า คือ ไม่แสดงอำนาจไฟฟ้าออกมา ทั้งนี้เพราะว่าในภาวะปกติอะตอมจะมีจำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอนเท่ากัน แต่ถ้าเมื่อใดที่จำนวนอนุภาคทั้งสองไม่เท่ากัน วัตถุนั้นจะอยู่ในสภาพที่มีประจุไฟฟ้าและจะแสดงอำนาจไฟฟ้าออกมา โดยจะแสดงว่ามีประจุบวก ถ้ามีจำนวนโปรตอนมากกว่าจำนวนอิเล็กตรอนหรือในทางกลับกันจะแสดงว่ามีประจุลบ ถ้ามีจำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าจำนวนโปรตอน การอธิบายการแสดงอำนาจไฟฟ้าของวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าเนื่องจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเพราะโปรตอนจะหลุดออกจากนิวเคลียสได้ค่อนข้างยาก ส่วนอิเล็กตรอนจะหลุดออกจากอะตอมหนึ่งไปสู่อีกอะตอมหนึ่งได้ง่าย จึงสรุปได้ว่า อะตอมใดที่เสียอิเล็กตรอนไปจะมีประจุลบลดลง ส่วนอะตอมใดที่ได้รับอิเล็กตรอน จะมีประจุลบเพิ่มขึ้น นั่นคือสำหรับอะตอมที่เป็นกลางทางไฟฟ้าเมื่อเสียอิเล็กตรอนไปจะกลายเป็นอะตอมที่มีประจุบวก ส่วนอะตอมที่ได้รับอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้นจะกลายเป็นอะตอมที่มีประจุลบ

สำหรับการนำวัตถุมานำกันแล้วมีผลทำให้วัตถุมีประจุไฟฟ้าขึ้นอธิบายได้ว่า เป็นเพราะงานหรือพลังงานกลเนื่องจากการถูถ่ายโอนให้กับอิเล็กตรอนของอะตอมบริเวณที่ถูกัน ทำให้พลังงานของอิเล็กตรอนสูงขึ้นจนสามารถหลุดเป็นอิสระออกจากอะตอมของวัตถุหนึ่งไปสู่อะตอมของอีกวัตถุหนึ่ง ดังนั้น อิเล็กตรอนได้ถูกถ่ายเทจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง วัตถุที่มีอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้นจะมีประจุลบ ส่วนวัตถุที่เสียอิเล็กตรอนจะมีประจุบวก ในเหตุการณ์ดังกล่าวนี้ จึงสรุปได้ว่าการทำให้วัตถุมีประจุไฟฟ้าไม่ใช่การสร้างประจุขึ้นใหม่ แต่เป็นเพียงการย้ายประจุจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งเท่านั้น โดยผลรวมของจำนวนประจุทั้งหมดของระบบที่พิจารณายังคงเท่าเดิม ซึ่งจากข้อสรุปดังกล่าวนี้ เราเรียกว่า “กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า”

**การทำให้วัตถุตัวนำเกิดประจุไฟฟ้า** โดยปกติวัตถุทั้งหลายจะมีจำนวนโปรตอนและจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน จึงมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า เมื่อวัตถุได้รับพลังงาน (ไฟฟ้า เคมี ความร้อน แสง กล และอื่นๆ) จะทำให้อิเล็กตรอนหรือไอออนเกิดการเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง ทำให้จำนวนประจุลบและประจุบวกไม่เท่ากัน ส่งผลให้วัตถุมีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้น (charge body) วัตถุที่มีประจุจะแสดงอำนาจไฟฟ้าตามชนิดของประจุที่มี ซึ่งการทำให้วัตถุมีประจุไฟฟ้าอาจทำได้หลายวิธี เช่น การขัดถู การสัมผัส การเหนี่ยวนำ ดังนี้

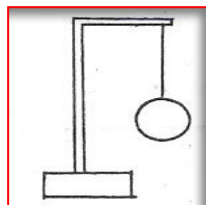
**การขัดถู** คือ การนำวัตถุต่างชนิดมาถูกัน เช่น นำผ้าสักหลาดมาถูกับแผ่นพีวีซี งานของแรงที่ใช้ถูหรืองานของแรงเสียดทานระหว่างวัตถุทั้งสองจะทำให้อิเล็กตรอนในวัตถุทั้งสองมีพลังงานสูงขึ้นทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากวัตถุหนึ่งไปสู่อีกวัตถุหนึ่ง วัตถุที่รับอิเล็กตรอนจะมีประจุลบ ส่วนวัตถุที่เสียอิเล็กตรอนไปจะมีประจุบวก ดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น

**การสัมผัส** คือ การนำวัตถุที่มีประจุอิสระอยู่แล้วมาสัมผัสกับวัตถุที่เดิมเป็นกลางจะทำให้วัตถุที่เป็นกลางนี้มีประจุไฟฟ้าอิสระเกิดขึ้น

**การเหนี่ยวนำ** คือ จากสมบัติของตัวนำ ประจุหรือ อิเล็กตรอนมีอิสระในการเคลื่อนที่บนตัวนำ ถ้านำวัตถุที่มีประจุมาวางใกล้ตัวนำที่เป็นกลางทางไฟฟ้า พบว่าจะมีแรงดึงดูดระหว่างวัตถุและตัวนำนั้น เพราะประจุบนตัวกลางวัตถุจะส่งแรงกระทำกับอิเล็กตรอนบนผิวตัวนำ เช่น เมื่อวัตถุ A ซึ่งมีประจุบวก มาวางใกล้ตัวนำวัตถุ B ที่เป็นกลางซึ่งถูกแขวนด้วยเส้นด้าย ดังภาพที่ 1.3 แรงจากประจุบวกบนวัตถุ A จะส่งมากระทำต่ออิเล็กตรอนบนผิววัตถุตัวนำ B ทำให้ผิววัตถุ B ด้านที่อยู่ใกล้วัตถุ A มีอิเล็กตรอนมากกว่าด้านที่อยู่ไกลวัตถุ A ทำให้ผิววัตถุ B ด้านที่อยู่ใกล้วัตถุ A มีประจุลบ ส่วนด้านที่อยู่ไกล มีประจุบวก

**อิเล็กโทรสโคป (Electroscope)** เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจสอบประจุไฟฟ้าสถิตมี 2 ชนิดคือ

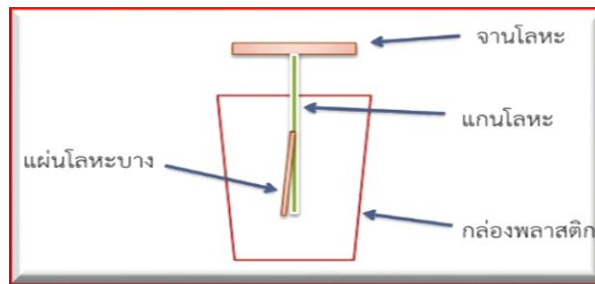
อิเล็กโทรสโคปลูกพิท (pith ball electroscope) เป็นอิเล็กโทรสโคปแบบง่ายที่สุดประกอบด้วยลูกกลมเล็กๆ ทำด้วยไส้ไหม่โสหรือไส้หย้าปล้องหรือโฟมฉาบด้วยโลหะ ซึ่งมีน้ำหนักเบามาก ตัวลูกกลมแขวนด้วยด้ายเส้นเล็กๆ ไว้ในแนวตั้งจากปลายเสาที่ตั้งอยู่บนแท่นฉนวนไฟฟ้า ดังภาพที่ 1.5



ภาพที่ 1.5 อิเล็กโทรสโคปลูกพิท

ที่มา : <http://www.slideshare.net/somporndb/electroscope-13688574>

อิเล็กโทรสโคปแผ่นโลหะ (leaf electroscope) อิเล็กโทรสโคปชนิดนี้ประกอบด้วยแท่งโลหะ ด้านบนเชื่อมต่อกับจานโลหะชนิดเดียวกัน ซึ่งมักใช้อะลูมิเนียม ปลายล่างแท่งโลหะมีแผ่นโลหะอะลูมิเนียมบาง ๆ ติดไว้ โดยแท่งโลหะถูกเสียบและยึดไว้ โดยกระบอกพลาสติกหรือขวดแก้ว ดังภาพที่ 1.6



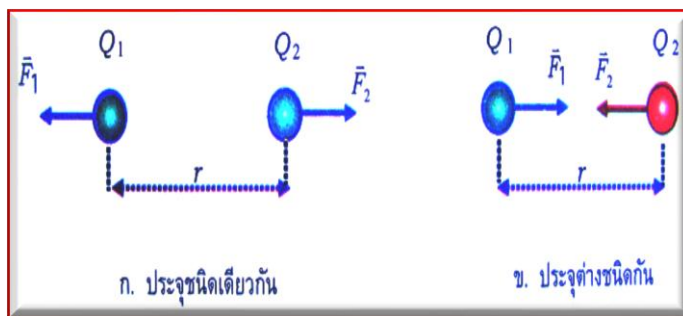
ภาพที่ 1.6 อิเล็กโทรสโคปแผ่นโลหะ

ที่มา : <http://www.slideshare.net/somporndb/electroscope-13688574>

ใบความรู้ที่ 1.2

### เรื่อง แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์

Charles Augustin de Coulomb นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแรงระหว่างประจุแล้วตั้งทฤษฎีขึ้นมา โดยอาศัยหลักที่ว่าประจุเหมือนกันจะผลักกันและประจุต่างชนิดกันจะดึงดูดกัน ดังภาพที่ 1.7



ภาพที่ 1.7 แสดงแรงผลักและแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้า

ที่มา : <http://www.vcharkarn.com/lesson/1194>

เมื่อ  $Q_1$  และ  $Q_2$  เป็นประจุไฟฟ้า 2 ประจุ  $r$  เป็นระยะห่างระหว่างประจุทั้งสอง  $F$  เป็นแรงกระทำระหว่างประจุทั้งสอง คูลอมบ์ สรุปได้ว่า แรงระหว่างประจุจะเป็นสัดส่วนกับผลคูณของประจุและแปรผกผันกับระยะห่างระหว่างประจุกกำลังสอง ซึ่งเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า

$$F \propto Q_1 Q_2$$

และ

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

ดังนั้น

$$F \propto \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

สามารถเขียนในรูปสมการได้ว่า

$$F = \frac{K Q_1 Q_2}{r^2}$$

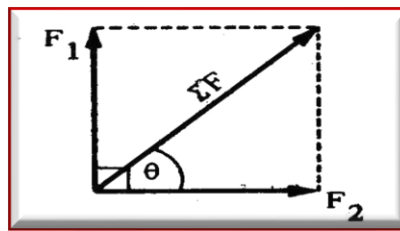
จากสมการที่ได้นี้เรียกว่า กฎของคูลอมบ์ (Coulomb's law) ใช้คำนวณแรงระหว่างประจุบนอนุภาค เรียกว่า จุดประจุ หน่วยของประจุเป็นคูลอมบ์ (C) แรงมีหน่วยเป็น นิวตัน (N) ระยะทางมีหน่วยเป็นเมตร (m) เมื่อประจุทั้งสองอยู่ในสุญญากาศหรืออากาศแล้ว ค่า  $K$  หาได้จาก การทดลองมีค่า

$8.9874 \times 10^9 \text{ N-m}^2/\text{C}^2$  โดยค่า  $K$  หาได้จาก  $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$  เมื่อ  $\epsilon_0$  คือสัมประสิทธิ์ความซึมได้ใน

สูญญากาศ  $= 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$  โดยปกติในการคำนวณใช้ค่า  $K = 9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$  ลักษณะของแรงกระทำระหว่างประจุ ถ้าประจุเหมือนกันจะออกแรงผลักกัน ส่วนประจุต่างกัน จะออกแรงดึงดูดกัน แรงกระทำระหว่างประจุเป็นแรงกระทำร่วมจึงมีขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้ามกัน

ถ้าบนประจุใดมีแรงกระทำหลายแรง ในการคำนวณต้องหาแรงลัพธ์แบบการหาเวกเตอร์ ลัพธ์ทุกประการเนื่องจากแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ ดังนั้นการรวมแรงจึงต้องคำนึงถึงทิศทางด้วย โดยการรวมแบบเวกเตอร์มีหลักการ ดังนี้

เมื่อมีแรง 2 แรงมาตั้งฉาก โดยที่  $F_1$  ตั้งฉากกับ  $F_2$  สามารถหาแรงลัพธ์ได้ ดังภาพที่ 1.8

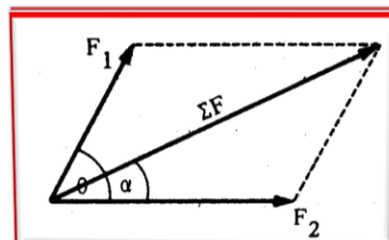


ภาพที่ 1.8 แสดงแรง 2 แรงที่ตั้งฉากกันและกันกับแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงทั้งสอง

หาขนาดของแรงลัพธ์ได้จาก 
$$\sum F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

หาทิศทางได้จาก 
$$\tan \theta = \frac{F_1}{F_2}$$

เมื่อมีแรง 2 แรงทำมุมต่อกัน โดยที่  $F_1$  ทำมุม  $\theta$  กับ  $F_2$  สามารถหาแรงลัพธ์ได้ ดังภาพที่ 1.9



ภาพที่ 1.9 แสดงแรง 2 แรงที่ทำมุมต่อกันกับแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงทั้งสอง

หาขนาดของแรงลัพธ์ได้จาก 
$$(\sum F)^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta$$

หาทิศทางได้จาก 
$$\tan \alpha = \frac{F_1 \sin \theta}{F_2 + F_1 \cos \theta}$$

## ตัวอย่างที่ 1

1. มีลูกพิทสองลูกและแต่ละลูกมีประจุไฟฟ้า 1.0 ไมโครคูลอมบ์ เมื่อศูนย์กลางของลูกพิท อยู่ห่างกัน 1.0 เมตร จงหาขนาดของแรงระหว่างประจุที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่าไร

| วงจร<br>เดมมิ่ง |              | 8 ขั้นตอนในการฝึกคิด<br>คำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์                                                                                          | ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โจทย์<br>ตามขั้นตอนในการฝึกคิดคำนวณ                                                                                                                                  |
|-----------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. P=Plan       | R=Read       | 1.อ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา<br>อย่างละเอียด 1 รอบ                                                                                      | -                                                                                                                                                                                           |
|                 | T=Theory     | 2.เลือกใช้ทฤษฎีหรือองค์ความรู้ให้<br>สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา                                                                              | กฎของคูลอมบ์                                                                                                                                                                                |
|                 | O=Order      | 3.จัดระเบียบหรือตั้งตัวแปรออกมา<br>จากโจทย์ปัญหาให้ครบทุกตัวและ<br>หน่วยของตัวแปรต้องเป็นหน่วย SI<br>เสมอ บางข้ออาจต้องวาด<br>ภาพประกอบ | $Q_1 = 1.0 \times 10^{-6} \text{ C}$<br>$Q_2 = 1.0 \times 10^{-6} \text{ C}$<br>$r = 1 \text{ m}$<br>$F = ?$                                                                                |
|                 | P=Pack       | 4.หาความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือ<br>เลือกสูตรที่เหมาะสมในการ<br>ฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหา                                                      | $F = \frac{KQ_1Q_2}{r^2}$                                                                                                                                                                   |
|                 | S=Setting    | 5.แทนค่าตัวแปรลงในสูตรทุกตัวแปร<br>ที่ทราบค่า                                                                                           | $F = \frac{9.0 \times 10^9 \times 1.0 \times 10^{-6} \times 1.0 \times 10^{-6}}{(1)^2}$                                                                                                     |
| 2. D=Do         | T=Train      | 6.ดำเนินการฝึกคิดคำนวณโจทย์<br>ปัญหาเพื่อหาคำตอบ                                                                                        | $F = \frac{9.0 \times 10^9 \times 1.0 \times 10^{-6} \times 1.0 \times 10^{-6}}{(1)^2}$<br>$F = \frac{9.0 \times 10^9 \times 1.0 \times 10^{-12}}{1}$<br>$F = \frac{9.0 \times 10^{-3}}{1}$ |
| 3. C=Check      | A=Answer     | 7.ได้คำตอบและตรวจสอบการ<br>ดำเนินการทุกขั้นตอนใหม่อีกครั้งหนึ่ง                                                                         | $F = 9.0 \times 10^{-3} \text{ N}$ <b>ตอบ</b>                                                                                                                                               |
| 4. A=Action     | R=Reflection | 8.ผลการตรวจถูกต้องได้คำตอบ/<br>ผิดพลาดดำเนินการใหม่อีกครั้ง                                                                             | ได้คำตอบที่ถูกต้อง นำวิธีการไปใช้<br>ในการคำนวณข้ออื่น ๆ ต่อไป                                                                                                                              |

## ตัวอย่างที่ 2

2. อะตอมของไฮโดรเจนประกอบด้วยโปรตอน จำนวน 1 ตัวและอิเล็กตรอน จำนวน 1 ตัว แต่ละตัวมีประจุไฟฟ้า  $1.6 \times 10^{-19}$  คูลอมป์ เมื่อระยะระหว่างอิเล็กตรอนและโปรตอนเท่ากับ  $5.3 \times 10^{-11}$  เมตร จงหาแรงกระทำระหว่างโปรตอนและอิเล็กตรอนว่ามีขนาดเท่าไร

| วงจร<br>เดิมมี |              | 8 ขั้นตอนในการฝึกคิด<br>คำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์                                                                                          | ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โจทย์<br>ตามขั้นตอนในการฝึกคิดคำนวณ                                                                       |
|----------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. P=Plan      | R=Read       | 1.อ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา<br>อย่างละเอียด 1 รอบ                                                                                      | -                                                                                                                                |
|                | T=Theory     | 2.เลือกใช้ทฤษฎีหรือองค์ความรู้ให้<br>สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา                                                                              | กฎของคูลอมป์                                                                                                                     |
|                | O=Order      | 3.จัดระเบียบหรือตั้งตัวแปรออกมา<br>จากโจทย์ปัญหาให้ครบทุกตัวและ<br>หน่วยของตัวแปรต้องเป็นหน่วย SI<br>เสมอ บางข้ออาจต้องวาด<br>ภาพประกอบ | $Q_1 = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$<br>$Q_2 = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$<br>$r = 5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$<br>$F = ?$ |
|                | P=Pack       | 4.หาความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือ<br>เลือกสูตรที่เหมาะสมในการ<br>ฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหา                                                      | $F = \frac{KQ_1Q_2}{r^2}$                                                                                                        |
|                | S=Setting    | 5.แทนค่าตัวแปรลงในสูตรทุกตัว<br>แปรที่ทราบค่า                                                                                           | $F = \frac{9.0 \times 10^9 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{(5.3 \times 10^{-11})^2}$                      |
| 2.D=Do         | T=Train      | 6.ดำเนินการฝึกคิดคำนวณโจทย์<br>ปัญหาเพื่อหาคำตอบ                                                                                        | $F = \frac{9.0 \times 10^9 \times 2.56 \times 10^{-38}}{28.09 \times 10^{-22}}$<br>$F = 8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$            |
| 3.C=Check      | A=Answer     | 7.ได้คำตอบและตรวจสอบการ<br>ดำเนินการทุกขั้นตอนใหม่อีกครั้งหนึ่ง                                                                         | $F = 8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$ <u>ตอบ</u>                                                                                    |
| 4.A=Action     | R=Reflection | 8.ผลการตรวจถูกต้องได้คำตอบ/<br>ผิดพลาดดำเนินการใหม่อีกครั้ง                                                                             | ได้คำตอบที่ถูกต้อง นำวิธีการไปใช้ในการ<br>การคำนวณข้ออื่น ๆ ต่อไป                                                                |

## ตัวอย่างที่ 3

3. เมื่อวางลูกพิท 2 ลูก ที่มีประจุห่างกัน 10 เซนติเมตร ปรากฏว่าเกิดแรงกระทำต่อกัน  $10^{-6}$  นิวตัน แต่ถ้าวางลูกพิททั้งสองห่างกัน 2 เซนติเมตร จะเกิดแรงกระทำระหว่างกันเท่าไร

| วงจร<br>เดิมมี |              | 8 ขั้นตอนในการฝึกคิด<br>คำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์                                                                                          | ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โจทย์<br>ตามขั้นตอนในการฝึกคิดคำนวณ                                                                                                                                                                                           |
|----------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. P=Plan      | R=Read       | 1.อ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา<br>อย่างละเอียด 1 รอบ                                                                                      | -                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                | T=Theory     | 2.เลือกใช้ทฤษฎีหรือองค์ความรู้ให้<br>สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา                                                                              | กฎของคูลอมบ์                                                                                                                                                                                                                                         |
|                | O=Order      | 3.จัดระเบียบหรือตั้งตัวแปรออกมา<br>จากโจทย์ปัญหาให้ครบทุกตัวและ<br>หน่วยของตัวแปรต้องเป็นหน่วย SI<br>เสมอ บางข้ออาจต้องวาด<br>ภาพประกอบ | $r_1 = 10 \times 10^{-2} \text{ m}$<br>$Q_1 = Q \text{ C}$<br>$Q_2 = Q \text{ C}$<br>$r_2 = 2 \times 10^{-2} \text{ m}$<br>$F_1 = 1 \times 10^{-6} \text{ N}$<br>$F_2 = ?$                                                                           |
|                | P=Pack       | 4.หาความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือ<br>เลือกสูตรที่เหมาะสมในการ<br>ฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหา                                                      | $F = \frac{KQ_1Q_2}{r^2}$                                                                                                                                                                                                                            |
|                | S=Setting    | 5.แทนค่าตัวแปรลงในสูตรทุกตัว<br>แปรที่ทราบค่า                                                                                           | $F_1 = \frac{KQ_1Q_2}{r_1^2} \dots \textcircled{1} \quad F_2 = \frac{KQ_1Q_2}{r_2^2} \dots \textcircled{2}$                                                                                                                                          |
| 2.D=Do         | T=Train      | 6.ดำเนินการฝึกคิดคำนวณโจทย์<br>ปัญหาเพื่อหาคำตอบ                                                                                        | $\frac{F_2}{F_1} = \frac{\cancel{KQ_1Q_2}}{r_2^2} \times \frac{r_1^2}{\cancel{KQ_1Q_2}} \quad \textcircled{2}/\textcircled{1}$<br>$\frac{F_2}{10^{-6}} = \frac{(10 \times 10^{-2})^2}{(2 \times 10^{-2})^2}$<br>$F_2 = 2.5 \times 10^{-5} \text{ N}$ |
| 3.C=Check      | A=Answer     | 7.ได้คำตอบและตรวจสอบการ<br>ดำเนินการทุกขั้นตอนใหม่อีกครั้งหนึ่ง                                                                         | $F_2 = 2.5 \times 10^{-5} \text{ N}$ <u>ตอบ</u>                                                                                                                                                                                                      |
| 4.A=Action     | R=Reflection | 8.ผลการตรวจถูกต้องได้คำตอบ/<br>ผิดพลาดดำเนินการใหม่อีกครั้ง                                                                             | ได้คำตอบที่ถูกต้อง นำวิธีการไปใช้ในการ<br>การคำนวณข้ออื่น ๆ ต่อไป                                                                                                                                                                                    |



### แบบฝึกทักษะ

คำชี้แจง

1. แบบฝึกทักษะการคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้วงจรเดมมิ่ง มีจำนวนทั้งหมด 5 ข้อ ใช้เวลาทำทั้งหมด 30 นาที
2. ให้นักเรียนแสดงวิธีทำตามขั้นตอน 8 ขั้นตอนในการคิดคำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้วงจรเดมมิ่ง
3. แบบฝึกทักษะแต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 6 คะแนน จำนวน 5 ข้อ คะแนนรวมทั้งหมด 30 คะแนน
4. เกณฑ์การให้คะแนนแบบฝึกทักษะแต่ละข้อ เป็นไปตามเกณฑ์การให้คะแนนในภาคผนวก

แบบฝึกทักษะ ข้อที่ 1

1. ลูกพิทลูกหนึ่งสูญเสียอิเล็กตรอนไป  $10^4$  ตัว แล้วลูกพิท นี้มีประจุไฟฟ้าเท่าไร

| วงจร<br>เดิมมี |              | 8 ขั้นตอนในการฝึกคิด<br>คำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์                                                                                         | ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โจทย์<br>ตามขั้นตอนในการฝึกคิดคำนวณ     |
|----------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1. P=Plan      | R=Read       | 1.อ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา<br>อย่างละเอียด 1 รอบ                                                                                     | -                                                              |
|                | T=Theory     | 2.เลือกใช้ทฤษฎีหรือองค์ความรู้ให้<br>สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา                                                                             |                                                                |
|                | O=Order      | 3.จัดระเบียบหรือดึงตัวแปรออกมา<br>จากโจทย์ปัญหาให้ครบทุกตัวและ<br>หน่วยของตัวแปรต้องเป็นหน่วย SI<br>เสมอ บางข้ออาจต้องวาด<br>ภาพประกอบ |                                                                |
|                | P=Pack       | 4.หาความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือ<br>เลือกสูตรที่เหมาะสมในการ<br>ฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหา                                                     |                                                                |
|                | S=Setting    | 5.แทนค่าตัวแปรลงในสูตรทุกตัว<br>แปรที่ทราบค่า                                                                                          |                                                                |
| 2. D=Do        | T=Train      | 6.ดำเนินการฝึกคิดคำนวณโจทย์<br>ปัญหาเพื่อหาคำตอบ                                                                                       |                                                                |
| 3.C=Check      | A=Answer     | 7.ได้คำตอบและตรวจสอบการ<br>ดำเนินการทุกขั้นตอนใหม่อีกครั้งหนึ่ง                                                                        |                                                                |
| 4.A=Action     | R=Reflection | 8.ผลการตรวจถูกต้องได้คำตอบ/<br>ผิดพลาดดำเนินการใหม่อีกครั้ง                                                                            | ได้คำตอบที่ถูกต้อง นำวิธีการไปใช้<br>ในการคำนวณข้ออื่น ๆ ต่อไป |

### แบบฝึกทักษะ ข้อที่ 2

2. จุดประจุ 2 ไมโครคูลอมป์ 3 จุดประจุ วางเรียงกันเป็นแนวเส้นตรงห่างกันช่วงละ 30 เซนติเมตร จงหาขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำต่อประจุตรงจุดกึ่งกลาง เมื่อ จุดประจุทั้งสามเป็นชนิดบวก

| วงจร<br>เดิมมี |              | 8 ขั้นตอนในการฝึกคิด<br>คำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์                                                                                         | ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โจทย์<br>ตามขั้นตอนในการฝึกคิดคำนวณ     |
|----------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1. P=Plan      | R=Read       | 1.อ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา<br>อย่างละเอียด 1 รอบ                                                                                     | -                                                              |
|                | T=Theory     | 2.เลือกใช้ทฤษฎีหรือองค์ความรู้ให้<br>สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา                                                                             |                                                                |
|                | O=Order      | 3.จัดระเบียบหรือดึงตัวแปรออกมา<br>จากโจทย์ปัญหาให้ครบทุกตัวและ<br>หน่วยของตัวแปรต้องเป็นหน่วย SI<br>เสมอ บางข้ออาจต้องวาด<br>ภาพประกอบ |                                                                |
|                | P=Pack       | 4.หาความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือ<br>เลือกสูตรที่เหมาะสมในการ<br>ฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหา                                                     |                                                                |
|                | S=Setting    | 5.แทนค่าตัวแปรลงในสูตรทุกตัว<br>แปรที่ทราบค่า                                                                                          |                                                                |
| 2. D=Do        | T=Train      | 6.ดำเนินการฝึกคิดคำนวณโจทย์<br>ปัญหาเพื่อหาคำตอบ                                                                                       |                                                                |
| 3.C=Check      | A=Answer     | 7.ได้คำตอบและตรวจสอบการ<br>ดำเนินการทุกขั้นตอนใหม่อีกครั้งหนึ่ง                                                                        |                                                                |
| 4.A=Action     | R=Reflection | 8.ผลการตรวจถูกต้องได้คำตอบ/<br>ผิดพลาดดำเนินการใหม่อีกครั้ง                                                                            | ได้คำตอบที่ถูกต้อง นำวิธีการไปใช้<br>ในการคำนวณข้ออื่น ๆ ต่อไป |

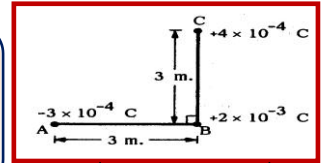
แบบฝึกทักษะ ข้อที่ 3

3. ประจุไฟฟ้า A หนึ่งมีปริมาณเป็น 2 เท่าของอีกประจุไฟฟ้า B วางห่างกัน 10 เซนติเมตร เกิดแรงกระทำขนาด 180 นิวตัน ถ้ามวลแล้วประจุไฟฟ้าที่มีค่าน้อยมีค่าเท่าไร

| วงจร<br>เดิมมี |              | 8 ขั้นตอนในการฝึกคิด<br>คำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์                                                                                          | ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โจทย์<br>ตามขั้นตอนในการฝึกคิดคำนวณ     |
|----------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1. P=Plan      | R=Read       | 1.อ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา<br>อย่างละเอียด 1 รอบ                                                                                      | -                                                              |
|                | T=Theory     | 2.เลือกใช้ทฤษฎีหรือองค์ความรู้ให้<br>สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา                                                                              |                                                                |
|                | O=Order      | 3.จัดระเบียบหรือตั้งตัวแปรออกมา<br>จากโจทย์ปัญหาให้ครบทุกตัวและ<br>หน่วยของตัวแปรต้องเป็นหน่วย SI<br>เสมอ บางข้ออาจต้องวาด<br>ภาพประกอบ |                                                                |
|                | P=Pack       | 4.หาความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือ<br>เลือกสูตรที่เหมาะสมในการ<br>ฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหา                                                      |                                                                |
|                | S=Setting    | 5.แทนค่าตัวแปรลงในสูตรทุกตัว<br>แปรที่ทราบค่า                                                                                           |                                                                |
| 2. D=Do        | T=Train      | 6.ดำเนินการฝึกคิดคำนวณโจทย์<br>ปัญหาเพื่อหาคำตอบ                                                                                        |                                                                |
| 3.C=Check      | A=Answer     | 7.ได้คำตอบและตรวจสอบการ<br>ดำเนินการทุกขั้นตอนใหม่อีกครั้งหนึ่ง                                                                         |                                                                |
| 4.A=Action     | R=Reflection | 8.ผลการตรวจถูกต้องได้คำตอบ/<br>ผิดพลาดดำเนินการใหม่อีกครั้ง                                                                             | ได้คำตอบที่ถูกต้อง นำวิธีการไปใช้<br>ในการคำนวณข้ออื่น ๆ ต่อไป |

### แบบฝึกทักษะ ข้อที่ 4

4. ประจุไฟฟ้า  $-3 \times 10^{-4} \text{ C}$ ,  $+2 \times 10^{-3} \text{ C}$  และ  $+4 \times 10^{-4} \text{ C}$  วางอยู่ที่จุด A B และ C ดังภาพ 1.9 แรงกระทำที่มีต่อประจุ  $+2 \times 10^{-3}$  มีขนาดเท่าไร



ภาพที่ 1.9 สำหรับข้อที่ 4

| วงจร<br>เดมมิง |              | 8 ขั้นตอนในการฝึกคิด<br>คำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์                                                                                           | ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โจทย์<br>ตามขั้นตอนในการฝึกคิดคำนวณ     |
|----------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1. P=Plan      | R=Read       | 1.อ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา<br>อย่างละเอียด 1 รอบ                                                                                       | -                                                              |
|                | T=Theory     | 2.เลือกใช้ทฤษฎีหรือองค์ความรู้ให้<br>สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา                                                                               |                                                                |
|                | O=Order      | 3.จัดระเบียบหรือตั้งตัวแปร<br>ออกมาจากโจทย์ปัญหาให้ครบทุก<br>ตัวและหน่วยของตัวแปรต้องเป็น<br>หน่วย SI เสมอ บางข้ออาจต้อง<br>วาดภาพประกอบ |                                                                |
|                | P=Pack       | 4.หาความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือ<br>เลือกสูตรที่เหมาะสมในการ<br>ฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหา                                                       |                                                                |
|                | S=Setting    | 5.แทนค่าตัวแปรลงในสูตรทุกตัว<br>แปรที่ทราบค่า                                                                                            |                                                                |
| 2. D=Do        | T=Train      | 6.ดำเนินการฝึกคิดคำนวณโจทย์<br>ปัญหาเพื่อหาคำตอบ                                                                                         |                                                                |
| 3. C=Check     | A=Answer     | 7.ได้คำตอบและตรวจสอบการ<br>ดำเนินการทุกขั้นตอนใหม่อีกครั้งหนึ่ง                                                                          |                                                                |
| 4. A=Action    | R=Reflection | 8.ผลการตรวจถูกต้องได้คำตอบ/<br>ผิดพลาดดำเนินการใหม่อีกครั้ง                                                                              | ได้คำตอบที่ถูกต้อง นำวิธีการไปใช้ใน<br>การคำนวณข้ออื่น ๆ ต่อไป |

แบบฝึกทักษะ ข้อที่ 5

5. ประจุ  $q$  คูლობ์ 2 ประจุ วางห่างกัน  $r$  เมตร เกิดแรงระหว่างประจุเท่ากับ  $F$  นิวตัน ถ้าเอาประจุ  $2q$  คูლობ์ วางห่างจากประจุ  $q$  คูლობ์ ห่างกัน  $r$  เมตร จะเกิดแรงระหว่างประจุเท่าไร

| วงจร<br>เดิมมี |              | 8 ขั้นตอนในการฝึกคิด<br>คำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์                                                                                           | ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โจทย์<br>ตามขั้นตอนในการฝึกคิดคำนวณ        |
|----------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 1. P=Plan      | R=Read       | 1.อ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา<br>อย่างละเอียด 1 รอบ                                                                                       | -                                                                 |
|                | T=Theory     | 2.เลือกใช้ทฤษฎีหรือองค์ความรู้ให้<br>สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา                                                                               |                                                                   |
|                | O=Order      | 3.จัดระเบียบหรือตั้งตัวแปร<br>ออกมาจากโจทย์ปัญหาให้ครบทุก<br>ตัวและหน่วยของตัวแปรต้องเป็น<br>หน่วย SI เสมอ บางข้ออาจต้อง<br>วาดภาพประกอบ |                                                                   |
|                | P=Pack       | 4.หาความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือ<br>เลือกสูตรที่เหมาะสมในการ<br>ฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหา                                                       |                                                                   |
|                | S=Setting    | 5.แทนค่าตัวแปรลงในสูตรทุกตัว<br>แปรที่ทราบค่า                                                                                            |                                                                   |
| 2. D=Do        | T=Train      | 6.ดำเนินการฝึกคิดคำนวณโจทย์<br>ปัญหาเพื่อหาคำตอบ                                                                                         |                                                                   |
| 3. C=Check     | A=Answer     | 7.ได้คำตอบและตรวจสอบการ<br>ดำเนินการทุกขั้นตอนใหม่อีกครั้งหนึ่ง                                                                          |                                                                   |
| 4. A=Action    | R=Reflection | 8.ผลการตรวจถูกต้องได้คำตอบ/<br>ผิดพลาดดำเนินการใหม่อีกครั้ง                                                                              | ได้คำตอบที่ถูกต้อง นำวิธีการไปใช้ในการ<br>การคำนวณข้ออื่น ๆ ต่อไป |

แบบทดสอบหลังเรียน

แบบทดสอบหลังเรียน

**คำชี้แจง** 1. ให้นักเรียนเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในแบบบันทึกคะแนนแบบทดสอบ

2. แบบทดสอบมีจำนวนทั้งหมด 10 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวม 10 คะแนน ใช้เวลา 30 นาที

1. เมื่อนำไม้บรรทัดถูกับผ้าสักหลาดแล้วเกิดประจุไฟฟ้า เพราะเหตุใด

- ก. ประจุเกิดจากแรงเสียดทาน
- ข. การทำให้มีประจุชนิดหนึ่งขึ้นมา
- ค. ประจุถ่ายเทจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง
- ง. ประจุเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างมวลของวัตถุทั้งสอง

2. วัตถุที่สูญเสียอิเล็กตรอนให้กับวัตถุอื่น วัตถุนั้นจะแสดงอำนาจไฟฟ้าตามข้อใด

- ก. มีอำนาจไฟฟ้าเป็นบวก
- ข. มีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า
- ค. มีอำนาจทางไฟฟ้าเป็นประจุลบ
- ง. แสดงอำนาจทั้งบวกและลบสลับกัน

3. จุดประจุ ขนาด 4 และ -6 ไมโครคูลอมบ์ วางห่างกัน  $d$  เซนติเมตร เกิดแรงกระทำระหว่าง ประจุ 12 นิวตัน ถ้านำไปวางห่างกัน  $d/2$  เซนติเมตร จะเกิดแรงกระทำระหว่างประจุทั้งสองขนาดเท่าไร

- ก. 40 นิวตัน
- ข. 48 นิวตัน
- ค. 30 นิวตัน
- ง. 38 นิวตัน

4. ลูกพิท 2 ลูก แต่ละลูกมีประจุไฟฟ้า 1 ไมโครคูลอมบ์ เมื่อวางห่างกัน 50 เซนติเมตร และลูกพิทนี้ มีขนาดเล็กมาก จนถือได้ว่าเป็นจุด จงหาว่าเกิดแรงกระทำบนลูกพิทกี่นิวตัน

- ก.  $7.2 \times 10^{-2}$  นิวตัน
- ข.  $5.6 \times 10^{-2}$  นิวตัน
- ค.  $4.8 \times 10^{-2}$  นิวตัน
- ง.  $3.6 \times 10^{-2}$  นิวตัน

5. เมื่อวางลูกพิทที่มีประจุห่างกัน 4 เซนติเมตร ปรากฏว่ามีแรงกระทำต่อกัน  $10^{-4}$  นิวตัน ถ้าวางลูกพิททั้งสอง ห่างกัน 8 เซนติเมตร จะมีแรงกระทำระหว่างกันเท่าไร

- ก.  $2.5 \times 10^{-6}$  นิวตัน
- ข.  $2.0 \times 10^{-6}$  นิวตัน
- ค.  $2.5 \times 10^{-5}$  นิวตัน
- ง.  $2.0 \times 10^{-5}$  นิวตัน



**แบบทดสอบหลังเรียน**

6. อนุภาค A มีประจุเป็น 2 เท่าของประจุอนุภาค B อนุภาคทั้งสองอยู่ห่างกัน  $\sqrt{1.8}$  เซนติเมตร เกิดแรงกระทำ 1 นิวตัน จงหาว่าประจุอนุภาค B จะต้องมีความเท่าไร

- ก.  $2.0 \times 10^{-7}$  คูลอมป์
- ข.  $1.0 \times 10^{-7}$  คูลอมป์
- ค.  $2.0 \times 10^{-6}$  คูลอมป์
- ง.  $1.0 \times 10^{-6}$  คูลอมป์

7. จุดประจุขนาด 6 ไมโครคูลอมป์ 3 จุดประจุ วางห่างกันเป็นแนวเส้นตรงห่างกันช่วงละ 30 เซนติเมตร จงหาขนาดของแรงที่กระทำต่อจุดประจุตรงจุดกึ่งกลาง เมื่อจุดประจุที่ปลายข้างหนึ่งเป็นชนิดลบ และตรงจุดกึ่งกลางกับปลายอีกข้างหนึ่งเป็นชนิดบวก

- ก. 7.2 นิวตัน
- ข. 5.6 นิวตัน
- ค. 4.2 นิวตัน
- ง. 3.6 นิวตัน

8. อะตอมไฮโดรเจนประกอบด้วยโปรตอน 1 ตัว และอิเล็กตรอน 1 ตัว อยู่ห่างกัน  $5.3 \times 10^{-11}$  เมตร แต่ละตัวมีประจุไฟฟ้า  $1.6 \times 10^{-19}$  คูลอมป์ อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบๆ โปรตอน จงหาแรงกระทำระหว่างโปรตอนกับอิเล็กตรอนว่ามีขนาดเท่าไร

- ก.  $8.2 \times 10^{-9}$  นิวตัน
- ข.  $8.2 \times 10^{-8}$  นิวตัน
- ค.  $8.2 \times 10^{-7}$  นิวตัน
- ง.  $8.2 \times 10^{-6}$  นิวตัน

9. ประจุ  $2.0 \times 10^{-4}$  คูลอมป์ และ  $-3.0 \times 10^{-4}$  คูลอมป์ เมื่อนำมาวางห่างกัน 30 เซนติเมตร จะเกิดแรงกระทำระหว่างกันขนาดเท่าไร

- ก.  $6.0 \times 10^3$  นิวตัน
- ข.  $2.0 \times 10^{-6}$  นิวตัน
- ค.  $1.8 \times 10^4$  นิวตัน
- ง.  $6.0 \times 10^{-1}$  นิวตัน

**แบบทดสอบหลังเรียน**

10. จุดประจุ A มีปริมาณประจุไฟฟ้าเป็น 2 เท่าของจุดประจุ B เมื่อนำมาวางห่างกัน 10 เซนติเมตร เกิดแรงกระทำขนาด 180 นิวตัน แล้วจุดประจุ B จะต้องมึประจุไฟฟ้าเท่าไร

ก.  $1.0 \times 10^{-7}$  คูลอมป์

ข.  $1.0 \times 10^{-6}$  คูลอมป์

ค.  $1.0 \times 10^{-5}$  คูลอมป์

ง.  $1.0 \times 10^{-4}$  คูลอมป์

แบบบันทึกคะแนนแบบทดสอบ ก่อนเรียน – หลังเรียน

เรื่อง ประจุไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน

| ข้อ | ก | ข | ค | ง |
|-----|---|---|---|---|
| 1   |   |   |   |   |
| 2   |   |   |   |   |
| 3   |   |   |   |   |
| 4   |   |   |   |   |
| 5   |   |   |   |   |
| 6   |   |   |   |   |
| 7   |   |   |   |   |
| 8   |   |   |   |   |
| 9   |   |   |   |   |
| 10  |   |   |   |   |

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน

| ข้อ | ก | ข | ค | ง |
|-----|---|---|---|---|
| 1   |   |   |   |   |
| 2   |   |   |   |   |
| 3   |   |   |   |   |
| 4   |   |   |   |   |
| 5   |   |   |   |   |
| 6   |   |   |   |   |
| 7   |   |   |   |   |
| 8   |   |   |   |   |
| 9   |   |   |   |   |
| 10  |   |   |   |   |

ตาราง 1.3 บันทึกสรุปผลคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน

| ที่                                 | รายการประเมิน     | คะแนนเต็ม | คะแนนที่ได้ | ร้อยละ |
|-------------------------------------|-------------------|-----------|-------------|--------|
| 1                                   | แบบทดสอบก่อนเรียน | 10        |             |        |
| 2                                   | แบบฝึกทักษะ       | 30        |             |        |
| 3                                   | แบบทดสอบหลังเรียน | 10        |             |        |
|                                     | รวมคะแนนทั้งหมด   | 50        |             |        |
| แบบทดสอบหลังเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 |                   |           |             |        |

### บรรณานุกรม

ช่วง ทมทิตชงค์และคณะ, “ฟิสิกส์ ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้าและแม่เหล็ก1-2”, กรุงเทพมหานคร :

สำนักพิมพ์ Hi-ED, 2550.

\_\_\_\_\_, “Hi-ED’s Physics ฟิสิกส์ ม.6 เล่ม 1”. กรุงเทพมหานคร :

เทพพิทักษ์การพิมพ์, 2551.

นิรันดร์ สุวรัตน์, “คู่มือฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 4”, กรุงเทพมหานคร : พัฒนาศึกษา, 2544

พิสิฏฐ์ วัฒนพดุงศักดิ์, “ไฟฟ้าสถิต”, สถาบันกวดวิชา Neo Physics Center, 2552.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม

**ฟิสิกส์ เล่ม 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6.**

กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว, 2555.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม**

**ฟิสิกส์ เล่ม 3.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว, 2548.

ธีรพงษ์ แสงสิทธิ์. (2008). **อะตอมและอนุภาคมูลฐาน**. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม 2558, จาก

[http://nakhamwit.ac.th/pingpong\\_web/m&c\\_web/Content\\_06.html](http://nakhamwit.ac.th/pingpong_web/m&c_web/Content_06.html)

ปรน วรรณรัตน์. (2012). **ประจุไฟฟ้า**. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม 2558, จาก

<http://www.vcharkarn.com/lesson/1340>

ปรน วรรณรัตน์. (2012). **ประจุไฟฟ้า**. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม 2558, จาก

<http://www.vcharkarn.com/lesson/1194>

สมพร เหล่าทองสาร. (2012). **อิเล็กโตรสโคป**. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม 2558, จาก

<http://www.slideshare.net/somporndb/electroscope-13688574>

ภาคผนวก

เกณฑ์การให้คะแนนแบบฝึกทักษะ

| 8 ขั้นตอนในการฝึกคิด<br>คำนวณโจทย์ปัญหาฟิสิกส์                                                                                          | คะแนน           | เกณฑ์การให้คะแนน                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.อ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา<br>อย่างละเอียด 1 รอบ                                                                                      | -               | -                                                                                                                                                                                                                  |
| 2.เลือกใช้ทฤษฎีหรือองค์ความรู้<br>ให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา                                                                              | 1.0<br>0.5<br>0 | =เลือกทฤษฎีได้ถูกต้อง ครบถ้วน นำไปใช้หาคำตอบได้<br>=เลือกทฤษฎีได้ถูกต้องแต่เขียนไม่ครบถ้วน ไม่ชัดเจน<br>=ไม่ตอบ เลือกทฤษฎีไม่ถูกต้อง ไม่สามารถนำไปใช้หาคำตอบ                                                       |
| 3.จัดระเบียบหรือดึงตัวแปร<br>ออกมาจากโจทย์ปัญหาให้ครบ<br>ทุกตัวและหน่วยของตัวแปรต้อง<br>เป็นหน่วย SI เสมอ บางข้ออาจ<br>ต้องวาดภาพประกอบ | 1.0<br>0.5<br>0 | =เปลี่ยนปริมาณเป็นสัญลักษณ์ หน่วยถูกต้อง วาดภาพ<br>ประกอบได้ถูกต้อง(บางข้อ) ครบถ้วนทุกปริมาณ<br>=เปลี่ยนปริมาณเป็นสัญลักษณ์ หน่วยไม่ถูกต้อง ไม่ครบ<br>=ไม่ตอบ เปลี่ยนปริมาณเป็นสัญลักษณ์ไม่ครบ หน่วยไม่<br>ถูกต้อง |
| 4.หาความสัมพันธ์ของตัวแปร<br>หรือเลือกสูตรที่เหมาะสมในการ<br>ฝึกคิดคำนวณโจทย์ปัญหา                                                      | 1.0<br>0.5<br>0 | =เลือกสูตร หลักการมาใช้คำนวณได้ถูกต้อง ครบถ้วน<br>=เลือกสูตร หลักการมาใช้คำนวณได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน<br>=ไม่ตอบ เลือกสูตรหลักการมาใช้คำนวณได้ไม่ถูกต้อง ไม่ครบ                                                   |
| 5.แทนค่าตัวแปรลงในสูตรทุกตัว<br>แปรที่ทราบค่า                                                                                           | 1.0<br>0.5<br>0 | =แทนค่าตัวแปรทุกตัวได้ถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์<br>=แทนค่าตัวแปรทุกตัวได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน<br>=ไม่ตอบ แทนค่าไม่ครบ ไม่ถูกต้อง ไม่ครบถ้วน                                                                         |
| 6.ดำเนินการฝึกคิดคำนวณโจทย์<br>ปัญหาเพื่อหาคำตอบ                                                                                        | 1.0<br>0.5<br>0 | =คำนวณได้ถูกต้อง ครบถ้วน ตามขั้นตอน<br>=คำนวณได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน ตามขั้นตอน<br>=ไม่ตอบ คำนวณได้ไม่ถูกต้อง ไม่ครบตามขั้นตอน                                                                                    |
| 7.ได้คำตอบและตรวจสอบการ<br>ดำเนินการทุกขั้นตอนใหม่อีกครั้ง<br>หนึ่ง                                                                     | 1.0<br>0.5<br>0 | =คำตอบถูกต้อง หน่วยถูกต้อง ชัดเจน<br>=คำตอบถูกต้อง แต่หน่วยไม่ถูกต้อง ไม่ชัดเจน<br>=ไม่ตอบ คำตอบไม่ถูกต้อง หน่วยไม่ถูกต้อง ไม่ชัดเจน                                                                               |
| 8.ผลการตรวจถูกต้องได้คำตอบ/<br>ผิดพลาดดำเนินการใหม่อีกครั้ง                                                                             | -               | -                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>คะแนนรวม</b>                                                                                                                         | <b>6.0</b>      | -                                                                                                                                                                                                                  |