

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

วิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

ชุดที่ 1 ประจุไฟฟ้า

นายสรารัฐ กิ่งภาพ

ตำแหน่งครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ



กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเขาทราชบค้อพิทย

อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 41

คำนำ

กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมิน ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้โอกาสนักเรียนได้ฝึกการคิด การสังเกต การถามตอบ การสื่อสาร การเชื่อมโยง บูรณาการ การนำเสนอ การวิเคราะห์วิจารณ์ และสร้างองค์ความรู้ โดยมีครูเป็นผู้กำกับ ควบคุม ดำเนินการให้คำปรึกษา ชี้แนะ ช่วยเหลือ ให้กำลังใจกระตุ้น ส่งเสริมให้นักเรียนคิด อยากรู้ อยากเห็น สืบเสาะหาความรู้จากการถามคำถาม และพยายามค้นหาคำตอบ หรือสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการคิด การปฏิบัติการทดลอง และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204 หน่วยการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ประจุไฟฟ้า จัดทำขึ้นเพื่อให้นักเรียนใช้ประกอบการเรียนและส่งเสริมการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ พัฒนาการคิดโดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) จุดเด่นของกิจกรรมชุดนี้ คือเป็นการให้นักเรียนได้เรียนรู้ และทำความเข้าใจด้วยตนเอง และสามารถปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยผ่านกิจกรรมและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เล่มนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ของนักเรียน และผู้ที่สนใจ เกิดความรู้และทำให้เข้าใจเรื่องไฟฟ้าสถิตดียิ่งขึ้น

สรารุช กิ่งภาพ

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	
สารบัญ	
คำชี้แจงเกี่ยวกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้	1
ส่วนที่ 1 คู่มือครู	2
คำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับครูผู้สอน	3
แผนผังความคิดสำคัญ	5
แผนการจัดการเรียนรู้	6
บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้	12
แบบประเมินการเขียนรายงานการทดลอง	14
แบบประเมินการทักษะการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง	16
แบบสรุปการประเมินผลการเรียนรู้	18
ส่วนที่ 2 ชุดกิจกรรมสำหรับนักเรียน	19
คำชี้แจงสำหรับนักเรียน	20
ใบมอบหมายงาน	21
แบบทดสอบก่อนเรียน	22
กระดาษคำตอบ	24
กิจกรรมที่ 1 การทดลอง เรื่องไฟฟ้าสถิต	25
ใบความรู้ที่ 1 เรื่องประจุไฟฟ้า	28
ใบความรู้เพิ่มเติมหน่วยการเรียนรู้ไฟฟ้าสถิต	31
ใบงานที่ 1 เรื่อง ประจุไฟฟ้า	32
แบบทดสอบหลังเรียน	33
เฉลยคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน	35
แนวการตอบกิจกรรมที่ 1 การทดลอง เรื่องไฟฟ้าสถิต	36
แนวทางการตอบใบงานที่ 1 เรื่องประจุไฟฟ้า	39
เฉลยคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน	40
แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	41
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก อนุภาคมูลฐาน (Elementary Particles)	43
ภาคผนวก ข ลำดับขั้นตอนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	49

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ค ความรู้เกี่ยวกับการเขียนรายงานการทดลอง	51
ภาคผนวก ง ความรู้เบื้องต้นเรื่องทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง	55
ภาคผนวก จ ดัชนีคำศัพท์	57
บรรณานุกรม	58

คำชี้แจงเกี่ยวกับชุดกิจกรรมการเรียนรู้

รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204

หน่วยการเรียนรู้ เรื่องไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เป็นเอกสารที่ใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติ และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาการเรียนรู้ เกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา โดยเน้นให้นักเรียนได้ศึกษาและปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม มีโอกาสแสดงความคิดเห็นและช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการแก้ปัญหา ในการใช้ชุดกิจกรรมนี้ครูต้องให้นักเรียนปฏิบัติตามคำสั่งและใช้เวลาตามที่กำหนดอย่างเคร่งครัด จึงจะทำให้การเรียนการสอนประสบผลสำเร็จ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204 หน่วยการเรียนรู้ เรื่องไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แบ่งออกเป็น เป็น 8 ชุด ดังนี้

- ชุดที่ 1 ประจุไฟฟ้า
- ชุดที่ 2 กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า
- ชุดที่ 3 การเหนี่ยวนำไฟฟ้า
- ชุดที่ 4 แรงระหว่างประจุ
- ชุดที่ 5 สนามไฟฟ้า
- ชุดที่ 6 ศักย์ไฟฟ้า
- ชุดที่ 7 ตัวเก็บประจุ
- ชุดที่ 8 การนำไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204 หน่วยการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แบ่งออกเป็น แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- ส่วนที่ 1 คู่มือครู
- ส่วนที่ 2 ชุดกิจกรรมสำหรับนักเรียน

ส่วนที่ 1 คู่มือครู

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ชุดที่ 1

ประจุไฟฟ้า



คำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับครูผู้สอน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204 หน่วยการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าสถิต ชุดที่ 1 เรื่อง ประจุไฟฟ้า ในส่วนที่ 1 ซึ่งเป็นคู่มือครู มีส่วนประกอบดังนี้

1. คำชี้แจงสำหรับครูผู้สอน
2. แผนผังความคิดสำคัญ
3. แผนการจัดการเรียนรู้
4. บันทึกหลังการเรียนรู้
5. แบบประเมินการทักษะการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง
6. แบบประเมินการเขียนรายงานการทดลอง
7. แบบสรุปการประเมินผลการเรียนรู้

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204 หน่วยการเรียนรู้ไฟฟ้าสถิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ชุดที่ 1 เรื่อง ประจุไฟฟ้า ครูผู้สอนควรปฏิบัติดังนี้

1. ก่อนใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูผู้สอนต้องศึกษาขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบประเมิน วิธีการประเมินด้านต่างๆ ให้เข้าใจ เตรียมการจัดการชั้นเรียน สื่อการเรียนรู้ อุปกรณ์การทดลองที่ประกอบการจัดการเรียนรู้ให้พร้อม
2. ก่อนเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดนี้ ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน
3. ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมนี้ ครูผู้สอนแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ ละ 5 คน โดยคละนักเรียนที่เก่ง ปานกลาง และอ่อน ซึ่งอาจให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดด้วยก็ได้
4. ก่อนทำกิจกรรมทุกครั้งครูต้องอธิบาย ชี้แจงวิธีการปฏิบัติกิจกรรมให้ชัดเจน โดยนักเรียนต้องอ่านใบมอบหมายงานเป็นอันดับแรกและปฏิบัติตามจนกระทั่งเสร็จกิจกรรม
5. ครูผู้สอนจะต้องจัดกิจกรรมตามที่ระบุไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้กิจกรรมเป็นไปอย่างต่อเนื่องและบรรลุตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
6. ครูผู้สอนต้องสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนอย่างใกล้ชิด ดูแลและให้คำปรึกษาหรือแนะนำนักเรียน ขณะที่นักเรียนเกิดปัญหา เพื่อให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมจนสำเร็จลุล่วง
7. กำกับการทำกิจกรรมของนักเรียนให้ถูกต้อง และเสร็จทันเวลา เพื่อให้ นักเรียนสามารถเรียนรู้จากการทำกิจกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ
8. ก่อนทำกิจกรรมการทดลองให้ครูต้องคอยดูแล ควบคุม ให้คำปรึกษาแนะนำ พร้อมกับประเมินทักษะการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง หลังจากนักเรียนทำกิจกรรมการทดลอง ตอบคำถาม บันทึกผลสรุปผล แล้วให้นักเรียนส่งตัวแทนอภิปรายหน้าชั้นเรียน ครูและเพื่อนนักเรียนร่วมแสดงความคิดเห็นและร่วมอภิปรายผลที่ได้จากการทำกิจกรรมการทดลอง การตอบคำถาม หลังจากนั้นเก็บข้อมูลดังกล่าวนำไปเขียนรายงานการทดลอง และนำรายงานผลการทดลองส่งครูผู้สอน เพื่อประเมินผลก่อนเจกกันใบคาบถัดไป

9. ครูผู้สอนเป็นผู้ประเมินทักษะการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง การเขียนรายงานการทดลองและสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนทุกคนในแต่ละกลุ่ม

10. ให้นักเรียนทำใบงานเพื่อทบทวนความรู้และความเข้าใจหลังจากการทำกิจกรรม

11. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน เมื่อเสร็จสิ้นการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดนี้

12. ครูผู้สอนให้นักเรียนทุกคนทำแบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ พร้อมกำกับให้นักเรียนตอบคำถามด้วยความซื่อสัตย์แล้วจัดเก็บส่งครูผู้สอน

ข้อคำนึงของครูผู้สอน

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูผู้สอนควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองมากที่สุด
2. ครูควรเน้นให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม เพื่อเป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักการทำงานร่วมกัน ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน รับผิดชอบต่อหน้าที่และกล้าแสดงออก
3. ครูควรให้คำชมเชยและให้กำลังใจกับนักเรียนหลังทำกิจกรรม

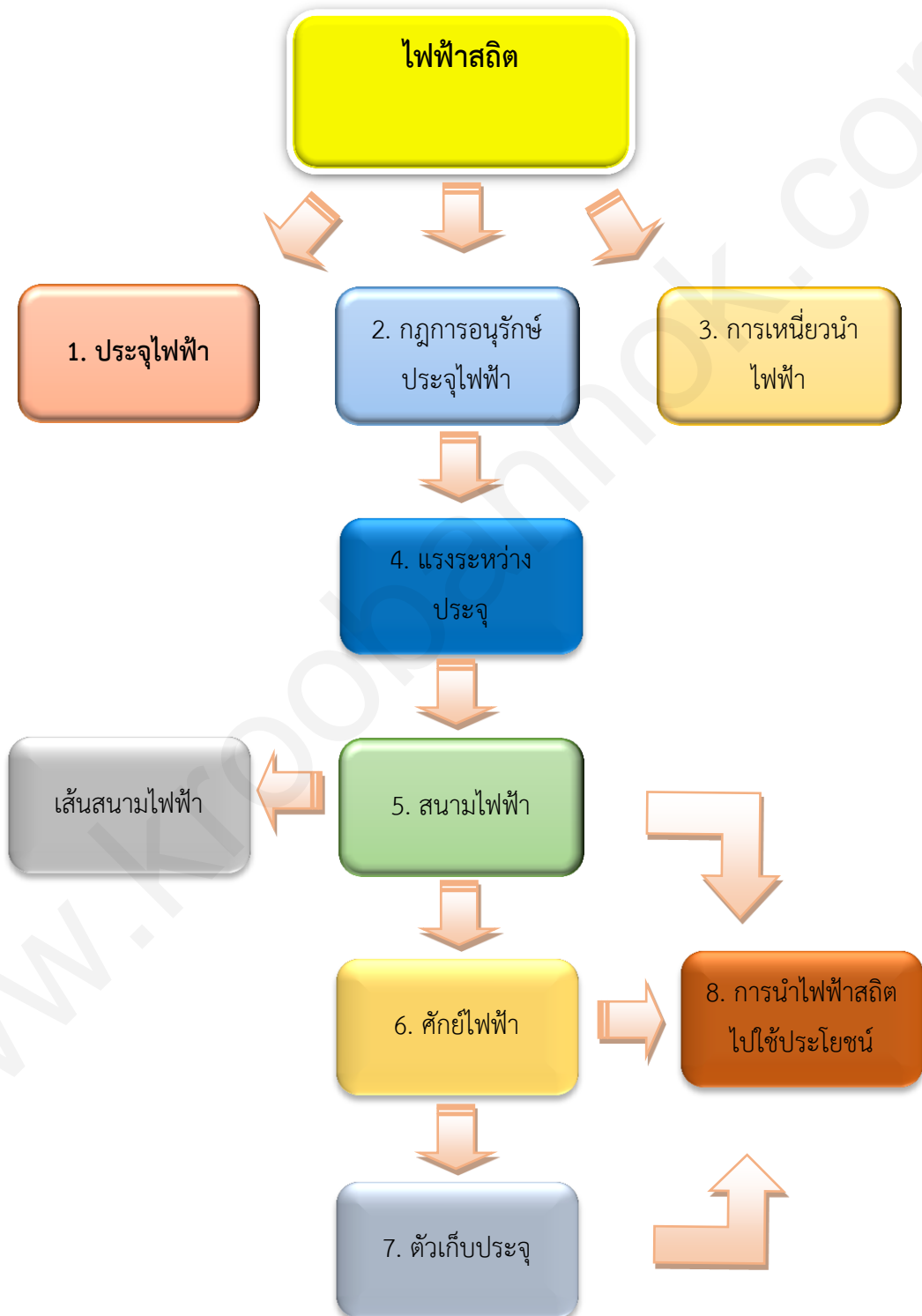
บทบาทของนักเรียน

ครูผู้สอนต้องกระตุ้นให้นักเรียนมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในขณะให้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

1. นักเรียนทำความเข้าใจวิธีการเรียนรู้ด้วยการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคำชี้แจง
2. นักเรียนต้องปฏิบัติตามใบมอบหมายงานที่ได้รับไว้ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ครบถ้วน
3. นักเรียนต้องเรียนรู้การทำงานเป็นกลุ่ม รู้จักทำงานเป็นทีม เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี
4. นักเรียนต้องมีความรับผิดชอบในการปฏิบัติกิจกรรม
5. นักเรียนต้องประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของตนเอง เมื่อเสร็จสิ้นการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ชุดนี้

แผนผังความคิดสำคัญ (Big Ideas)

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าสถิต รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
เรื่อง ประจุไฟฟ้า เวลา 2 ชั่วโมง

1. มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด 1. ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุม และเชื่อถือได้

2. สาระสำคัญ

เมื่อถูแผ่นฟิวซ์ด้วยผ้าสักหลาดแล้วนำแผ่นฟิวซ์เข้าใกล้กระดาษขี้เส้นเล็กๆ หรือขนนก พบว่ากระดาษ และขนนกถูกแผ่นฟิวซ์ดูด แสดงว่าแผ่นฟิวซ์มีแรงกระทำกับกระดาษและขนนก เรียกแรงนี้ว่า **แรงระหว่างประจุไฟฟ้า (force between electric charges)** และต้นเหตุที่ทำให้เกิดแรงนี้คือ **ประจุไฟฟ้า (electric charge)** หรือเรียกสั้นๆ ว่า **ประจุ (charge)**

3. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ด้านความรู้

- อธิบายความหมาย การเกิดและยกตัวอย่างเกี่ยวกับของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของไฟฟ้าได้
- บอกการเกิดชนิดของประจุไฟฟ้าบนวัตถุที่นำมาถูกัน เมื่อกำหนดลำดับของการเกิดชนิดประจุไฟฟ้าจากการถูมาให้
- อธิบายความหมาย ทำการทดลอง ศึกษาสมบัติของประจุไฟฟ้า การเกิดประจุไฟฟ้าชนิดของประจุและตรวจสอบได้

ด้านทักษะกระบวนการ

- ทักษะการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง
- ทักษะการเขียนรายงานการทดลอง

ด้าน คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ตรงต่อเวลา
2. มีวินัย
3. ความสนใจใฝ่รู้
4. จิตวิทยาาสตร์
5. ทำงานกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

4. สารการเรียนรู้

ไฟฟ้าสถิต (Electrostatics) เป็นแขนงวิชาไฟฟ้าที่กล่าวถึงวิชาไฟฟ้าที่ปรากฏอยู่เนื่งกับที่ เป็นที่ทราบกันมาแต่สมัยโบราณแล้ว คือ เมื่อนำฟิวซีมาถูกับผ้าแพร หรือถูกับผ้าสักหลาดแล้วฟิวซีสามารถดูดของเบาๆ ได้เช่น ขนนก ขี้นกระดากๆ เป็นต้น

การที่วัตถุสองชนิดที่นำมาถูกันแล้ว เกิดมีอำนาจดูดของเบาๆ ได้นั้น เรียกว่า วัตถุทั้งสองต่างเกิดมี **ประจุไฟฟ้า (charge)** ขึ้น การกระทำที่ทำให้วัตถุเกิดมีสถานะไฟฟ้าขึ้น เรียกว่า **การชาร์จ (charge)** วัตถุ หรือ **electrify** วัตถุ เมื่อวัตถุนั้น หมดอำนาจไฟฟ้าแล้ว เรียกว่า **วัตถุนั้นเป็นกลาง (neutral)**

5 . แนวทางการประเมิน

5.1 ด้านความรู้ (K) นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า

วิธี การประเมิน	เครื่องมือ การประเมิน	เกณฑ์ การประเมิน	ระดับ คะแนน	ความหมาย	เกณฑ์การผ่าน
การทดสอบ	แบบทดสอบ ก่อนเรียน จำนวน 10 ข้อ	ตอบถูก 9-10 ข้อ ตอบถูก 7-8 ข้อ ตอบถูก 5-6 ข้อ ตอบถูก 0-4 ข้อ	9-10 7-8 5-6 0-4	ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง	ระดับ คะแนน 5 ขึ้นไป
การทดสอบ	ใบงานที่ 1 (อัตรณ์) จำนวน 10 ข้อ	ตอบถูก 9-10 ข้อ ตอบถูก 7-8 ข้อ ตอบถูก 5-6 ข้อ ตอบถูก 0-4 ข้อ	9-10 7-8 5-6 0-4	ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง	ระดับ คะแนน 5 ขึ้นไป
การทดสอบ	แบบทดสอบ หลังเรียน จำนวน 10 ข้อ	ตอบถูก 9-10 ข้อ ตอบถูก 7-8 ข้อ ตอบถูก 5-6 ข้อ ตอบถูก 0-4 ข้อ	9-10 7-8 5-6 0-4	ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง	ระดับ คะแนน 5 ขึ้นไป

5.2 ด้านทักษะกระบวนการ (P) การจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

วิธีการประเมิน	เครื่องมือการประเมิน	เกณฑ์การประเมินระดับคะแนน	ความหมาย	เกณฑ์การผ่าน
รายงานการทดลอง	แบบประเมินการเขียนรายงานการทดลอง	14-15 คะแนน 12-13 คะแนน 8-11 คะแนน 1-7 คะแนน	ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง	ระดับคะแนน 8 ขึ้นไป
สังเกตทักษะการทดลอง	แบบประเมินทักษะการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง	14-15 คะแนน 12-13 คะแนน 8-11 คะแนน 1-7 คะแนน	ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง	ระดับคะแนน 8 ขึ้นไป

5.3 ด้านคุณธรรม จริยธรรม (A) ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 ว33204 เรื่อง ปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า ประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรม ดังนี้

- **ตรงต่อเวลา** หมายถึง เข้าเรียนตรงเวลา และเข้าเรียนเต็มเวลา
- **มีวินัย** หมายถึง แต่งกายถูกระเบียบของโรงเรียน สะอาดเรียบร้อย
- **ความสนใจใฝ่รู้** หมายถึง นักเรียนให้ความร่วมมือในการเรียนรู้ การตอบคำถาม การแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล
- **จิตวิทยาศาสตร์** หมายถึง ลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดขึ้นจากการศึกษาหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อันได้แก่ ความซื่อสัตย์ รอบคอบ
- **ทำงานกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์** หมายถึง มีความเป็นประชาธิปไตย ยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น ไม่ยึดมั่นในความคิดตนเอง ยอมรับการเปลี่ยนแปลง

วิธีการประเมิน	เครื่องมือการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ความหมาย	เกณฑ์การผ่าน
นักเรียนสังเกตพฤติกรรมของตนเอง	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	22-25 คะแนน 18-21 คะแนน 13-17 คะแนน 0-12 คะแนน	ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง	ระดับคะแนน 13 ขึ้นไป

6. ภาระงาน / ชิ้นงาน / การปฏิบัติ

- 6.1 ศึกษาวิดีโอความรู้ เรื่อง ประจุไฟฟ้า, ฟาผ่า
- 6.2 แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง ประจุไฟฟ้า
- 6.3 ใบความรู้ที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ไฟฟ้าสถิต เรื่อง ประจุไฟฟ้า
- 6.4 กิจกรรมที่ 1 การทดลอง เรื่อง ไฟฟ้าสถิต
- 6.5 ใบงานที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ไฟฟ้าสถิต เรื่อง ประจุไฟฟ้า
- 6.6 แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง ประจุไฟฟ้า

7. กระบวนการจัดการเรียนรู้

7.1 ขั้นสร้างความสนใจ

- 1) ครูพูดคุยซักถามนักเรียน ตรวจสอบรายชื่อนักเรียน แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และการวัดผลประเมินผล ประเมินด้านความรู้ ด้านทักษะกระบวนการ คุณธรรม จริยธรรม การเข้าเรียน ความเป็นวินัย ความสนใจใฝ่รู้
- 2) ครูเปิดประเด็นการสอนเรื่อง ความเป็นอยู่ในช่วงที่ยังไม่มีไฟฟ้า ตามด้วยการตั้งคำถามเกี่ยวกับพลังงานคืออะไร มีความสำคัญอย่างไร พลังงานชนิดไหนบ้างที่นักเรียนรู้จัก มีแหล่งพลังงานจากที่ไหนบ้าง และถ้าขาดพลังงานจะเป็นอย่างไร
- 3) ให้นักเรียนทุกคนตั้งใจทำแบบทดสอบก่อนเรียน โดยใช้เวลา 10 นาที แล้วให้นักเรียนเปลี่ยนกันตรวจคำตอบ พร้อมบันทึกคะแนนที่ได้ลงในกระดาษคำตอบ
- 4) ครูตั้งคำถามต่อ “ไฟฟ้าคืออะไร” “ไฟฟ้ามาจากไหน” “ไฟฟ้าเกิดขึ้นได้อย่างไร”

7.2 ขั้นสำรวจและค้นหา

- 1) ครูเปิดคลิปฟ้าแลบ ฟาผ่า คลิปวิดีโอการเกิดไฟฟ้าสถิตจากเครื่องกำเนิดแวนเดอร์กราฟ หรืออาจใช้แบตเตอรี่ไฟฟ้า 12 โวลต์ ที่สามารถ สร้างประกายไฟได้ ก็จะดึงดูดความสนใจ ได้มากขึ้น แล้วจึงนำให้นักเรียนร่วมกันอธิบาย ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น
- 2) ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 5 คน โดยครูเน้นให้มีคนเก่งกระจายอยู่ทุกกลุ่ม ซึ่งนักเรียนสามารถมีส่วนร่วมในการจัดกลุ่มได้ตาม หรือครูจัดด้วยวิธีการสุ่มตามวิธีการหรือเกณฑ์ของครู แล้วให้นักเรียนเลือกตัวแทนในกลุ่มเป็นประธานและรองประธานกลุ่ม
- 3) ครูแจกเอกสาร พร้อมอุปกรณ์กิจกรรมการทดลอง เพื่อให้นักเรียนร่วมกันศึกษาและลงมือปฏิบัติในการทำกิจกรรมที่ 1 การทดลอง เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ด้วยการตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตอบคำถามก่อนและหลังทำกิจกรรมการทดลอง กระตุ้นนักเรียนด้วยการบอกคะแนนเพิ่มสำหรับกลุ่มที่ปฏิบัติกิจกรรมได้เสร็จก่อนและตอบคำถามได้ถูกต้อง โดยครูคอยให้คำแนะนำ ปรึกษาอยู่ใกล้ๆ พร้อมกับสังเกตพฤติกรรมเพื่อประเมินทักษะการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

4) ครูแจกใบงานที่ 1 เรื่อง ประจุไฟฟ้า ให้นักเรียนแต่ละคน เพื่อทบทวนความรู้เพิ่มเติมจากกิจกรรมการทดลองให้เข้าใจยิ่งขึ้น

7.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

1) สุ่มนักเรียนในแต่ละกลุ่มออกมาอภิปราย สรุปและยกตัวอย่างปรากฏการณ์ที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิต กลุ่มละ 1 คน

2) ครูและนักเรียนร่วมอภิปรายซักถามปัญหา สรุปสาระสำคัญ ที่ได้จากวิดีโอความรู้และกิจกรรมที่ 1 การทดลอง เรื่องไฟฟ้าสถิต จนนำไปสู่ข้อสรุปที่ว่า “การที่กระดาศเคลื่อนที่ไปยังลูกโป่ง แสดงว่ามีแรงกระทำระหว่างกระดาศและลูกโป่ง เรียกแรงนี้ว่า แรงระหว่างประจุไฟฟ้า (force between electric charges) และต้นเหตุที่ทำให้เกิดแรงนี้คือ ประจุไฟฟ้า (electric charge) หรือเรียกสั้นๆ ว่า ประจุ (charge)” แล้วลงข้อสรุปได้ดังนี้

2.1) ไฟฟ้าสถิต เกิดจากการนำวัตถุสองชนิดมาถูกันทำให้เกิดอำนาจการดูด ซึ่งต้นเหตุที่ทำให้เกิดแรงนี้คือประจุไฟฟ้า หรือเรียกสั้นๆ ว่า ประจุ เรียกแรงนี้ว่า แรงระหว่างประจุไฟฟ้า

2.2) นอกจากแรงดูดแล้วยังมีแรงระหว่างประจุไฟฟ้ารูปแบบอื่นอีก คือแรงผลัก

3) ครูกับนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงความรู้ สรุปกิจกรรมการทดลอง การเขียนรายงานผลการทดลอง คำถามก่อนและหลังกิจกรรมการทดลอง พร้อมเฉลยคำถามใบงานที่ 1 เรื่องประจุไฟฟ้า และนำไปเขียนรายงานผลการทดลองส่งครูผู้สอน ตามเวลาที่ครูกำหนด เพื่อประเมินก่อนเจอกันในครั้งต่อไป

7.4 ขั้นขยายความรู้

1) ครูแจกเอกสารใบความรู้ที่ 1 เรื่อง ประจุไฟฟ้า ให้กับนักเรียนพร้อมกับอธิบายบัญชีสิ่งที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิต และให้นักเรียนยกตัวอย่างปรากฏการณ์ธรรมชาติ และสิ่งที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตในชีวิตประจำวัน พร้อมทั้งตั้งคำถามว่ามีวิธีใดอีกหรือไม่ที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตได้

2) ครูอธิบายเพิ่มเติมเรื่องเครื่องกำเนิดประจุ แวนเดอร์กราฟ พร้อมแจกใบความรู้เพิ่มเติม

3) นักเรียนศึกษาค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม เรื่อง ปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าจากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 4 และ สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต เพื่อเพิ่มความเข้าใจยิ่งขึ้น

7.5 ขั้นประเมิน

1) สอบถามความเข้าใจของนักเรียน โดยให้นักเรียนยกมือสอบถามข้อสงสัย โดยมีครูคอยตอบคำถามและให้คำอธิบาย

2) นักเรียนทุกคนทำแบบทดสอบหลังเรียนวัดผลด้านความรู้ (K) เรื่อง ประจุไฟฟ้า ใช้เวลาประมาณ 10 นาที

- 3) นักเรียนสลับกันในการตรวจแบบทดสอบหลังเรียนด้านความรู้ เรื่อง ประจุไฟฟ้า ตามเฉลยที่ครูเตรียมไว้ บันทึกคะแนน แล้วรวบรวมกระดาษคำตอบส่งครูผู้สอน เพื่อใช้ในการประเมินด้านความรู้ต่อไป
- 4) ชมเชยนักเรียนที่ทำคะแนนได้ดี ให้กำลังใจสำหรับนักเรียนที่คะแนนไม่ผ่านเกณฑ์
- 5) ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ พร้อมเน้นให้นักเรียนทำแบบประเมินด้วยความซื่อสัตย์ ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด เสร็จแล้วประธานกลุ่มรวบรวมส่งครูผู้สอน
- 6) ครูรวบรวมรายงานผลการทดลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม นำไปสรุปผลการประเมินการเขียนรายงานการทดลอง (หากกลุ่มใดไม่เสร็จตามเวลาเรียน ให้ส่งภายในระยะเวลาที่ครูกำหนด)
- 7) ครูสรุปแบบสรุปการประเมินผลการเรียนรู้แล้วนำแบบสรุปการประเมินผลการจัดการเรียนรู้ไปติดประกาศนิตะหน้าชั้นเรียน ให้นักเรียนทราบต่อไป

8. สื่อวัสดุอุปกรณ์ / แหล่งเรียนรู้

- 8.1 ใบความรู้ที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ไฟฟ้าสถิต เรื่อง ไฟฟ้าสถิต
- 8.2 วิดีโอความรู้เรื่อง ประจุไฟฟ้า, พายุผ่า
- 8.3 กิจกรรมที่ 1 การทดลองเรื่อง ไฟฟ้าสถิต
- 8.4 ใบงานที่ 1 เรื่อง ประจุไฟฟ้า
- 8.5 ใบความรู้เพิ่มเติม หน่วยการเรียนรู้ไฟฟ้าสถิต
- 8.6 หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 4

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้ตามแบบประเมิน จำนวนนักเรียน.....คน

ด้านความรู้

ผ่านเกณฑ์การประเมิน.....คน คิดเป็นร้อยละ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ประเมิน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....

ด้านทักษะกระบวนการ

ผ่านเกณฑ์การประเมิน.....คน คิดเป็นร้อยละ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ประเมิน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ผ่านเกณฑ์การประเมิน.....คน คิดเป็นร้อยละ..... ไม่ผ่านเกณฑ์ประเมิน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....

ผลการประเมินบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้โดยภาพรวม

.....
.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....
.....

ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข

.....
.....

ลงชื่อ.....

(นายสรายุทธ กิ่งภาพ)

ตำแหน่ง ครูชำนาญการ

ความคิดเห็นของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

.....
.....

ลงชื่อ.....

(นายพีระ กล้าวิกรณ์)

ตำแหน่ง หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ความคิดเห็นของรองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารงานวิชาการ

.....
.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวปนัดดา นาคอนุรักษ์)

ตำแหน่ง รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารงานวิชาการ

ความคิดเห็นของผู้บริหาร

.....
.....

ลงชื่อ.....

(นางสาววันเพ็ญ กลั้วกุล)

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการโรงเรียนเขาทรายทับคล้อพิทยา

แบบประเมินการเขียนรายงานการทดลอง

กิจกรรมเรื่อง.....

กลุ่มที่.....ชื่อกลุ่ม..... ทำกิจกรรมวันที่.....

สมาชิก 1.....เลขที่.....

2.....เลขที่.....

3.....เลขที่.....

4.....เลขที่.....

5.....เลขที่.....

ที่	พฤติกรรมการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1	สมมติฐานการทดลองและการกำหนดตัวแปร			
2	การบันทึกผลการทดลอง			
3	การตอบคำถามกิจกรรมการทดลอง			
4	การวิเคราะห์และสรุปผล			
5	การเขียนรายงานการทดลอง			

เกณฑ์การให้คะแนน	
รวมคะแนน	ระดับคุณภาพ
14-15	ดีมาก
12-13	ดี
8-11	พอใช้
1-7	ปรับปรุง

สรุปผลการประเมินการเขียนรายงานการทดลอง

กลุ่มที่.....ชื่อกลุ่ม..... วันที่ประเมิน.....

รวม.....คะแนน ระดับคุณภาพ.....

สรุปผล ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายสรารัฐ กิ่งภาพ)

เกณฑ์การประเมินผลการเขียนรายงานการทดลอง			
รายการ ประเมินผล	ระดับคะแนน		
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
1. สมมติฐานการทดลองและการกำหนดตัวแปรการทดลอง	สมมติฐานสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และกำหนดตัวแปรต้นตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมได้ถูกต้องทั้งหมด	สมมติฐานสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และกำหนดตัวแปรต้นตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	สมมติฐานสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และกำหนดตัวแปรต้นตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมถูกต้องบางส่วน
2. การบันทึกผลการทดลอง	บันทึกข้อมูลที่ต้องการได้อย่างครบถ้วนถูกต้องและชัดเจน	บันทึกข้อมูลที่ต้องการได้อย่างครบถ้วนถูกต้องแต่ยังไม่ชัดเจน	บันทึกข้อมูลที่ต้องการยังไม่ครบถ้วน ไม่ถูกต้องและไม่ชัดเจน
3. การตอบคำถามท้ายกิจกรรมการทดลอง	ตอบคำถามได้ถูกต้องเกินร้อยละ 80	ตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 50 - 79	ตอบคำถามได้ถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 50
4. การวิเคราะห์และสรุปผล	สามารถวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองได้เองอย่างถูกต้อง	ต้องให้คำแนะนำในการวิเคราะห์และสรุปผล จึงสามารถเขียนการทดลองได้อย่างถูกต้อง	ต้องให้คำแนะนำในการวิเคราะห์และสรุปผล จึงสามารถเขียนการทดลองได้
5. การเขียนรายงานการทดลอง	เขียนรายงานตามลำดับขั้นตอนครอบคลุมทุกประเด็นได้อย่างชัดเจนสะอาดเรียบร้อย	เขียนรายงานตามลำดับขั้นตอนครอบคลุมทุกประเด็นแต่ยังเขียนรายงานไม่ชัดเจน สะอาดเรียบร้อย	เขียนรายงานไม่เป็นตามลำดับขั้นตอน ไม่ครอบคลุมทุกประเด็น รายงานไม่สะอาดเรียบร้อย

แบบประเมินทักษะการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง

กิจกรรมเรื่อง.....

กลุ่มที่..... ชื่อกลุ่ม..... ทำกิจกรรมวันที่.....

สมาชิก 1.....เลขที่.....
 2.....เลขที่.....
 3.....เลขที่.....
 4.....เลขที่.....
 5.....เลขที่.....

เกณฑ์ นักเรียนมีพฤติกรรมอย่างไรให้ตอบในช่องที่ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียนมากที่สุดดังนี้

แสดงพฤติกรรมนั้นเพียงเล็กน้อย ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องคะแนน 1
 แสดงพฤติกรรมนั้นออกมาให้เห็นบ้าง ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องคะแนน 2
 แสดงพฤติกรรมนั้นอย่างเห็นได้ชัด ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องคะแนน 3

ข้อ	พฤติกรรมที่ประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1	การวางแผนการทดลอง			
	1.1 ร่วมกันวางแผน ออกแบบการทดลอง			
	1.2 แบ่งหน้าที่รับผิดชอบเพื่อปฏิบัติการทดลองตามวิธีการทดลอง			
	1.3 ร่วมกันกำหนดสมมติฐานของการทดลอง และตัวแปรที่เกี่ยวข้อง			
2	การปฏิบัติการทดลอง			
	2.1 ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนในเวลาที่กำหนด			
	2.2 เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ ได้อย่างเหมาะสม			
	2.3 หลังการใช้งานมีการรักษาความสะอาด และเก็บอุปกรณ์เรียบร้อย			
3	การบันทึกผลและการจัดทำข้อมูล			
	3.1 มีการบันทึกผลการทดลองลงในตาราง อย่างถูกต้องเป็นระเบียบ			
	3.2 บันทึกผลการทดลองสอดคล้องกับวัตถุประสงค์			
	3.3 จัดทำข้อมูลได้เหมาะสมตามลักษณะข้อมูล			

ข้อ	พฤติกรรมที่ประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
4	การอภิปรายผลการทดลองและการนำเสนอข้อสรุป			
	4.1 ร่วมกันอภิปรายผลการทดลองและเพื่อวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง			
	4.2 สรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง เป็นขั้นตอน			
	4.3 มีการนำเสนอผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง เข้าใจง่าย			
5	พฤติกรรมของผู้เรียนขณะทำกิจกรรมการทดลอง			
	5.1 มีความสามัคคี และเป็นประชาธิปไตย			
	5.2 การพูดคุย ปรีกษา หรือ กันภายในกลุ่ม			
	5.3 มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ และปฏิบัติหน้าที่อย่างเหมาะสม			
รวมคะแนน				
คะแนนรวมหารด้วย 3				
ระดับคุณภาพ				

เกณฑ์การให้คะแนน	
รวมคะแนน	ระดับคุณภาพ
14-15	ดีมาก
12-13	ดี
8-11	พอใช้
1-7	ปรับปรุง

สรุปผลการประเมินทักษะการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง

กลุ่มที่.....ชื่อกลุ่ม.....วันที่ประเมิน.....

รวม.....คะแนน ระดับคุณภาพ.....

สรุปผล ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายสรารัฐ กิ่งภาพ)

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าสถิต รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
เรื่อง ประจุไฟฟ้า เวลา 2 ชั่วโมง

[illegible]

(นายสรารุท กิ่งภาพ)

ส่วนที่ 2 ชุดกิจกรรมสำหรับนักเรียน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ชุดที่ 1

ประจุไฟฟ้า



คำชี้แจงสำหรับนักเรียน

1. ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204 หน่วยการเรียนรู้ไฟฟ้าสถิต ชุดที่ 1 เรื่อง ประจุไฟฟ้า ในส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นชุดกิจกรรมสำหรับนักเรียน มีส่วนประกอบดังนี้

- 1.1 คำชี้แจงสำหรับนักเรียน
- 1.2 ใบมอบหมายงาน
- 1.3 แบบทดสอบก่อนเรียนและกระดาษคำตอบ
- 1.4 กิจกรรมที่ 1 การทดลอง เรื่องไฟฟ้าสถิต
- 1.5 ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง ประจุไฟฟ้า
- 1.6 ใบความรู้เพิ่มเติมการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าสถิต
- 1.7 ใบงานที่ 1 เรื่อง ประจุไฟฟ้า
- 1.8 แบบทดสอบหลังเรียน
- 1.9 เฉลยคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน
- 1.10 แนวการตอบกิจกรรมที่ 1 การทดลอง เรื่องไฟฟ้าสถิต
- 1.11 แนวการตอบใบงานที่ 1 เรื่องประจุไฟฟ้า
- 1.12 เฉลยคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน
- 1.13 แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

2. ในการทำชุดกิจกรรม ใช้เวลาเรียนรู้จากชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 2 ชั่วโมง

2.1 นักเรียนนั่งตามกลุ่มที่จัด แล้วให้นักเรียนเลือกประธานกลุ่ม 1 คน รองประธานกลุ่ม 1 คน และเน้นให้ทุกคนในกลุ่มต้องช่วยเหลือซึ่งกันและกันเพื่อให้การปฏิบัติกิจกรรมสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

2.2 นักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอนในใบมอบหมายงานอย่างเคร่งครัดและซื่อสัตย์

2.3 เมื่อเสร็จสิ้นการปฏิบัติกิจกรรม นักเรียนส่งรายงานผลการทดลองประจำชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ครูผู้สอน

ใบมอบหมายงาน

โปรดอ่านใบมอบหมายงานต่อไปนี้ แล้วปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดให้ด้วยความตั้งใจ

1. นักเรียนทุกคนทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 10 ข้อ ลงในกระดาษคำตอบ ต่อจากนั้นเปลี่ยนกันตรวจคำตอบ แล้วนำคะแนนที่ได้เขียนลงกระดาษคำตอบ
2. นักเรียนนั่งตามกลุ่มที่ครูจัดให้ ซึ่งนักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดด้วยก็ได้ จากนั้นให้ประธานกลุ่มเป็นผู้อ่านคำชี้แจงในแต่ละกิจกรรมในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูแจกให้ อ่านให้สมาชิกในกลุ่มฟังก่อนลงมือปฏิบัติกิจกรรม โดยมีรองประธานกลุ่มและสมาชิกในกลุ่มช่วยกันปฏิบัติ
3. นักเรียนศึกษาใบกิจกรรมที่ 1 การทดลองเรื่อง ไฟฟ้าสถิต และปฏิบัติตามคำชี้แจง โดยเริ่มจากตั้งสมมติฐานการทดลอง ระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม หลังจากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มตอบคำถามก่อนการทดลอง ศึกษากิจกรรม ดำเนินการทดลองตามวิธีการทดลอง พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลองลงในแบบบันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลองพร้อมอภิปรายผลการทดลอง ตอบคำถามหลังการทดลอง แล้วส่งตัวแทนอภิปรายหน้าชั้นเรียน เมื่อเขียนรายงานการทดลอง ตอบคำถามกิจกรรมการทดลองเสร็จ ให้นำส่งรายงานการทดลองที่ครูผู้สอน
4. นักเรียนศึกษาใบความรู้เรื่อง ไฟฟ้าสถิต หลังจากนั้นให้นักเรียนทุกกลุ่มตอบคำถามใบงานที่ 1 เรื่อง ประจุไฟฟ้า
5. นักเรียนร่วมกันอภิปรายคำตอบใบงานที่ 1 เรื่อง ประจุไฟฟ้า หลังจากนั้นนักเรียนทุกกลุ่มเขียนคำตอบลงในใบกิจกรรมให้เรียบร้อย แล้วเก็บคืนให้ครูผู้สอน
6. นักเรียนทุกคนทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 10 ข้อ โดยใช้เวลา 10 นาที ต่อจากนั้นตรวจคำตอบจากใบเฉลยแบบทดสอบหลังเรียน พร้อมบันทึกคะแนนลงในกระดาษคำตอบ
7. นักเรียนทำแบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ตามพฤติกรรมของตนเอง เสร็จแล้วประธานกลุ่มแต่ละกลุ่มรวบรวมส่งครูผู้สอน
8. นักเรียนพูดคุย ชักถาม สอบถามข้อสงสัย ข้อคิดข้อเสนอแนะในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ การสอน
9. สำหรับนักเรียนที่ไม่ผ่านการทำแบบทดสอบหลังเรียน ให้นักเรียนหาเวลาว่างสอบซ่อมเสริมในเวลาว่างถัดไป

แบบทดสอบก่อนเรียน

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าสถิต รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
เรื่อง ประจุไฟฟ้า เวลา 10 นาที

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. บอกการเกิดชนิดของประจุไฟฟ้าบนวัตถุที่นำมาถูกัน เมื่อกำหนดลำดับของการเกิดชนิดประจุไฟฟ้าจากการถูมาให้ได้
2. อธิบายความหมาย ทำการทดลอง ศึกษาสมบัติของประจุไฟฟ้า การเกิดประจุไฟฟ้าชนิดของประจุและตรวจสอบได้

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบเป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ สี่ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อๆ ละ 1 คะแนน
 2. ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ
1. ทำไม้ไฟฟ้าสถิตจึงเกิดได้ไม่บ่อยดีในฤดูฝน
 - ก. อากาศมีตัวนำมาก
 - ข. อากาศมีตัวนำน้อย
 - ค. อากาศมีตัวเหนี่ยวนำดี
 - ง. อากาศมีตัวนำและฉนวนเท่ากัน
 2. การเกิดฟ้าแลบ ฟ้าผ่า ในฤดูหนาว เป็นปรากฏการณ์เกี่ยวกับข้อใด
 - ก. การสั้นของประจุไฟฟ้า
 - ข. การถ่ายเทของประจุไฟฟ้า
 - ค. การสลายตัวของประจุไฟฟ้า
 - ง. การเหนี่ยวนำของประจุไฟฟ้า
 3. สิ่งที่ทำให้วัตถุแสดงอำนาจไฟฟ้าดึงดูด คือ
 - ก. โพรตอน
 - ข. ไฟฟ้าสถิต
 - ค. ประจุไฟฟ้า
 - ง. อิเล็กตรอน
 4. ในวันอากาศแห้ง เมื่อใช้หวีพลาสติกหวีผม พบว่าเส้นผมตั้งชันขึ้นตามหวี เพราะสาเหตุใด
 - ก. เส้นผมและหวีเกิดประจุไฟฟ้าชนิดตรงข้ามกัน
 - ข. หวีกับเส้นผมเกิดประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน
 - ค. เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่หวีขณะที่หวีผม
 - ง. ความร้อนที่เกิดจากหวีเสียดสีกับเส้นผม

5. สิ่งที่ไม่ทำให้วัตถุ มีอำนาจทางไฟฟ้าเกิดขึ้นคือข้อใด
- ก. โปรตอน
 - ข. นิวตรอน
 - ค. อิเล็กตรอน
 - ง. ข้อ ก ข และ ค ถูก
6. การกระทำที่ทำให้วัตถุเกิดมีสถานะไฟฟ้าขึ้นเรียกว่าอะไร
- ก. การเหนี่ยวนำวัตถุ
 - ข. การโพลาริซ์วัตถุ
 - ค. การกระตุ้นวัตถุ
 - ง. การชาร์จวัตถุ
7. นักวิทยาศาสตร์ท่านที่ไม่ได้ทดลองเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต
- ก. ธิโอเฟรตัส
 - ข. ไพลินี
 - ค. ทาลีส
 - ง. นิวตัน
8. นักวิทยาศาสตร์ท่านใดที่ เป็นผู้เริ่มทำสายล่อฟ้าเป็นคนแรก
- ก. ไพลินี
 - ข. ทาลีส
 - ค. เบนจามิน แฟรงคลิน
 - ง. เซอร์ ไอแซค นิวตัน
9. ข้อใดคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิต
- ก. hygrometer
 - ข. barometer
 - ค. seismometer
 - ง. van de graaff
10. การเกิดแรงดึงดูดระหว่างวัตถุที่ขัดสีกับเศษกระดาษเบาๆ แสดงว่าวัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงของข้อใด
- ก. โปรตอน
 - ข. นิวตรอน
 - ค. ประจุไฟฟ้า
 - ง. อิเล็กตรอน

กระดาษคำตอบ

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าสถิต รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
เรื่อง ประจุไฟฟ้า เวลา 10 นาที

ชื่อ.....สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบโดยเลือกข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวเท่านั้น

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

คะแนนเต็ม

คะแนน

คะแนนที่ได้

คะแนน

เกณฑ์การประเมิน

ทำถูก 9-10 ข้อ

อยู่ในเกณฑ์ ดีมาก

ทำถูก 7-8 ข้อ

อยู่ในเกณฑ์ ดี

ทำถูก 5-6 ข้อ

อยู่ในเกณฑ์ พอใช้

ทำถูก 0-4 ข้อ

อยู่ในเกณฑ์ ปรับปรุง

ผู้ประเมิน.....ครูผู้สอน

(นายสรารัฐ กิ่งภาพ)

กิจกรรมที่ 1 การทดลอง เรื่องไฟฟ้าสถิต

ทำการทดลองวันที่ เดือน พ.ศ. เวลา น.

กลุ่มที่..... ชื่อกลุ่ม.....

สมาชิก 1.	เลขที่
2.	เลขที่
3.	เลขที่
4.	เลขที่
5.	เลขที่

ครูผู้ควบคุม นายสรารุท กิ่งภาพ

จุดประสงค์การเรียนรู้

.....

สมมติฐานการทดลอง

.....

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ตัวแปรต้น.....

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรควบคุม.....

วัสดุอุปกรณ์ (ต่อกลุ่ม)

- | | |
|-------------------|--------|
| 1. ลูกโป่ง | 1 ลูก |
| 2. หวีพลาสติก | 1 อัน |
| 3. กระดาษทิชชู | 1 แผ่น |
| 4. คลิปหนีบกระดาษ | 1 ตัว |

วิธีทำการทดลอง

- นำลูกโป่ง ไปใกล้กระดาษทิชชู และคลิปหนีบกระดาษ สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
- นำลูกโป่งมาถูกับเส้นผมไปมา 4-5 ครั้ง แล้วนำลูกโป่ง ไปใกล้กระดาษทิชชู และคลิปหนีบกระดาษ สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
- ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งแต่เปลี่ยนลูกโป่งเป็นหวีพลาสติก

คำถามก่อนทำกิจกรรม

1. นักเรียนคิดว่า การนำวัตถุมาถูกันจะเกิดประจุไฟฟ้าอิสระขึ้นเสมอหรือไม่ อย่างไร

ตอบ

2. ถ้านำแท่งแม่เหล็กวางใกล้ๆ กับเศษกระดาษติดชู นักเรียนคิดว่าเศษกระดาษจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

ตอบ

บันทึกผลการทำกิจกรรมที่ 1

วัสดุ	การเปลี่ยนแปลงก่อนถู				การเปลี่ยนแปลงหลังถู			
	กระดาษติดชู		คลิปหนีบกระดาษ		กระดาษติดชู		คลิปหนีบกระดาษ	
	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี
ลูกโป่ง								
หวีพลาสติก								

สรุปผลการทดลอง

.....
.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....
.....

ข้อเสนอแนะ

.....
.....

คำถามหลังการทำกิจกรรม

1. นักเรียนอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมนี้ว่าอย่างไร

ตอบ

2. เมื่อนำลูกโป่งที่ถูแล้วนี้มาวางใกล้ๆ คลิปหนีบกระดาษ เหตุใดไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง อธิบาย

ตอบ

3. นอกจากการขัดสีหรือถูแล้ว ยังมีวิธีการทำให้วัตถุเกิดประจุอิสระได้อีกหรือไม่ อะไรบ้าง

ตอบ

4. ถ้านำวัตถุประเภทตัวนำ เช่น ทองแดง กับเงิน มาเสียดสีหรือขัดถูกัน จะเกิดประจุไฟฟ้าอิสระขึ้นที่ผิวโลหะหรือไม่ อย่างไร

ตอบ

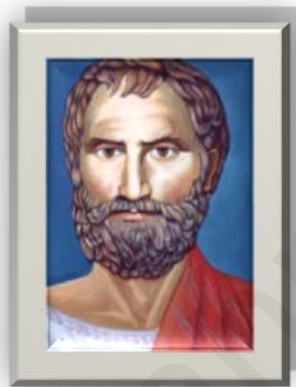
5. นักเรียนคิดว่าจะได้อะไรจากการทำกิจกรรมการทดลองนี้

ตอบ

ใบความรู้ที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ไฟฟ้าสถิต เรื่อง ประจุไฟฟ้า

1. ประจุไฟฟ้า

ไฟฟ้าสถิต (Electrostatics) เป็นแขนงวิชาไฟฟ้าที่กล่าวถึงวิชาไฟฟ้าที่ปรากฏอยู่นิ่งกับที่ เป็นที่ทราบกันมาแต่สมัยโบราณแล้ว คือ เมื่อนำแท่งอำพันมาถูกับผ้าแพร์ หรือถูกับผ้าสักหลาดแล้วแท่งอำพันสามารถดูดของเบาๆ ได้ เช่น ขนนก ชิ้นกระดาษๆ เป็นต้น ความจริงนี้ ธีโอเฟรตัส (Theophrastus) ทาลีส (Thales) ไพลิน (Pliny) เป็นผู้ได้ทดลองพบมาแล้ว แต่ไม่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าให้กว้างขวางออกไป



ที่มาจาก <http://philosophyphs.weebly.com/greek-philosophy.html>

THALES (600 BC) นักปราชญ์ ชาวกรีก พบอำนาจพิเศษที่ได้จากการถู แท่งอำพัน กับผ้าแพร์หรือสักหลาด

ต่อมา **ดร.กิลเบิร์ต (Dr. Gilbert)** เป็นคนแรกที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเรื่องนี้ให้กว้างขวางออกไป และพบว่ามิมีวัตถุอีกมากชนิด ที่เมื่อนำมาถูกันแล้ว ให้ผลเช่นเดียวกัน กิลเบิร์ต เรียกอำนาจที่ได้จากการขัดสีวัตถุดังกล่าวว่า **"electricity"** โดยมาจากคำว่า **electron** ที่ชาวกรีกเรียกอำพันนั่นเอง ซึ่งคำ electricity นี้ใช้กันมาจนถึงปัจจุบัน

การที่วัตถุสองชนิดที่นำมาถูกันแล้ว เกิดมีอำนาจดูดของเบาๆ ได้นั้น เรียกว่า วัตถุทั้งสองต่างเกิดมี **ประจุไฟฟ้า (charge)** ขึ้น การกระทำที่ทำให้วัตถุเกิดมีสถานะไฟฟ้าขึ้น เรียกว่า **การชาร์จ (charge)** วัตถุ หรือ electrify วัตถุ เมื่อวัตถุนั้น หมดอำนาจไฟฟ้าแล้ว เรียกว่า **วัตถุนั้นเป็นกลาง (neutral)**

อำนาจไฟฟ้า (Electricity) คือ ความสามารถแสดงแรงดึงดูดต่อวัตถุต่างๆ ได้ อำนาจทางไฟฟ้า เรียกสั้นๆ ว่า **ไฟฟ้า** ตรงกับภาษาอังกฤษว่า **Electricity** มาจากคำว่า Elektron ในภาษากรีก ซึ่งหมายถึงอำพัน

อำพัน (Amber) คือยางสนที่แข็งตัวจนเกือบกลายเป็นหิน มีลักษณะคล้ายพลาสติกโปร่งแสง มีสีน้ำตาลแกมแดง สามารถขัดให้ขึ้นเงาได้ง่าย นิยมทำเป็นเครื่องประดับ มีมากในประเทศเยอรมัน และโปแลนด์

เกิดจากต้นสนทับถมกันจนดินจมทรายมานานนับพันนับหมื่นปี อาพันมีความแข็ง 6 (เพชรซึ่งแข็งที่สุดมีความแข็ง 10)

เปอร์ สเปกซ์ เป็นสารสังเคราะห์ประเภทพลาสติกอีกชนิดหนึ่ง มีลักษณะโปร่งใสแข็งแต่มิมีน้ำหนักเบา **สายล่อฟ้า (lightning rod)** เป็นอุปกรณ์สำหรับป้องกันฟ้าผ่า ปลายบนเป็นโลหะแหลมติดตั้งกับส่วนที่สูงที่สุดของอาคาร และปลายล่างต่อกับแผ่นโลหะขนาดใหญ่ฝังไว้ใต้ดิน

ปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า

หากเราเคยถูกไฟช็อตหลังจากเดินผ่านพรมหนาๆ แล้วมาสัมผัสลูกบิดที่เป็นโลหะ แสดงว่าเราเคยสัมผัส ผลลัพธ์ที่เกิดจากไฟฟ้าสถิตมาแล้ว ไฟฟ้าสถิตทำให้ลูกโป่งติดค้างอยู่บนฝานั่งหลังจากนำมาถูกับเส้นผม

อิเล็กตรอนในไฟฟ้าสถิตทำให้เกิดประจุไฟฟ้าหยุดนิ่งตัวอย่างเช่น เมื่อถูกลูกโป่งเข้ากับเส้นผม อิเล็กตรอนอิสระที่อยู่บนเส้นผมจะเปลี่ยนมาอยู่บนลูกโป่งแทน และทำให้วัตถุที่เสียดสีอิเล็กตรอน (เส้นผมของเรา) กลายเป็นประจุบวก ในขณะที่ประจุบวกรับอิเล็กตรอน (ลูกโป่ง) กลายเป็นประจุลบ และดึงดูดกับประจุบวกที่อยู่บนฝานั่งทำให้ลูกโป่งติดค้างอยู่ได้ ลักษณะเช่นเดียวกันนี้เกิดขึ้น เมื่อเราเดินผ่านพรมแล้วมาสัมผัสกับลูกบิดโลหะ อิเล็กตรอนที่เกาะกันอย่างหลวมๆ บนพรมจะกระโดดมาอยู่ที่ตัวของเราทำให้เกิดเป็น ขั้วของไฟฟ้า แต่เราจะไม่ทราบจนกระทั่งได้สัมผัสกับลูกบิดประตูโลหะ เพราะ ประจุลบจากตัวเราจะวิ่งผ่านมือไปยังลูกบิดทำให้เรารู้สึกเหมือนโดนไฟฟ้าช็อตที่เกิดขึ้นด้วย

เห็นฟ้าแลบฟ้าผ่าและฟ้าร้องกันบ่อยๆ โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน ทำให้มนุษย์เกิดความอยากรู้ว่าเพราะเหตุใดจึงเกิดสิ่งเหล่านี้ในยุคโบราณเชื่อว่าเกิดจากอำนาจของเทพเจ้า ไทยเราคิดว่าเป็นเพราะรามสูรขว้างขวานต่อมาเมื่อมนุษย์มีความรู้วิทยาศาสตร์มากขึ้น ทำให้ทราบว่าฟ้าแลบฟ้าผ่าเกิดจากการถ่ายโอนของประจุไฟฟ้าในบรรยากาศ

ในฤดูหนาวซึ่งมีอากาศแห้ง เมื่อหิวผมแล้วมาใกล้กับกระดาดาชิ้นเล็กๆ จะพบว่าหวีสามารถดูดกระดาดาชิ้นได้ และถ้านำหวีนั้นมาใกล้กับผิวน้ำ จะพบว่าขนบนผิวน้ำถูกหวีดูดให้ตั้งขึ้นสำหรับผู้ที่อยู่ในภูมิภาคที่มีอากาศหนาวเย็น จะพบปรากฏการณ์ทำนองนี้ได้บ่อยครั้ง เพราะแม้แต่เดินแทรกผ่านเข้าไปในแถวเสื้อขนสัตว์ที่แขวนอยู่เรียงราย จะพบว่ามีประกายไฟฟ้าเกิดขึ้นระหว่างเสื้อที่เราสวมใส่กับเสื้อขนสัตว์ที่แขวนอยู่

2 บัญชีสิ่งที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิต

ผลที่ปรากฏจากการนำวัตถุต่างชนิดที่เป็นคู่ที่เหมาะสมมาทำการถูกัน แล้วเกิดประจุไฟฟ้าบนผิวของวัตถุแต่ละคู่ นั้น กล่าวคือ เกิดไฟฟ้าสถิตบนผิวของวัตถุ และประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนผิวของวัตถุคู่หนึ่งๆ จะเป็นประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันเสมอ จึงได้มีการทำบัญชีของวัตถุที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตโดยการขัดสีไว้ โดยจัดเรียงตามลำดับของการขัดสีไว้ (frictional order) ดังนี้

- | | |
|---------------------|-------------------------------|
| 1. ขนสัตว์ | 11. แก้วผิวขรุขระ |
| 2. ขนแกะหรือสักหลาด | 12. ผิวหนัง |
| 3. ไม้ | 13. โลหะต่างๆ |
| 4. เซลแลค (shellac) | 14. ยางอินเดีย (India rubber) |
| 5. ยางสน | 15. อำพัน |
| 6. ครั่ง | 16. กำมะถัน |
| 7. แก้วผิวเกลี้ยง | 17. อีโบนิต (ebonite) |
| 8. ผ้าฝ้าย หรือสำลี | 18. ยาง Gutta-percha |
| 9. กระจก | 19. ผ้าแพร Amalgamated |
| 10. ผ้าแพร | 20. เซลลูลอยด์ (Celluloid) |

เมื่อนำวัตถุคู่ใดคู่หนึ่งดับปรากฏในบัญชีมาถูกัน วัตถุที่มีเลขลำดับน้อยกว่า จะปรากฏมีประจุไฟฟ้าบวก ส่วนวัตถุที่มีเลขลำดับมากกว่าจะปรากฏมีประจุไฟฟ้าลบ เช่น นำขนสัตว์ หมายเลข 1 ถูกับแก้วผิวเกลี้ยงหมายเลข 7 แล้ว ปรากฏว่า ขนสัตว์จะปรากฏมีประจุไฟฟ้าบวกบนผิวส่วนบนผิวแก้วจะปรากฏประจุไฟฟ้าลบ แต่ถ้านำแก้วผิวเกลี้ยงหมายเลข 7 ไปถูกับผ้าแพร หมายเลข 10 แล้ว บนผิวแก้วจะปรากฏประจุไฟฟ้าบวก ส่วนผ้าแพรจะปรากฏมีประจุไฟฟ้าลบ

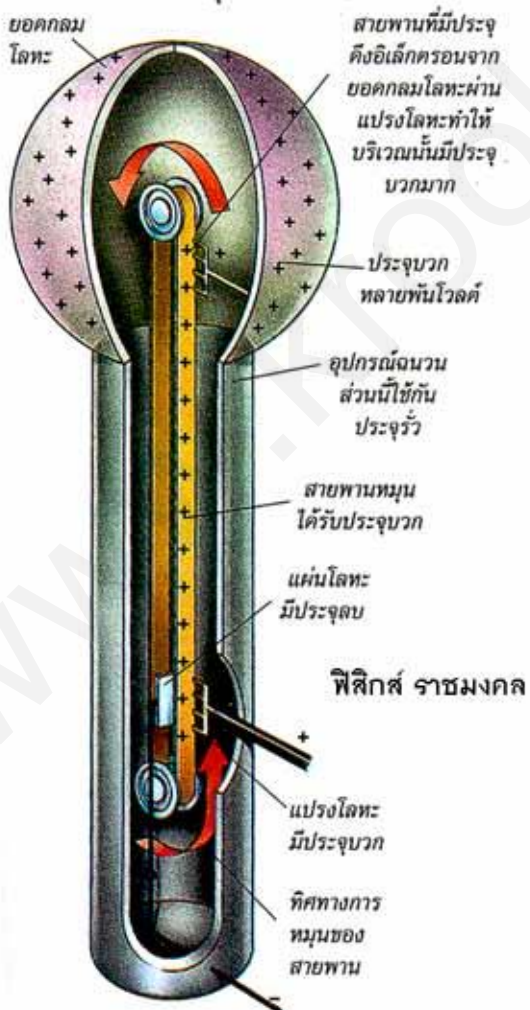
ใบความรู้เพิ่มเติมหน่วยการเรียนรู้ไฟฟ้าสถิต
เรื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิต (van de graaff generator)

ขอขอบคุณ http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/EM/sub_lesson/1_5.htm

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า van de graaff เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสถิตซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้สามารถผลิต ค่าความต่างศักย์หลายพันโวลต์โดยอาจนำไปใช้ในการวิจัยทางนิวเคลียร์สำหรับเร่งความเร็ว ของอนุภาคที่มีประจุ ซึ่งประจุเหล่านั้นอาจนำไปใช้ในการทำระเบิดหรือผลิตรังสีเอกซ์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า van de - graaff ประกอบด้วย สายพาน (rubber belt) ซึ่งมีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องโดยที่สายพานจะเคลื่อนที่ผ่าน แหล่งกำเนิดประจุ การเคลื่อนที่ของสายพานจะนำพาอนุภาคประจุไฟฟ้าไปด้วย โดยประจุต่างๆ ถูกส่งผ่าน แปรงโลหะสู่ผิวทรงกลมโดยประจุจะเคลื่อนที่จากด้านในสู่ด้านนอกของทรงกลม เพราะประจุที่อยู่ข้างนอกจะ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแวนเดกร๊าฟฟ์

เครื่องมือนี้ผลิตไฟฟ้าสถิต ใช้แปรงโลหะที่มีประจุ เหนี่ยวนำประจุบวกในสายพานที่กำลังหมุน เมื่อสายพานหมุนถึงบริเวณยอดกลมโลหะของเครื่อง มันจะดึงดูดอิเล็กตรอนจากโลหะ ทำให้บริเวณ ยอดกลมนั้นมีประจุบวกมากมาย



ไม่ถูกต้านโดยสายพาน ซึ่งทรงกลมของ เครื่องกำเนิด ไฟฟ้าชนิดนี้มีความเรียบมาก ดังนั้นความต่างศักย์ที่ สร้างขึ้นจึงมีค่ามาก และมีประจุมากซึ่งอาจเทียบได้ว่า เป็นตัวเก็บประจุขนาดใหญ่ได้

ตัวนำทรงกลมตั้งอยู่บนฉนวน และสายพาน พาตผ่านไบบนลูกรอก 2 ตัว (ซึ่งหมุนด้วยมือหรือ มอเตอร์ไฟฟ้า) โดยที่ลูกรอก 2 ตัวฉาบด้วยโลหะตัวนำ ต่างชนิดกัน (เลือกโลหะตัวนำชนิดที่ทำให้เมื่อสายพาน แตะกับลูกรอกหนึ่ง แล้วมีประจุบวกแต่เมื่อแตะกับอีก ลูกรอกหนึ่งแล้วเกิดประจุลบ) ประจุที่เกิดบนสายพาน ขณะที่แตะกับลูกรอกจะติด ไปกับสายพาน โดย สายพานด้านซ้ายจะนำเอาประจุบวกเข้าไปในตัวนำอัน บนผ่านแปรงไป ในขณะที่สายพานพัน จากลูกรอกบน ลงมาจะกลายเป็นประจุลบและนำพาประจุลบออกไป จากหัวบน ซึ่งการเอาประจุลบออกไป เสมือนเป็นการ เพิ่มประจุบวกนั่นเอง

ใบงานที่ 1

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าสถิต รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
เรื่อง ประจุไฟฟ้า เวลา 10 นาที

คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. ถ้านำขนสัตว์ไปถูกับวัตถุอื่นๆ ขนสัตว์มักจะมีประจุไฟฟ้าชนิดใด

ตอบ

2. ถ้านำเซลลูลอยด์ไปถูกับวัตถุอื่นๆ เซลลูลอยด์มักจะมีประจุไฟฟ้าชนิดใด

ตอบ

3. ถ้านำเอายางสนถูกับผ้าแพร วัตถุใดจะเกิดประจุบวก และวัตถุใดจะเกิดประจุลบ

ตอบ

พิจารณาจากภาพต่อไปนี้



4. ก่อนการขัดสี สมบัติทางไฟฟ้าของ A และ B เป็นอย่างไร

ตอบ

5. หลังการขัดสี สมบัติทางไฟฟ้าของ A และ B เป็นอย่างไร

ตอบ

6. จำนวนประจุไฟฟ้าอิสระ ภายหลังการขัดสี บน A และ B เป็นเท่าไร

ตอบ

7. ชนิดของประจุไฟฟ้าอิสระภายหลังการขัดสี บน A และ B เป็นอย่างไร

ตอบ

8. ถ้าต้องการให้ A และ B กลับมาเป็นกลางทางไฟฟ้า จะมีวิธีทำได้อย่างไร

ตอบ

9. ในกรณีที่ A เป็นกลาง แต่ B มีประจุไฟฟ้าอิสระเป็นบวก ให้นำมาถูกัน A จะมีประจุหรือไม่ อย่างไร

ตอบ

10. สามารถสรุปความสัมพันธ์ของจำนวนและชนิดของประจุอิสระบนคู่วัตถุภายหลังการขัดสีได้ว่าอย่างไร

ตอบ

แบบทดสอบหลังเรียน

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าสถิต รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
เรื่อง ประจุไฟฟ้า เวลา 10 นาที

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. บอกการเกิดชนิดของประจุไฟฟ้าบนวัตถุที่นำมาถูกัน เมื่อกำหนดลำดับของการเกิดชนิดประจุไฟฟ้าจากการถูมาให้ได้
2. อธิบายความหมาย ทำการทดลอง ศึกษาสมบัติของประจุไฟฟ้า การเกิดประจุไฟฟ้าชนิดของประจุและตรวจสอบได้

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบเป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ สี่ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อๆ ละ 1 คะแนน
 2. ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ
1. ตัวการที่ทำให้วัตถุมีอำนาจไฟฟ้าเกิดขึ้น คือ
 - ก. โพรตอน
 - ข. ประจุไฟฟ้า
 - ค. อิเล็กตรอน
 - ง. อำนาจไฟฟ้า
 2. เหตุการณ์ต่อไปนี้ข้อใดไม่แสดงว่ามีการเกิดประจุไฟฟ้า
 - ก. การเกิดฟ้าแลบ แต่ไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้อง
 - ข. การสัมผัสประตุ แล้วรู้สึกเหมือนไฟช็อต
 - ค. เส้นผมติดขึ้นมากับหวี ขณะหวีผม
 - ง. การต่อสายล่อฟ้า บนยอดตึกสูง
 3. รถบรรทุกน้ำมันมักมีโซ่ห้อยลากดินขณะแล่นเพื่ออะไร
 - ก. ใช้จ่ายประจุไฟฟ้าให้พื้นถนน
 - ข. ถ่ายเทประจุไฟฟ้ากับพื้นถนน
 - ค. รับประจุไฟฟ้าจากพื้นถนน
 - ง. ใช้อุดลากรถคันอื่น
 4. ทำไมไฟฟ้าสถิต จึงเกิดได้ดีในฤดูหนาว
 - ก. อากาศมีตัวนำมาก
 - ข. อากาศมีตัวนำน้อย
 - ค. อากาศมีตัวเหนี่ยวนำดี
 - ง. อากาศมีตัวนำและฉนวนเท่ากัน

5. อะตอมของธาตุทุกชนิดมีประจุไฟฟ้า ชนิดใด

- ก. บวก
- ข. ลบ
- ค. กลาง
- ง. ไม่แน่นอน

6. เมื่อนำวัตถุต่างชนิดตามบัญชีสิ่งที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตมาถูกัน ข้อใดต่อไปนี้ไม่ถูกต้อง

- ก. จะเกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้าซึ่งกันและกัน
- ข. ผ้าขนสัตว์จะเกิดประจุไฟฟ้าบวกเสมอ
- ค. ผ้าขนสัตว์จะเกิดประจุไฟฟ้าลบเสมอ
- ง. ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะดูดกระดาษชิ้นเล็กๆ ที่เป็นกลางเสมอ

7. เมื่อนำแท่งอำพันหมายเลข 15 ไปถูกับผ้าฝ้ายหมายเลข 8 ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้องที่สุด

- ก. แท่งอำพันปรากฏประจุไฟฟ้าลบ ผ้าฝ้ายปรากฏประจุไฟฟ้าบวก
- ข. แท่งอำพันปรากฏประจุไฟฟ้าบวก ผ้าฝ้ายปรากฏประจุไฟฟ้าลบ
- ค. ประจุบวกเคลื่อนที่จากผ้าฝ้ายไปยังแท่งอำพัน
- ง. ไม่เกิดประจุไฟฟ้าบนวัตถุทั้งสอง

8. เมื่อนำสาร A มาถูกับสาร B พบว่าสาร A มีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้น สาร A ต้องเป็นสารประเภทใด

- ก. ฉนวน
- ข. ตัวนำ
- ค. กึ่งตัวนำ
- ง. โลหะ

9. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

- ก. แรงกระทำระหว่างประจุมีสองชนิดคือแรงดูดและแรงผลัก
- ข. ประจุไฟฟ้ามีสองชนิดคือประจุบวกและประจุลบ
- ค. ประจุไฟฟ้าเหมือนกันจะเกิดแรงดูดกัน ประจุไฟฟ้าต่างกันจะเกิดแรงผลักกัน
- ง. แต่ละอะตอมมีนิวเคลียสซึ่งประกอบด้วยโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน

10. เมื่อนำไม้บรรทัดถูกับผ้าสักหลาดแล้วเกิดประจุไฟฟ้า เพราะเหตุใด

- ก. ประจุไฟฟ้าเกิดจากแรงเสียดทาน
- ข. การรบกวนให้มีประจุไฟฟ้าชนิดหนึ่งขึ้นมา
- ค. ประจุไฟฟ้าเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างมวล
- ง. ประจุไฟฟ้าถ่ายเทจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง

เฉลยคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าสถิต รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
เรื่อง ประจุไฟฟ้า เวลา 10 นาที

ชื่อ.....สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.	X			
2.		X		
3.		X		
4.	X			
5.		X		
6.				X
7.				X
8.			X	
9.				X
10.			X	

ทดสอบก่อนเรียน		ทดสอบหลังเรียน	
เต็ม	ได้	เต็ม	ได้
10		10	

เกณฑ์การประเมิน

ทำถูก 9-10 ข้อ	อยู่ในเกณฑ์ ดีมาก
ทำถูก 7-8 ข้อ	อยู่ในเกณฑ์ ดี
ทำถูก 5-6 ข้อ	อยู่ในเกณฑ์ พอใช้
ทำถูก 0-4 ข้อ	อยู่ในเกณฑ์ ปรับปรุง

ผู้ประเมิน.....ครูผู้สอน

(นายสราวุธ กิ่งภาพ)

แนวการตอบกิจกรรมที่ 1 การทดลอง เรื่องไฟฟ้าสถิต

ทำการทดลองวันที่ เดือน พ.ศ. เวลา น.

กลุ่มที่..... ชื่อกลุ่ม.....

สมาชิก 1.	เลขที่
2.	เลขที่
3.	เลขที่
4.	เลขที่
5.	เลขที่

ครูผู้ควบคุม นายสรารุท กิ่งภาพ

จุดประสงค์การเรียนรู้

นักเรียนสามารถทดลองและสังเกตลักษณะการเกิดประจุไฟฟ้าอิสระจากการขัดสีของวัตถุ

สมมติฐานการทดลอง

มีแรงบางอย่างกระทำให้กระดาษติดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ตัวแปรต้น ลูกโป่ง หวีพลาสติก กระดาษติดชู คลิปหนีบกระดาษ

ตัวแปรตาม การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับกับลูกโป่งและคลิปหนีบกระดาษ

ตัวแปรควบคุม ชนิดของลูกโป่ง ชนิดของหวี ขนาดและชนิดของกระดาษติดชู ชนิดของคลิปหนีบกระดาษ

วัสดุอุปกรณ์

- | | |
|-------------------|--------|
| 1. ลูกโป่ง | 1 ลูก |
| 2. หวีพลาสติก | 1 อัน |
| 3. กระดาษติดชู | 1 แผ่น |
| 4. คลิปหนีบกระดาษ | 1 ตัว |

วิธีทำกิจกรรม

- นำลูกโป่ง ไปใกล้กระดาษติดชู และคลิปหนีบกระดาษ สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
- นำลูกโป่งมาถูกับเส้นผมไปมา 4-5 ครั้ง แล้วนำลูกโป่ง ไปใกล้กระดาษติดชู และคลิปหนีบกระดาษ สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
- ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งแต่เปลี่ยนลูกโป่งเป็นหวีพลาสติก

คำถามก่อนทำกิจกรรม

1. นักเรียนคิดว่า การนำวัตถุมาถูกันจะเกิดประจุไฟฟ้าอิสระขึ้นเสมอหรือไม่ อย่างไร

ตอบ ไม่เสมอไป จะเกิดประจุอิสระได้จากการนำวัตถุที่เหมาะสมมาถูกันเท่านั้น

2. ถ้านำแท่งแม่เหล็กวางใกล้ๆ กับเศษกระดาษติดชู นักเรียนคิดว่าเศษกระดาษจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

ตอบ ไม่เปลี่ยนแปลง เพราะแท่งแม่เหล็กจะแสดงอำนาจกับวัตถุที่เป็นโลหะ และกึ่งโลหะ

บันทึกผลการทำกิจกรรมที่ 1

วัสดุ	การเปลี่ยนแปลงก่อนถู				การเปลี่ยนแปลงหลังถู			
	กระดาษติดชู		คลิปหนีบกระดาษ		กระดาษติดชู		คลิปหนีบกระดาษ	
	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี
ลูกโป่ง		✓		✓	✓			✓
หวีพลาสติก		✓		✓	✓			✓

สรุปผลการทดลอง

ลักษณะของการเปลี่ยนแปลง คือ กระดาษเคลื่อนที่เข้าไปหาลูกโป่งและติดอยู่อย่างนั้นแต่เมื่อเอานิ้วสัมผัสกระดาษที่ติดกับลูกโป่งกระดาษจะหลุดออกจากผิวของลูกโป่งได้

อภิปรายผลการทดลอง

การที่กระดาษเคลื่อนที่ไปยังลูกโป่ง แสดงว่ามีแรงกระทำระหว่างกระดาษและลูกโป่ง ซึ่งแรงนี้เกิดขึ้นภายหลังที่มีการถูลูกโป่ง ซึ่งจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าอิสระขึ้นที่ผิว ประจุอิสระที่ผิวของลูกโป่ง สามารถดูดวัตถุเบาๆ เช่น กระดาษติดชูได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้พัดลม
2. ผู้ทำการทดลองควรใส่รองเท้าขณะทำการทดลอง

คำถามหลังการทำกิจกรรม

1. นักเรียนอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมนี้ว่าอย่างไร

ตอบ การที่กระดาษเคลื่อนที่ไปยังลูกโป่ง แสดงว่ามีแรงกระทำระหว่างกระดาษและลูกโป่ง ซึ่งแรงนี้เกิดขึ้นภายหลังที่มีการถูลูกโป่ง ซึ่งจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าอิสระขึ้นที่ผิว ประจุอิสระที่ผิวของลูกโป่ง สามารถดูดวัตถุเบาๆ เช่น กระดาษทิชชูได้

2. เมื่อนำลูกโป่งที่ถูแล้วนี้มาวางใกล้ๆ คลิปหนีบกระดาษ เหตุใดไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง อธิบาย

ตอบ เนื่องจากคลิปหนีบกระดาษมีมวลมาก (เมื่อเทียบกับเศษกระดาษทิชชู) ประจุอิสระบนผิวลูกโป่งมีแรงดึงดูดน้อยจึงไม่สามารถทำให้วัตถุดังกล่าวเคลื่อนที่ได้

3. นอกจากการขัดสีหรือถูแล้ว ยังมีวิธีการทำให้วัตถุเกิดประจุอิสระได้อีกหรือไม่ อะไรบ้าง

ตอบ นอกจากการขัดสีหรือถู ยังมี การถ่ายเทหรือแตะ และการเหนี่ยวนำหรือล่อ

4. ถ้านำวัตถุประเภทตัวนำ เช่น ทองแดง กับเงิน มาเสียดสีหรือขัดถูกัน จะเกิดประจุไฟฟ้าอิสระขึ้นที่ผิวโลหะหรือไม่ อย่างไร

ตอบ โอกาสเกิดปรากฏการณ์ประจุไฟฟ้าบนผิววัสดุไม่เท่ากันนั้นยาก แต่ก็สามารถเกิดขึ้นได้ เนื่องจากเมื่อเกิดประจุไม่เท่ากันก็จะเกิดการถ่ายเทให้ประจุเท่ากันทันที เพราะประจุอิสระเคลื่อนที่ได้ดี

5. นักเรียนคิดว่าจะได้อะไรจากการทำกิจกรรมการทดลองนี้

ตอบ คำตอบเปิดกว้างให้นักเรียนมีสิทธิแสดงความคิดเห็น

แนวทางการตอบใบงานที่ 1

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าสถิต รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
เรื่อง ประจุไฟฟ้า เวลา 20 นาที

คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. ถ้านำขนสัตว์ไปถูกับวัตถุอื่นๆ ขนสัตว์มักจะมีประจุไฟฟ้าชนิดใด

ตอบ ประจุบวก

2. ถ้านำเซลลูลอยด์ไปถูกับวัตถุอื่นๆ เซลลูลอยด์มักจะมีประจุไฟฟ้าชนิดใด

ตอบ ประจุลบ

3. ถ้านำเอายางสนถูกับผ้าแพร วัตถุใดจะเกิดประจุบวก และวัตถุใดจะเกิดประจุลบ

ตอบ ยางสนมีประจุบวก ส่วนผ้าแพรมีประจุลบ

พิจารณาจากภาพต่อไปนี้



4. ก่อนการขัดสี สมบัติทางไฟฟ้าของ A และ B เป็นอย่างไร

ตอบ เป็นกลางทางไฟฟ้า คือมีประจุบวกและประจุลบเท่ากัน จึงไม่มีประจุ

5. หลังการขัดสี สมบัติทางไฟฟ้าของ A และ B เป็นอย่างไร

ตอบ A เป็นบวกทางไฟฟ้า (มีประจุบวกอิสระ) B เป็นลบทางไฟฟ้า (มีประจุลบอิสระ)

6. จำนวนประจุไฟฟ้าอิสระ ภายหลังการขัดสี บน A และ B เป็นเท่าไร

ตอบ A มีประจุบวกอิสระ 4 ประจุ B มีประจุลบอิสระ 4 ประจุ

7. ชนิดของประจุไฟฟ้าอิสระภายหลังการขัดสี บน A และ B เป็นอย่างไร

ตอบ A และ B มีประจุไฟฟ้าต่างกัน

8. ถ้าต้องการให้ A และ B กลับมาเป็นกลางทางไฟฟ้า จะมีวิธีทำได้อย่างไร

ตอบ นำวัตถุ A และ B มาสัมผัสกันอีกครั้ง

9. ในกรณีที่ A เป็นกลาง แต่ B มีประจุไฟฟ้าอิสระเป็นบวก หลังการนำมาถูกัน A จะมีประจุหรือไม่อย่างไร

ตอบ มีประจุไฟฟ้าอิสระบวก เนื่องจาก ประจุไฟฟ้าอิสระลบของ A ถ่ายเทไปยังวัตถุ B

10. สามารถสรุปความสัมพันธ์ของจำนวนและชนิดของประจุอิสระบนคู่วัตถุภายหลังการขัดสีได้อย่างไร

ตอบ คู่วัตถุหลังการขัดสีจะเกิดประจุอิสระต่างชนิดกัน แต่จะมีขนาดหรือจำนวนของประจุอิสระของแต่ละวัตถุเท่ากัน

เฉลยคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าสถิต รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
เรื่อง ประจุไฟฟ้า เวลา 10 นาที

ชื่อ.....สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.		X		
2.				X
3.		X		
4.		X		
5.			X	
6.			X	
7.	X			
8.	X			
9.			X	
10.				X

ทดสอบก่อนเรียน		ทดสอบหลังเรียน	
เต็ม	ได้	เต็ม	ได้
10		10	

เกณฑ์การประเมิน

ทำถูก 9-10 ข้อ	อยู่ในเกณฑ์ ดีมาก
ทำถูก 7-8 ข้อ	อยู่ในเกณฑ์ ดี
ทำถูก 5-6 ข้อ	อยู่ในเกณฑ์ พอใช้
ทำถูก 0-4 ข้อ	อยู่ในเกณฑ์ ปรับปรุง

ผู้ประเมิน.....ครูผู้สอน

(นายสราวุธ กิ่งภาพ)

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าสถิต รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 รหัสวิชา ว33204 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

เรื่อง _____ วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____
ชื่อ _____ ชั้น _____ เลขที่ _____

ด้านคุณธรรม จริยธรรม (A) ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 ว33204

เกณฑ์ นักเรียนมีพฤติกรรมอย่างไรให้ตอบในช่องที่ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียนในขณะนั้นมากที่สุด

ไม่แสดงพฤติกรรมนั้นเลย	ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ 1
แสดงพฤติกรรมนั้นเล็กน้อย	ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ 2
แสดงพฤติกรรมนั้นเป็นครั้งคราว	ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ 3
แสดงพฤติกรรมนั้นบ่อยๆ	ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ 4
แสดงพฤติกรรมนั้นเป็นประจำ	ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ 5

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านแบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ของการเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 4 ว 33204 แล้วพิจารณาว่าพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกมาตรงกับข้อใด แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียนมากที่สุด (ขอให้นักเรียนตอบแบบประเมินด้วยความซื่อสัตย์)

ข้อ ที่	พฤติกรรมที่ประเมิน	ระดับพฤติกรรม				
		1	2	3	4	5
1.	ตรงต่อเวลา					
	เข้าเรียนตรงเวลา และเข้าเรียนเต็มเวลา					
2.	มีวินัย					
	แต่งกายถูกระเบียบของโรงเรียน สะอาด เรียบร้อย					
3.	ความสนใจใฝ่รู้					
	นักเรียนให้ความร่วมมือในการเรียนรู้ การตอบคำถาม การแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล					
4.	จิตวิทยาศาสตร์					
	ลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดขึ้นจากการศึกษาหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อันได้แก่ การสังเกต ความซื่อสัตย์ รอบคอบ					
5.	ทำงานกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์					
	มีความเป็นประชาธิปไตย ยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น ไม่ยึดมั่นในความคิดเห็นตนเอง ยอมรับการเปลี่ยนแปลง					
รวมคะแนน						
ระดับคุณภาพ						

เกณฑ์การประเมิน	
รวมคะแนน	ระดับคุณภาพ
22-25 คะแนน	ดีมาก
18-21 คะแนน	ดี
13-17 คะแนน	พอใช้
0-12 คะแนน	ปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก อนุภาคมูลฐาน (Elementary Particles)

องค์ประกอบเบื้องต้นของวัตถุ

โมเลกุล ประกอบด้วยอะตอม ซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานทางเคมีของธาตุ อะตอมประกอบด้วยอนุภาคย่อยลงไปอีก คือ โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน และโปรตอนกับนิวตรอน ก็ยังประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กลงไปอีก เรียกว่า ควาร์ก (quark) ปัจจุบัน เชื่อกันว่าวัตถุประกอบด้วยอนุภาคพื้นฐาน 2 อย่าง คือ ควาร์ก กับเลปตอน (lepton) ซึ่งอิเล็กตรอน ก็เป็นเลปตอนชนิดหนึ่ง

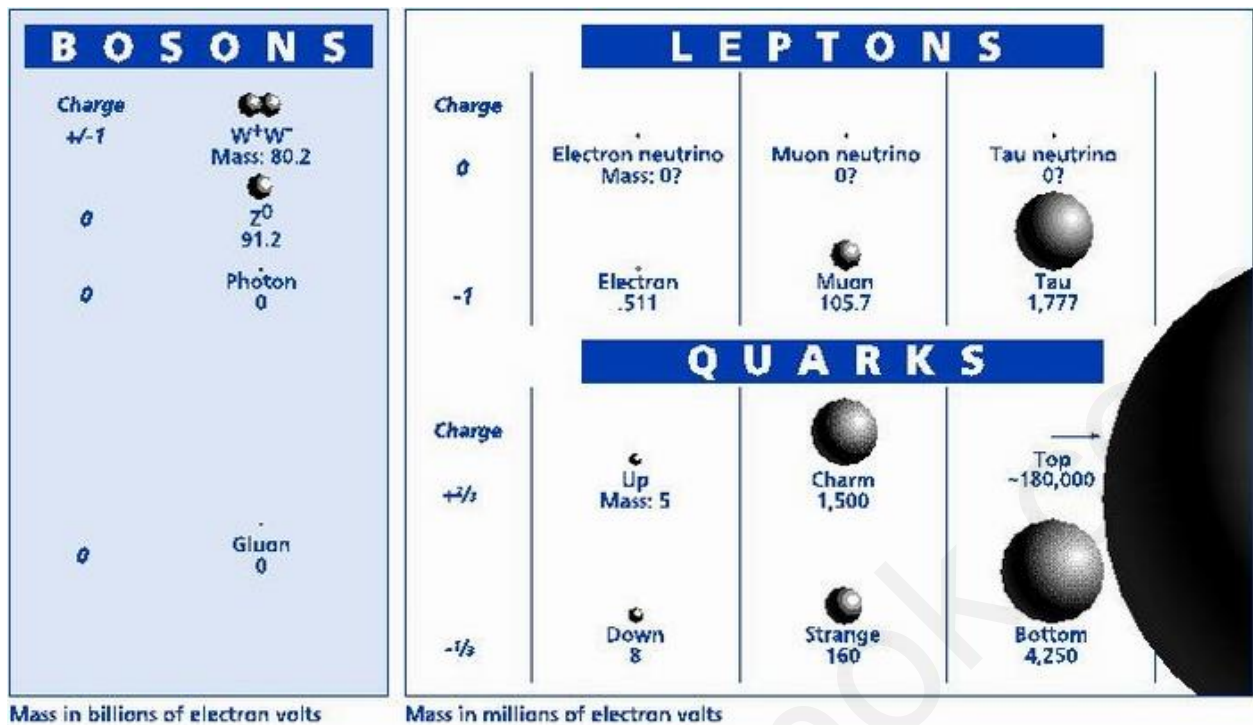
ปัจจุบันเชื่อว่า ทั้งควาร์กและเลปตอน แบ่งออกเป็น 6 ชนิด แต่ละชนิด ยังมีปฏิอนุภาค (antiparticle) ซึ่งเป็นอนุภาคแบบเดียวกัน มีมวลเท่ากัน แต่มีประจุไฟฟ้า และโมเมนตัมแม่เหล็กตรงข้ามกัน

ปัจจุบันยังไม่พบควาร์กที่เป็นอิสระ แต่จะพบรวมกันเป็น 2 หรือ 3 อนุภาค กับ quark หรือ antiquark อื่น เป็นอนุภาคที่เรียกว่า hadrons ซึ่งพบแล้วมากกว่า 200 ชนิด มี 2 ทฤษฎี ที่ทำนายถึงการมีอนุภาคที่มี 5 quark เรียกว่า pentaquark ซึ่งสามารถผลิตขึ้นได้แล้ว ในห้องปฏิบัติการ ส่วนอนุภาคที่ประกอบด้วย 4 และ 6 quark มีทฤษฎีที่ทำนายไว้เช่นกัน แต่ยังไม่มีการตรวจพบ

lepton ที่รู้จักกันมากที่สุด คือ อิเล็กตรอน ส่วนอีก 5 ชนิด ได้แก่ muon, อนุภาค tau, และนิวตริโน (neutrino) อีก 3 ชนิด คือ electron neutrino, muon neutrino และ tau neutrino

quark 6 ชนิด มีการตั้งชื่อกันไปแปลกๆ คือ up, down, charm, strange, top (truth), และ bottom (beauty)

top quark เป็นอนุภาคที่มีมวลมากกว่าอะตอมของทอง และมีน้ำหนัก มากกว่าอนุภาคตัวถัดมาประมาณ 35 เท่า ซึ่งอาจเป็นอนุภาคที่หนักที่สุด ที่มีในธรรมชาติ quark ที่พบในวัตถุทั่วไป คือ quark ชนิด up และ down ซึ่งเป็นองค์ประกอบของโปรตอนกับนิวตรอน โดยโปรตอนประกอบด้วย 2 up quark กับ 1 down quark ส่วนนิวตรอนประกอบด้วย 1 up quark กับ 2 down quark pentaquark ประกอบด้วย 2 up quark 2 down quark กับ 1 strange quark (quark มีประจุเป็น $\frac{1}{3}$ หรือ $\frac{2}{3}$ ของประจุมูลฐานของอิเล็กตรอน หรือโปรตอน)



ตัวส่งผ่านแรง (Carrier of the Basic Forces)

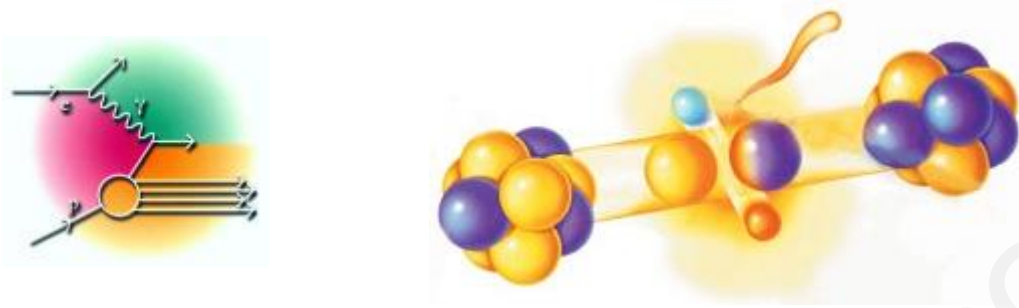
อนุภาคมูลฐานภายในวัตถุจะเกิดอันตรกิริยากันด้วยแรงที่แตกต่างกัน 4 ชนิด คือ แรงโน้มถ่วง (gravitation) แรงแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetism) แรงนิวเคลียร์ชนิดแรง (strong interaction) และแรงนิวเคลียร์ชนิดอ่อน (weak interaction)

แรงบางอย่างเกิดจากการกระทำต่อกันของอนุภาคทุกชนิด ขณะที่แรงบางอย่างจะเกิดกับอนุภาคบางชนิด เช่น แรงโน้มถ่วง (gravitational force) เป็นแรงกระทำที่เกิดกับอนุภาคทุกชนิด แรงแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic force) จะกระทำเฉพาะกับอนุภาคที่มีประจุ เช่น อิเล็กตรอน และ muon ส่วน strong force จะเกิดขึ้นภายในโครงสร้างของนิวเคลียส และเกิดเฉพาะกับอนุภาคที่ประกอบด้วย quark อนุภาคชนิดอื่น เช่น อิเล็กตรอน muon และ neutrino 3 ชนิด จะไม่เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบแรง (strong nuclear interaction) แต่จะเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์แบบอ่อน (weak nuclear interaction) ในกระบวนการสลายตัว ที่ให้อนุภาคออกมา (particle decay)

แรงแต่ละชนิดจะมีตัวกลางในการส่งผ่านแรง เป็นอนุภาคมูลฐาน โดยแรงแม่เหล็กไฟฟ้า มี โฟตอน (photon) เป็นตัวกลาง ซึ่งเป็นควอนตัมพื้นฐาน ของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า strong force มี gluon เป็นตัวกลาง weak force มีอนุภาค W และอนุภาค Z เป็นตัวกลาง และคาดกันว่า แรงโน้มถ่วงมี graviton เป็นตัวกลาง ทฤษฎีสถานควอนตัม (quantum field theory) ที่ใช้อธิบายแรงแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่า quantum electrodynamics และทฤษฎีที่ใช้อธิบาย แรงนิวเคลียร์ชนิดแรง เรียกว่า quantum chromodynamics

ในปี 1979 Sheldon Glashow, Steven Weinberg และ Abdus Salam ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ในผลงานที่แสดงให้เห็นว่า electromagnetic force กับ weak force นั้น ความจริงแสดงออกมาเป็น

แรงเดียว เรียกว่า electroweak force ขณะนี้ กำลังมีความพยายามที่จะหาทฤษฎี ที่จะอธิบายการรวมแรงทั้งหมดเป็นแรงเดียว ซึ่งเรียกว่า unified theory



รูปแบบพื้นฐานของฟิสิกส์อนุภาค (Standard Model of Particle Physics)

ลักษณะของอนุภาคทุกชนิดภายในอะตอม สามารถอธิบายได้โดยใช้ทฤษฎีเดียว เรียกว่า Standard Model ซึ่ง Model นี้ เป็นการรวม quark และ lepton รวมทั้งแรงกระทำแบบ strong force, weak force และ electromagnetic force ยกเว้นเฉพาะ gravity force ที่ยังไม่อยู่ใน Standard Model

อนุภาคที่ใช้ส่งผ่านแรง เรียกว่า gauge boson ซึ่งโดยพื้นฐานแล้ว แตกต่างจาก quark และ lepton ในวัตถุปกติ แรงมูลฐานจะแสดงแรงกระทำด้วยลักษณะที่ต่างกัน แต่ Standard Model แสดงให้เห็นว่าทั้งหมดมีพื้นฐานที่คล้ายกันในสภาวะที่พลังงานสูง

แม้ว่า Standard Model จะสามารถอธิบายแรงกระทำระหว่าง quark lepton และ boson แต่ทฤษฎีนี้ไม่ได้อธิบายรวมไปถึง คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของอนุภาค คือ มวล อนุภาคที่เบาที่สุด คือ อิเล็กตรอน และอนุภาคที่หนักที่สุด ซึ่งเชื่อว่าเป็น top quark มีมวลอย่างน้อย 200,000 เท่าของอิเล็กตรอน ในปี 1964 Peter W. Higgs นักฟิสิกส์ชาวสกอตต์ จากมหาวิทยาลัย Edinburg ได้เสนอกลไกในการอธิบายว่า อนุภาคมูลฐานมีมวลได้อย่างไร ทฤษฎี Higgs กล่าวว่า ทุกๆพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยสนาม ซึ่งปัจจุบันเรียกว่า สนามฮิกส์ (Higgs field) คล้ายกับกรณีของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic field) เมื่ออนุภาคมีการเคลื่อนที่ จะเคลื่อนผ่านสนามนี้ และเกิดปฏิกิริยากับสนาม ทำให้ปรากฏเป็นมวลออกมา พื้นฐานของทฤษฎีควอนตัม (quantum theory) คือสภาวะคู่ของ คลื่น-อนุภาค (wave-particle duality) ทุกสนามจะมีส่วนที่เป็นอนุภาคด้วย อนุภาคของ Higgs field คือ Higgs boson เป็นอนุภาคที่ไม่มีสปิน หรือประจุไฟฟ้า แม้ว่าจะเรียก boson แต่ไม่ได้เป็นตัวกลางของแรงอย่างเช่น boson ชนิดอื่น ขณะนี้ ยังไม่มีการตรวจพบ Higgs boson การค้นพบ Higgs boson จึงจะเป็นการยืนยันถึง Higgs field และสมมติฐานของ Higgs เรื่องมวลนั้นถูกต้อง และทำให้ Standard Model ยังคงใช้อยู่ได้

การจำแนกชนิดของอนุภาคมูลฐาน (Classification of Elementary Particles)

อนุภาคมูลฐาน แบ่งประเภทโดยใช้ ทฤษฎีทางสถิติ 2 ทฤษฎี ได้แก่ Fermi-Dirac Statistic ซึ่งใช้สำหรับอนุภาคที่เป็นไปตาม Pauli exclusion principle อนุภาคที่ใช้ Fermi-Dirac Statistic เรียกว่า

fermion ได้แก่ lepton และ quark ซึ่งตามทฤษฎีนี้ 2 fermion จะอยู่ที่ quantum state เดียวกันไม่ได้ อีกสถิติหนึ่ง คือ Bose-Einstein statistics ใช้กับอนุภาคทุกชนิด ยกเว้นอนุภาคที่อยู่ภายใต้ exclusion principle เช่น boson ทฤษฎีนี้ไม่มีการจำกัดจำนวน boson ที่จะอยู่ใน quantum state เดียวกัน โดยทั่วไป fermion จะเป็นองค์ประกอบของอะตอมกับนิวเคลียส ขณะที่ boson เป็นตัวส่งผ่านแรงระหว่าง fermion อนุภาคที่เป็น boson ได้แก่ photon, gluon และอนุภาค W กับ Z

มีการแบ่งประเภทของอนุภาค โดยใช้ลักษณะของการเกิดปฏิกิริยาต่อกัน เช่น อนุภาคที่เกิดปฏิกิริยาต่อกันสูง ได้แก่ meson หรือ baryon ปัจจุบันทราบกันว่า meson ประกอบด้วย คู่ของ quark กับ antiquark ส่วน baryon ประกอบด้วย 3 quark อนุภาคที่จัดเป็น meson ส่วนใหญ่มีมวลมากกว่า lepton แต่มีมวลน้อยกว่า proton กับ neutron ยกเว้นบางชนิดที่อาจมีมวลมากกว่า อนุภาคที่จัดเป็น baryon ที่มีมวลน้อยที่สุด คือ proton กับ neutron อนุภาค baryon ที่มีมวลมากกว่า คือ hyperon

ในการแบ่งประเภทเป็น meson กับ baryon ยังมีอนุภาคบางชนิด ที่ไม่สามารถตรวจวัดได้โดยตรง เนื่องจากมีอายุสั้นมาก ไม่ทิ้งรอยไว้ใน cloud chamber หรือ bubble chamber อนุภาคเหล่านี้ เรียกว่า resonance หรือ resonance states เนื่องจากการเกิดขึ้นแบบเดียวกับการ resonance ของ วงจรไฟฟ้า

กฎการอนุรักษ์และการสมมาตร (Conservation Laws and Symmetry)

มีการใช้กฎการอนุรักษ์หลายกฎ สำหรับอนุภาคมูลฐาน เช่น กฎการอนุรักษ์มวล-พลังงาน (conservation of mass-energy) กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงเส้น กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม และกฎการอนุรักษ์ประจุ นอกจากนั้นยังมีกฎการอนุรักษ์อื่น ที่ใช้สำหรับฟิสิกส์ของอนุภาคอีก เช่น กฎการอนุรักษ์ 3 อนุภาคของเลปตอน (three conservation laws for lepton) ซึ่งใช้สำหรับ electron muon และ tau และกฎการอนุรักษ์ที่ใช้สำหรับอนุภาคที่เป็น baryon

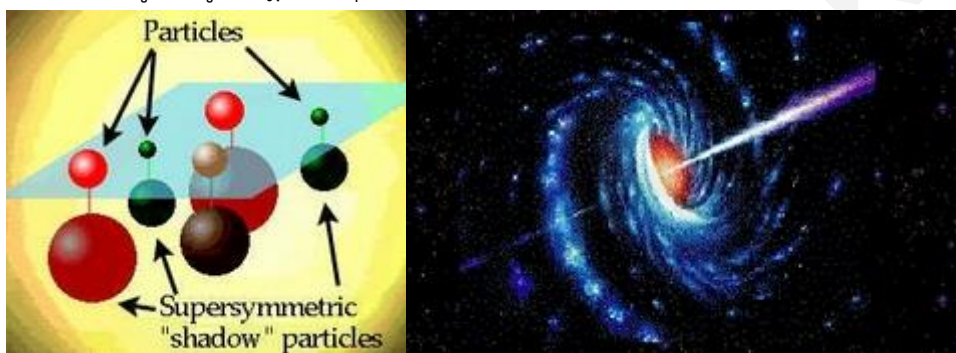
มีการนำคำศัพท์ใหม่ๆ มาใช้ในการอธิบายคุณสมบัติของอนุภาค ตัวอย่างเช่น การสลายตัวอย่างๆ ของ kaon, lambda hyperon และอนุภาคอื่นๆ อีกบางชนิด ทำให้นักฟิสิกส์สรุปว่า กฎการอนุรักษ์บางกฎทำให้อนุภาคไม่สลายตัวในทันที ในแบบ strong interaction แต่มีการสลายตัวแบบ weak interaction ปริมาณชนิดใหม่นี้ เรียกว่า strangeness ซึ่งมีการอนุรักษ์ทั้ง strong interaction และ electromagnetic interaction แต่ไม่อนุรักษ์ใน weak interaction ดังนั้น การสลายตัวของอนุภาค strange ไปเป็นอนุภาค nonstrange เช่น lambda ไปเป็น proton กับ pion จะมีการเกิดเฉพาะ weak interaction อย่างช้าๆ โดยไม่เกิด strong interaction

ปริมาณอีกชนิดหนึ่ง ที่ใช้อธิบายลักษณะของอนุภาคที่มีการเกิดเป็นกลุ่ม เรียกว่า multiplet โดยเป็นอนุภาคที่มีมวลเท่ากัน แต่มีประจุต่างกัน ตัวอย่าง multiplet ได้แก่ โปรตอน กับนิวตรอน

ปริมาณใหม่อีกชนิดหนึ่ง ที่ใช้อธิบายผลการเปลี่ยน จากโปรตอนไปเป็นนิวตรอน หรือนิวตรอนไปเป็นโปรตอน ในทางคณิตศาสตร์ เรียกว่า isotopic spin การใช้ชื่อนี้ เนื่องจาก ผลรวมของจำนวนโปรตอนกับนิวตรอน ในนิวเคลียส แสดงถึงชนิดของไอโซโทปของอะตอม และคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายค่าของ ordinary

spin (intrinsic angular momentum ของอนุภาคมูลฐาน) มีค่าเดียวกัน ความจริง isotopic spin ไม่มีผลกับ spin แต่แสดง vector ที่มีการหมุนใน imaginary space ซึ่ง isotopic spin นี้จะอนุรักษ์เฉพาะใน strong interaction กฎการอนุรักษ์ มีความสัมพันธ์กับหลักการสมมาตร 3 ชนิด (three symmetry principles) ซึ่งใช้กับสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลง ของปริมาณของตัวแปรที่ต้องสมมาตรกัน ได้แก่ charge conjunction (C) คือมีค่าที่เท่ากัน เมื่อมีการเปลี่ยนจาก particle กับ antiparticle parity (P) ซึ่งเป็น mirror image symmetry เมื่อมีการเปลี่ยนในลักษณะของซ้ายกับขวา time-reversal (T) ซึ่ง order จะคนละด้าน เมื่อเกิดเหตุการณ์ขึ้น

ตามหลักการสมมาตรนี้ เมื่อมีตัวแปรใดของอนุภาคมีการเปลี่ยนแปลง จะทำให้เกิดปฏิกิริยาที่สองขึ้นด้วย แต่ในปี 1956 มีการทดลองที่พบว่า weak interaction ไม่อนุรักษ์ parity ตัวอย่างเช่น มีการสลายตัวของอนุภาคแล้วไม่ได้เกิดคู่ของ mirror image แม้ว่าจะมีบางกรณีที่ไม่อนุรักษ์ตามกฎนี้ แต่เมื่อรวมทุกตัวแปรแล้ว กฎนี้ก็ยังสามารถใช้ได้ โดยรู้จักกฎการอนุรักษ์นี้กันในชื่อ CPT theorem



ตารางแสดงคุณสมบัติของอนุภาคมูลฐาน

อนุภาคแต่ละชนิด ยกเว้น photon, gluon และ Z-boson มี antiparticle ซึ่งมีมวลเท่ากัน แต่มีประจุตรงข้ามกัน ส่วนใหญ่จะใช้สัญลักษณ์เหมือนกัน โดย antiparticle มีขีดอยู่ด้านบน

Leptons

อนุภาค	สัญลักษณ์	มวล (MeV/c ²)	ประจุไฟฟ้า
electron	e ⁻	0.511	-1
muon	mu ⁻	105.7	-1
tau	τ	1784.1	-1
electron neutrino	nu-e	<7.3x10 ⁻⁶	0
muon neutrino	nu-mu	<0.27	0
tau neutrino	nu-τ	<35	0

Quarks

อนุภาค	สัญลักษณ์	มวล (MeV/c^2)	ประจุไฟฟ้า
down	d	5-15	-1/3
up	u	2-8	2/3
strange	s	100-300	-1/3
charm	c	1300-1700	2/3
bottom	b	4700-5300	-1/3
top	t	<91,000	2/3

Gauge Bosons

อนุภาค	สัญลักษณ์	มวล (MeV/c^2)	ประจุไฟฟ้า
photon	gamma	0	0
gluon	g	0	0
W-boson	W	80,200	1
Z-boson	Z	91,170	0

Hadrons

อนุภาค	สัญลักษณ์	มวล (MeV/c^2)	ประจุไฟฟ้า	จำนวนควาร์ก
positive pion	π^+	139.6	1	ud
positive kaon	K^+	493.7	1	us
proton	p	938.3	1	uud
neutron	n	939.6	0	udd
lambda	lambda	1115.6	0	uds

ภาคผนวก ข ลำดับขั้นของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method)

ลำดับขั้นของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีลำดับขั้นที่สำคัญดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา (Definition of problem) เป็นจุดเริ่มต้นของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ปัญหา มักจะได้รับการสังเกต (Observation) อย่างละเอียดรอบคอบ การสังเกตถือเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ การกำหนดปัญหาต้องกำหนดให้ชัดเจน ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างของการกำหนดปัญหา

- ทำไมพืชจึงต้องการแสงสว่าง
- เพราะเหตุใดคนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจึงมักจะเป็นโรคคอตีบ
- นักปักษีวิทยาหาหนทางในการอพยพได้อย่างไร
- อะไรเป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็งในปอด

ความเป็นคนช่างสังเกตและความอยากรู้อยากเห็นอาจเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหา การสังเกตจะช่วยให้เห็นความผิดปกติซึ่งเป็นบ่อเกิดของปัญหา ตัวอย่างของการช่างสังเกตของนักวิทยาศาสตร์และทำให้เกิดปัญหา เช่น เซอร์ อเล็กซานเดอร์ เฟลมมิง (Sir Alexander Fleming) นักจุลชีววิทยาชาวอังกฤษได้ สังเกตว่า ถ้ามีราเพนิซิลเลียม (Penicillium sp.) อยู่ในจานเพาะเชื้อแบคทีเรียด้วย แบคทีเรียจะไม่เจริญงอกงาม จึงทำให้เขาเกิดปัญหาคือว่า ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น และเป็นแนวทางทำให้เขาคิดสังเคราะห์เพนิซิลินจากราเพนิซิลเลียม ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้สำเร็จในที่สุด

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูล (Collect information) เป็นการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่ เกี่ยวข้องกับ ปัญหาจากตำรา หรือวารสาร หรือแหล่งอื่นๆ เช่นมีปัญหาว่าทำไมพืชจึงต้องการแสงสว่าง ก่อนอื่นต้องศึกษา ว่ามีผู้ที่ศึกษาเรื่องนี้มาก่อนหรือไม่ ซึ่งอาจทำได้โดยการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลจากห้องสมุดหรือแหล่งต่างๆ ที่ สามารถทำได้

ขั้นที่ 3 ตั้งสมมติฐาน (Statement of hypothesis) เป็นการทำนายเหตุผลของการเกิด ปรากฏการณ์ นั้นๆ โดยใช้ข้อมูลจากขั้นที่ 2 เช่น หลังจากรวบรวมข้อมูลการศึกษาลงของแสงสว่างที่มีต่อพืช อาจจะต้องตั้งสมมติฐานว่า พืชต้องการแสงสว่างเพื่อการดำรงชีวิต

ขั้นที่ 4 การทดลอง (Experimenting) เพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าถูกต้องหรือไม่ ในการ ทดลองจะต้องมีการวางแผน กำหนดรูปแบบและวิธีการทดลองอย่างรอบคอบ และจะต้องมีการควบคุมตัวแปร ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง สำหรับกรณีการทดสอบสมมติฐานที่ว่า พืชต้องการแสงสว่างเพื่อการดำรงชีวิต จะต้อง ทดลองเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 พืชอยู่ในที่ที่มีแสงสว่าง กลุ่มที่ 2 พืชอยู่ในที่มืด แต่ทั้ง 2 กลุ่มจะต้องควบคุม เกี่ยวกับชนิดของพืช ขนาดของพืช ขนาดของภาชนะที่ใช้ปลูก ชนิดของดิน การดูแลรักษา ฯลฯ ให้เหมือนกัน

ขั้นที่ 5 การสรุปผล (Conclusion) เป็นการสรุปผลหรือวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อหาข้อสรุป เพื่อยืนยันหรือปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ แต่จะต้องทำด้วยความระมัดระวัง และจะต้องมีการทดลองซ้ำหลายๆ ครั้งก่อนที่จะสรุปผล หากสมมติฐานที่ตั้งไว้ต้องการสรุปผลจะตรงกับสมมติฐาน จากตัวอย่างการทดลองในขั้นที่ 4 และถ้าได้ทำการทดลองหลายๆ ครั้งแล้วผลการทดลองปรากฏว่าพืชกลุ่มที่ 1 เจริญเติบโตได้ดี ในขณะที่พืชกลุ่มที่ 2 ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เราก็สามารถที่จะสรุปผลได้ว่าพืชต้องการแสงสว่างเพื่อการดำรงชีวิตซึ่งจะตรงกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ และแสดงว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ถูกต้อง

ถ้าสมมติฐานที่ตั้งไว้ถูกต้อง ได้รับการตรวจสอบหลายครั้งหลายหน และสามารถใช้อธิบายข้อเท็จจริง หรือเหตุการณ์ได้อย่างกว้างขวางแล้วก็สามารถตั้งเป็นทฤษฎี (Theory) ได้ ต่อมาหากได้มีการทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีอีกหลายๆ ครั้ง ทฤษฎีก็จะกลายเป็นกฎ (Law) ในที่สุด

หากผลการทดลองปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ก็ต้องย้อนกลับไปขั้นที่ 2 ใหม่ เพื่อหาข้อมูลตั้งสมมติฐานใหม่

การศึกษาโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ถือเป็นกระบวนการปฏิบัติเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้องอันเป็นสาเหตุของปัญหา แล้วนำสาเหตุดังกล่าวมาวิเคราะห์หาวิธีแก้ปัญหาคต่อไป วิธีการนี้มักจะใช้ศึกษาสภาพปัญหาทางสิ่งแวดล้อม เช่น ทดลองหาสารพิษในน้ำ ในดิน ทดลองหาความสัมพันธ์ของพืชและสัตว์เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น

ภาคผนวก ค ความรู้เกี่ยวกับการเขียนรายงานการทดลอง

รายงานการทดลอง คือ รายงานที่ใช้แสดงรายละเอียดของข้อมูลที่เก็บมาได้จากการทดลอง ซึ่งมีไว้เพื่อใช้แสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรหรืออธิบายพฤติกรรมต่างๆ ตามที่ตั้งสมมติฐานไว้ นอกจากนี้ยังใช้อธิบายถึงความแตกต่างระหว่างทฤษฎีและการทดลอง รวมทั้งหาสาเหตุและผลกระทบที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการทดลอง โดยใช้หลักการพื้นฐานและทฤษฎีเกี่ยวข้องมาอธิบายให้กระจ่าง รายงานที่ดีจะต้องนำเสนอให้ผู้อ่านเข้าใจเป็นลำดับ

รายงานการทดลอง ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. หน้าแรกหรือหน้าปก
2. จุดประสงค์การทดลอง
3. สมมติฐานการทดลอง
4. การกำหนดและควบคุมตัวแปร
5. ทฤษฎี หลักการที่เกี่ยวข้อง
6. รายการวัสดุ อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
7. วิธีการทดลอง
8. ผลการทดลอง
9. สรุปการทดลอง
10. อภิปรายและวิเคราะห์ผลการทดลอง
11. หัวข้ออื่น เช่น หนังสืออ้างอิง หรือภาคผนวก
12. คำถามการทดลอง

ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. **หน้าแรก** (ชื่อเรื่องการทดลอง ชื่อ - นามสกุล ของผู้ทดลอง วิชา หัวข้อเรื่อง ฯลฯ) รวมทั้งรายละเอียดต่างๆ ที่จำเป็น

2. จุดประสงค์การทดลอง

จุดประสงค์การทดลอง คือ สิ่งที่ทำให้เกิดความเข้าใจว่าการทดลอง จะทำให้ได้รับสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

- 2.1 ได้เรียนรู้ถึงแนวคิดพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง
- 2.2 ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์การทดลองยุคใหม่
- 2.3 เรียนรู้ถึงวิธีการวัดที่เชื่อถือได้ เข้าใจถึงความละเอียดการวัดและการคำนวณเลขนัยสำคัญ

ที่เหมาะสม

2.4 เรียนรู้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลและการวิเคราะห์กราฟ

2.5 เรียนรู้วิธีการเขียนรายงานการทดลอง ทำให้ทราบวิธีการทดลองอย่างเป็นระบบ

นอกจากนี้ยังเป็นส่วนกำหนดเป้าหมายของการทดลองเพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ของตัวแปร หรือเพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบการะบวนการและตัวแปรต่างๆ

3. สมมติฐานการทดลอง

เป็นความชำนาญในการทำนายผลหรือคาดเดาเหตุการณ์หรือคิดคำตอบล่วงหน้าอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐานสมมติฐานหรือคำตอบที่คาดคะเนไวล่วงหน้า จะต้องเป็นสิ่งที่ยังไม่ทราบหรือไม่เคยเห็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ยังไม่เป็นหลักการหรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐานเป็นเครื่องกำหนดแนวทางในการออกแบบการทดลอง มีหลักการตั้งสมมติฐานดังนี้

3.1 สมมติฐานต้องเป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม และ เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเพื่อขยายความให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่อยู่ในขอบข่ายเดียวกันให้กว้างขวางขึ้น

3.2 อาจตั้งโดยอาศัยข้อมูลจากการสังเกต หรือจากการลงความเห็นจากข้อมูล

3.3 ในสถานการณ์หนึ่งๆ อาจตั้งหนึ่งสมมติฐานหรือหลายสมมติฐานก็ได้ สมมติฐานที่ตั้งขึ้น อาจจะถูกหรือผิดก็ได้ ดังนั้นจำเป็นต้องมีการทดลองเพื่อตรวจสอบว่าสมมติฐานที่ตั้งขึ้นนั้นเป็นที่ยอมรับ หรือไม่ซึ่งจะทราบภายหลังจากการทดลองหาคำตอบแล้ว

4. กำหนดและควบคุมตัวแปร

4.1 ตัวแปรต้น หมายถึง สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลนั้นจริงหรือไม่

4.2 ตัวแปรตาม หมายถึง สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่ เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่ เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

4.3 ตัวแปรควบคุม หมายถึง สิ่งอื่นๆ นอกจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคาดเคลื่อน ถ้าหากไม่มีการควบคุมให้เหมือนกัน

5. ทฤษฎี / หลักการที่เกี่ยวข้อง

เป็นส่วนที่ใช้อธิบายทฤษฎีเบื้องต้นที่ใช้โดยสังเขป (เฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง) และยังใช้สำหรับอธิบายหรือขยายเนื้อหาของ การทดลองให้ชัดเจนยิ่งขึ้น เช่น ที่มาของปัญหา สมมติฐานในการแก้ปัญหา หรือการประยุกต์ใช้งานของวิธีการหรือกระบวนการต่างๆ เป็นต้น บทนำอาจนำเสนอสรุปประกอบเพื่อใช้อธิบายให้กระจ่างยิ่งขึ้น

6. รายการวัสดุ อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เป็นส่วนที่บอกถึงรายการของวัสดุ อุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองในส่วนของเครื่องมือ ควรบอกว่ามีลักษณะอย่างไร ทำอย่างไร อาจใช้วิธีการวาดรูปประกอบก็ได้

7. วิธีการทดลอง

เป็นการอธิบายถึงขั้นตอนในการทดลองตามความเป็นจริง

8. ผลการทดลอง

เป็นส่วนที่แสดงข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง อาจอยู่ในรูปของตารางหรือกราฟแล้วแต่ความเหมาะสม ซึ่งอาจจะสามารถชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรจากการทดลอง ตัวอย่างของการคำนวณต่างๆ ควรนำเสนอไว้ในผลการทดลองเพื่อใช้อธิบายที่มาและคำตอบของตัวแปรที่ทำการศึกษา หากมีตัวแปรที่ต้องคำนวณหลายตัวแปร อาจจะนำไว้ภาคผนวก เพื่อให้ส่วนของผลการทดลองไม่ยาวเกินไป

การเขียนกราฟ

คือ การกำหนดค่าระหว่างค่า y กับค่า x โดยกำหนดให้ค่า y คือค่าที่อยู่ในแกนตั้ง (ตัวแปรตาม) และค่า x คือค่าที่อยู่ในแนวนอน (ตัวแปรต้น) มีหลักการเขียนกราฟดังนี้

1. กราฟความมีความเหมาะสมกับกระดาษกราฟที่ใช้ ไม่ควรประหยัดกราฟและเขียนกราฟให้มีขนาดเล็กเกินไป ควรมีขนาดใหญ่พอที่จะแสดงผลการทดลองได้อย่างชัดเจน
2. ควรลงจุดข้อมูลกระจายเต็มพื้นที่ของกระดาษกราฟที่ใช้ ไม่ควรกำหนดสเกลหรือมาตราส่วนของกราฟที่ทำให้ได้กราฟที่เขียนอยู่มุมใดมุมหนึ่งของกระดาษกราฟหรือเกิดกราฟด้านใดด้านหนึ่งของกระดาษกราฟ
3. ทำการแบ่งสเกลหรือมาตราส่วนของกราฟอย่างเหมาะสม
4. ทำเครื่องหมายที่แสดงจุดของข้อมูลอย่างชัดเจน
5. ให้เขียนคำอธิบายที่แกนตั้งและแนวนอน และมีหน่วยกำกับด้วย
6. ควรมีคำอธิบายที่เกี่ยวกับกราฟอยู่ด้านบนเพื่อแสดงรายละเอียดว่าเป็นกราฟที่เกี่ยวข้องกับอะไร

9. สรุปผลการทดลอง

กล่าวถึงสาระสำคัญที่ได้จากผลการทดลอง สรุปสิ่งที่สัมพันธ์กับจุดประสงค์ว่าการทดลองที่ศึกษาได้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ อธิบายพอสังเขป นอกจากนี้สรุปผลการทดลองควรมีความถูกต้อง โดยระบุจุดประสงค์และเนื้อหาของเรื่องตามที่ปรากฏในการทดลอง ให้มีความเฉพาะ กระชับ ชัดเจน ประโยคแต่ละประโยคมีความหมาย โดยเฉพาะประโยคนำ พยายามเขียนให้สั้นที่สุด เพราะเป็นลักษณะของการรายงานไม่ใช่การประเมิน จึงไม่ควรมีความวิจารณ์ ควรรายงานผลข้อมูลตัวเลขที่สำคัญที่ได้จากการทดลอง ให้มีความน่าอ่านและราบรื่น

10. อธิบายและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในส่วนวิเคราะห์ผลการทดลองจะใช้สำหรับอธิบายถึงความหมายของข้อมูลที่เก็บมาได้หารูปแบบ หรือความสัมพันธ์จากข้อมูล สิ่งที่ค้นพบ และใช้เปรียบเทียบข้อมูลระหว่างการทดลองและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งอาจวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ จากกราฟ โดยการตีความจากกราฟและเปรียบเทียบกับ ทฤษฎี นอกจากนี้ยังใช้อธิบายถึงความคาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น รวมถึงนำเสนอสาเหตุที่ทำให้เกิดความคาดเคลื่อนพร้อมเหตุผลประกอบ บอกแนวทางแก้ไขความคาดเคลื่อนว่ามีอย่างไร นอกจากนี้ยังสามารถอธิบาย ขั้นตอนการทดลองและข้อจำกัดที่เกิดขึ้นจากการทดลอง เช่น การทำซ้ำการทดลอง หรือการปรับค่าตัวแปร บางค่าที่มีผลทำให้ความสัมพันธ์ของการทดลองเปลี่ยนแปลงไป

11. หัวข้ออื่น เช่น หนังสืออ้างอิง หรือ ภาคผนวก หรือข้อเสนอแนะ

หนังสืออ้างอิง คือ วารสาร หนังสือ เอกสารต่างๆ ที่ใช้อ้างอิง

ภาคผนวก เป็นส่วนที่ใช้อธิบายหรือนำเสนอข้อมูลที่ต้องใช้บ่อยๆ หรือเป็นข้อมูลพื้นฐานต่างๆ หรือ ข้อความที่ไม่สามารถบรรจุอยู่ในส่วนของเนื้อหา เป็นส่วนเสริมให้เกิดความเข้าใจชัดเจนขึ้น ซึ่งอาจอยู่ใน รูปแบบของตาราง รูปภาพ สมการ ตัวอย่างการคำนวณ เครื่องมือและอุปกรณ์ ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ข้อเสนอแนะ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ เป็นการให้ความเห็นในเรื่องข้อแนะนำถึงเทคนิคการทดลองที่ทำให้เกิดความแม่นยำหรือ มีประสิทธิภาพมากขึ้น และข้อแนะนำถึงการนำความรู้จากการทดลองนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์

12. คำถามการทดลอง

เป็นการตอบคำถามการทดลองแต่ละเรื่อง ซึ่งควรตอบคำถามแบบสรุป คำตอบไม่เกิน 1-2 ย่อหน้า ควรตอบให้ถูกต้อง ตรงประเด็น ชัดเจนและมีแหล่งอ้างอิง

ภาคผนวก ง ความรู้เบื้องต้นเรื่องทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

ทฤษฎีเกี่ยวกับการทดลอง มีดังนี้

1. ความผิดพลาด (Error)

มีความสำคัญต่อการวัดค่าทางฟิสิกส์ ความผิดพลาดจากการวัดแบ่งเป็น 3 ประการ คือ

1.1 Systematic error เป็นความผิดพลาดที่ทำให้เกิดผลของข้อมูลที่ได้จากการวัดมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าความเป็นจริง เป็นความผิดพลาดที่ยากต่อการกำหนดค่าโดยทันทีทันใดและหาได้จากการเปรียบเทียบกับค่าที่เป็นผลลัพธ์ที่ทราบค่าแน่นอน เช่น ผู้ทดลองแต่ละคนใช้นาฬิกาจับเวลาการวิ่งแข่งแต่นาฬิกาของผู้ทดลองคนหนึ่งจับเวลาได้ช้ากว่าที่ควรจะเป็น ทำให้เวลาของนักวิ่งคนนั้นช้ากว่าที่ควรจะเป็น จะต้องเปรียบเทียบเวลากับนาฬิกาที่เที่ยงตรงจะทราบเวลาที่แท้จริง หรือความไม่เที่ยงตรงที่เกิดจากระบบการวัดหรือวิธีการวัดที่ใช้ เช่น ไม่มีการกำหนดจุดศูนย์ของแอมมิเตอร์ก่อนจะทำการวัด เป็นต้น

1.2 Random error เป็นความผิดพลาดที่มีรูปแบบการเกิดที่ไม่แน่นอน ไม่ได้เกิดจากความบกพร่องของกระบวนการด้านเทคนิคและวิทยาศาสตร์ แต่อาจเกิดจากเวลาในการตอบสนองของมนุษย์ หรือข้อจำกัดเกี่ยวกับความไวของเครื่องมือที่ทำการวัดหรือความสามารถที่จะอ่านค่าได้เที่ยงตรงของผู้ทดลอง

1.3 Illegitimate error เป็นข้อผิดพลาดที่เกิดจากความไม่ใส่ใจต่อการทำการทดลอง สมาชิกผู้ทดลองบางคนเกิดความเข้าใจผิดหรือทำให้เกิดความผิดพลาด ซึ่งเรียกความผิดพลาดแบบนี้ว่า ความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ มักเกิดจากการวัดค่าอย่างไร้ความสามารถ การวัดอย่างไร้ความรู้ ใช้สเกลผิดอ่านสเกลไม่ถูกต้อง เป็นต้น วิธีที่ดีที่สุดคือ ทำการวัดหลายๆ ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

ค่าความละเอียดและค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

ความละเอียดในการทดลองจะหมายถึง การทำการวัดว่ามีความสมบูรณ์หรือไม่ เมื่อทำให้ความไม่แน่นอนมีค่าน้อยลงจะทำให้ค่าความละเอียดมีค่ามากขึ้น นักวิทยาศาสตร์สามารถเปรียบเทียบความละเอียดของการวัดหลายๆ ครั้ง โดยการหาเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด

หาค่าเปอร์เซ็นต์ของความคาดเคลื่อนได้ จากสมการ

$$\text{ค่าความคาดเคลื่อน} = \frac{\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} - \text{ค่าจากทฤษฎี}}{\text{ค่าจากทฤษฎี}}$$

2. เลขนัยสำคัญ

2.1 ค่าความไม่แน่นอนควรมีเลขนัยสำคัญจำนวนหนึ่งหรือสองตัว ไม่ควรมีจำนวนมากกว่าสามตัว

เช่น รูปแบบไม่ควรใช้ $\Delta L_1 = \pm 0.1524 \text{ cm}$

$\Delta L_1 = \pm 0.152 \text{ cm}$

 รูปแบบที่ควรใช้ $\Delta L_1 = \pm 0.1 \text{ cm}$

2.2 จำนวนเลขนัยสำคัญของผลการทดลองจะถูกกำหนดด้วยเลขนัยสำคัญของค่าความไม่แน่นอน

เช่น รูปแบบไม่ควรใช้ $L_1 = 200.51 \pm 0.1 \text{ cm}$

$L_1 = 200 \pm 0.1 \text{ cm}$

 รูปแบบที่ควรใช้ $L_1 = 200.5 \pm 0.1 \text{ cm}$

2.3 การคำนวณเกี่ยวกับเลขนัยสำคัญ ควรให้มีเลขนัยสำคัญเท่ากับตัวเลขที่มีตัวประกอบน้อยที่สุด

ตัวอย่าง	รูปแบบที่ควรใช้	รูปแบบที่ไม่ควรใช้
2.18×3.216	7.01	7.01088 , 7.011
470×0.26	12	12.22 , 12.2
$0.58 \div 346$	0.0017	0.0016763

3. วิธีการทางวิทยาศาสตร์

กฎเกณฑ์ต่างๆ ทางฟิสิกส์ได้ถูกพัฒนามาจากวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแนวทางที่จะใช้ทำให้เกิดการเปรียบเทียบของทฤษฎีที่แตกต่างกันและการเปรียบเทียบกับผลการทดลอง ทฤษฎีที่ใช้อธิบายและใช้ประมาณผลการทดลองทางฟิสิกส์จะกลายเป็นพื้นฐานที่ทำให้เราทราบถึงกฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์

ขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนแรก คือ การตั้งสมมติฐาน สมมติฐานใช้อธิบายสิ่งที่ตามมองเห็นและอธิบายถึงเหตุผลที่เกิดปรากฏการณ์ต่างๆ

ขั้นตอนที่สอง คือ การทดสอบสมมติฐานด้วยการทดลอง สิ่งที่ใช้ทดลองเกิดแนวทางใดแนวทางหนึ่งของการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งอาจเป็นการสังเกตและการตรวจวัดค่าซ้ำใหม่ถ้าการทดลองเป็นการทดสอบที่ไม่เหมาะสมกับสมมติฐานจะไม่สามารถทำการสรุปสมมติฐานที่กำหนดขึ้นได้

ขั้นตอนสุดท้าย คือ การสรุปโดยยึดพื้นฐานของการทดลองที่ใช้ทดสอบสมมติฐานคำถามที่จะต้องตอบคือต้องตอบว่าสมมติฐานที่ตั้งขึ้นในตอนเริ่มต้นได้อธิบายถึงการสังเกตใหม่ที่ค้นพบหรือไม่ ถ้าตอบว่าใช่แสดงว่าการทดลองนี้สามารถบอกได้ว่าสมมติฐานถูกรับรองด้วยสิ่งที่ได้จากการวัดและสามารถยอมรับสิ่งที่ทำนายด้วยการทดลองได้

ภาคผนวก จ ดัชนีคำศัพท์

ลำดับ	คำศัพท์ ▲	คำศัพท์ภาษาอังกฤษ	คำอธิบาย
1	ไฟฟ้าสถิต	static electricity	ผลที่เกิดขึ้นอันเนื่องจากประจุไฟฟ้าที่หยุดนิ่ง รวมถึงแรงระหว่างประจุไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของประจุไฟฟ้า
2	การประจุไฟ	charge	การผ่านไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในเซลล์ไฟฟ้าแบบทุติยภูมิเพื่อทำให้แผ่นโลหะที่ใช้เป็นขั้วไฟฟ้าอยู่ในสภาพที่จะสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เองและให้พลังงานไฟฟ้าออกมาได้
3	ประจุไฟฟ้า,ประจุ	electric charge; charge	สมบัติอย่างหนึ่งของอนุภาค เรียกสั้น ๆ ว่า ประจุ (charge) ประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือประจุบวก (positive charge)และประจุลบ (negative charge) มีหน่วย คูลอมบ์ (coulomb) เช่น อิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าลบ มีปริมาณไฟฟ้าเท่ากับ 1.602×10^{-19} คูลอมบ์
4	ตัวนำ	conductor	สารที่มีสมบัติยอมให้ประจุไฟฟ้าผ่านไปได้ เช่น ทองแดง เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี เป็นต้น
5	ตัวนำไฟฟ้า	electrical conductor	สารที่มีสมบัติยอมให้ประจุไฟฟ้าผ่านไปได้ เช่น ทองแดง เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี เป็นต้น
6	ฉนวน, ฉนวนไฟฟ้า	insulator; electrical insulator	สารที่มีความต้านทานสูงต่อการผ่านของกระแสไฟฟ้าหรือความร้อน
7	เครื่องกำเนิดประจุแวนเดอแกรฟฟ์	Van der Graaff generator	อุปกรณ์ผลิตประจุไฟฟ้า โดยประจุไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดถูกส่งผ่านโลหะปลายแหลมไปยังสายพาน พาประจุไฟฟ้าไปสะสมที่ผิวตัวนำทรงกลม ทำให้ผิวตัวนำมีศักย์ไฟฟ้าสูงมาก
8	ประจุทดสอบ	test charge	อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ใช้ในการตรวจสอบว่า บริเวณใดมีสนามไฟฟ้าหรือไม่ โดยนำประจุทดสอบไปวาง ณ ตำแหน่งนั้น ถ้ามีแรงกระทำต่อประจุทดสอบ แสดงว่า ตำแหน่งนั้นมีสนามไฟฟ้า โดยทั่วไปใช้ประจุไฟฟ้าบวกเป็นประจุทดสอบ
9	ประจุบวก	positive charge	ดู electric charge ประกอบ
10	ประจุลบ	negative charge	ดู electric charge ประกอบ

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551.

กรุงเทพ ฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 4
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6. โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร. 2554

นิรันดร์ สุวรรณ์. (2553). ตะลุยโจทย์ฟิสิกส์ ม. 4-5-6 เล่ม 5. กรุงเทพฯ: บริษัทสำนักพิมพ์
พ.ศ. พัฒนา จำกัด.

นิรันดร์ สุวรรณ์. (2553). เฉลยเก็ง ฟิสิกส์ O – NET ม. 4-5-6. กรุงเทพฯ: บริษัทสำนักพิมพ์
พ.ศ. พัฒนา จำกัด.

นิรันดร์ สุวรรณ์. (2553). คู่มือสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาพื้นฐานฟิสิกส์ ฟิสิกส์ ม4-6.
กรุงเทพฯ: บริษัทสำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา จำกัด.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์
ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

<http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/51/index51%20static%20electric.htm>

(คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล)

<http://www.rmuti.ac.th/user/thanyaphak/Web%20EMR/Web%20IS%20Environment%20gr.1/contect/1-2.html> (กระบวนการการศึกษาทางวิทยาศาสตร์)

<http://www.nst.or.th/article/article0134.htm> (บทความสมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย)

<http://escivocab.ipst.ac.th/> (พจนานุกรมศัพท์ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี)