

## แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เกี่ยวกับแม่เหล็กและแรงแม่เหล็ก

### Sixth Graders' Mental Model about Magnet and Magnetic Force

ลฎาภา สุทรกุล<sup>1</sup> และ ลือชา ลดาชาติ<sup>2\*</sup>

1.โรงเรียนอนุบาลลำพูน ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ลำพูน

2.โรงเรียนสายบุรี "แจ้งประชาคาร" ต.ตะลุมบอน อ.สายบุรี จ.ปัตตานี

\*E-mail : ladachart@gmail.com

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยเชิงคุณภาพนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับแม่เหล็กและแรงแม่เหล็ก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 17 คน และเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดเหล่านั้นกับผลการวิจัยของ Erickson (1994) ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์นักเรียนแบบกึ่งโครงสร้างรายบุคคล และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบอย่างต่อเนื่อง ผลของการวิจัยนี้เปิดเผยแบบจำลองทางความคิด 4 ประเภท ซึ่งนักเรียนใช้ในการบรรยายและอธิบายการเกิดแรงแม่เหล็ก โดย 3 ใน 4 ประเภทนี้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Erickson (1994) อย่างไรก็ตาม มีแบบจำลองทางความคิด 1 ประเภท ที่ไม่ปรากฏในผลการวิจัยดังกล่าว บทความวิจัยนี้อภิปรายเกี่ยวกับความเป็นไปได้หนึ่งของการเกิดแบบจำลองประเภทนั้น และนำเสนอแนวทางการนำผลการวิจัยไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

**คำสำคัญ:** แบบจำลองทางความคิด แม่เหล็กและแรงแม่เหล็ก นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

#### Abstract

The purposes of this qualitative research are to examine seventeen sixth graders' mental models about magnet and magnetic force, as well as to compare and contrast those mental models with the results of Erickson's (1994) study. The data were collected using individual semi-structured interviews with the students, and analyzed using the constant comparative method. The results of this study reveal four mental models, which the students used to describe and explain how magnetic force occurs. Three of the four mental models are consistent with the results of Erickson's (1994) study. However, there is one mental model that does not appear in that study.

This research article discusses a possibility of how such a mental model occurs, and presents pedagogical implications of this study's results.

**Keywords:** Mental model, magnet and magnetic force, sixth-grade students

## บทนำ

แม่เหล็กเป็นสิ่งที่นักเรียนสามารถพบเห็นได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นส่วนประกอบในของเล่นและของใช้ต่างๆ เช่น รถยนต์บังคับ ขับ พัดลม ลำโพง หรือแม่กระทั่ง กล้องใส่ดินสอ เนื่องจากแม่เหล็กเป็นส่วนหนึ่งของประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน นักเรียนจึงต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับแม่เหล็กและปรากฏการณ์ทางแม่เหล็ก ในการนี้ กระทรวงศึกษาธิการ (2553) ได้บรรจุเนื้อหาเกี่ยวกับแม่เหล็กไว้ใน “หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551” โดยระบุว่า เมื่อจบการศึกษาในระดับประถมศึกษาแล้ว นักเรียนควรเข้าใจว่า มีแรงดึงดูดหรือผลักระหว่างแท่งแม่เหล็ก แท่งแม่เหล็กสามารถดึงดูดวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก มีสนามแม่เหล็กในบริเวณโดยรอบแท่งแม่เหล็ก และ จะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นในบริเวณโดยรอบสายไฟที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน ความเข้าใจเหล่านี้มีใช้และมีประโยชน์สำหรับนักเรียนในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน หากยังเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนมากขึ้นไปอีกด้วย

ด้วยความเข้าใจเกี่ยวกับแม่เหล็กและปรากฏการณ์ทางแม่เหล็กมีความสำคัญต่อ นักเรียน โดยเฉพาะนักเรียนในระดับอนุบาลและในระดับประถมศึกษา นักการศึกษาหลายท่านจึงได้มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจสมบัติและปรากฏการณ์ต่างๆ ของแม่เหล็กในระดับที่เหมาะสมกับพัฒนาการของนักเรียน ตัวอย่างเช่น van Hook and Huziak-Clark (2007) จัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะ (Inquiry-based Instruction) เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนระดับอนุบาลสามารถใช้ลูกศรในการระบุชนิดของแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นระหว่างแม่เหล็ก 2 แท่ง โดยใช้ “กฎหางต่อหัว” (Tip-to-tail rule) ซึ่งตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แล้ว ลูกศรนี้เทียบได้กับโดเมนแม่เหล็ก (Magnetic domain) ของแท่งแม่เหล็ก นอกจากนี้ ยังมีความพยายามส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแม่เหล็กโดยการพัฒนาหนังสือที่เหมาะสมกับพัฒนาการของนักเรียน โดยเนื้อหาในหนังสือแต่ละเล่มอาจมีความหลากหลายและระดับความถูกต้องแตกต่างกัน ตลอดจนระดับความยากง่ายของภาษาที่ใช้ในหนังสือก็แตกต่างกันด้วย (Barrow and Robinson, 2007) ดังนั้น ผู้สอนจึงต้องรู้จักเลือกใช้หนังสือที่เหมาะสมกับพัฒนาการของนักเรียน

ความพยายามอีกอย่างหนึ่งในการส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับแม่เหล็ก คือการศึกษาแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับแม่เหล็กและการเกิดแรงแม่เหล็ก ทั้งนี้เพราะผลการศึกษาดังกล่าวจะเป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับนักเรียน (ลือชา, 2555) ตัวอย่างเช่น Borges et al. (1998) ได้ศึกษาแนวคิดของบุคคลต่างๆ ทั้งนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย นักศึกษาในสายวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าแม่เหล็ก ครูฟิสิกส์ และผู้ประกอบการวิชาชีพเกี่ยวกับไฟฟ้าแม่เหล็ก จำนวนทั้งสิ้น 56 คน ซึ่ง Borges et al. (1998) ได้จัดหมวดหมู่แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดแรงแม่เหล็กออกเป็น 5 กลุ่ม คือ (1) แรงแม่เหล็กเกิดจากแรงดึงโดยแม่เหล็ก (2) แรงแม่เหล็กเกิดจากพื้นที่โดยรอบแม่เหล็ก (3) แรงแม่เหล็กเกิดจากประจุไฟฟ้าในแม่เหล็ก (4) แรงแม่เหล็กเกิดจากขั้วไฟฟ้าในแม่เหล็ก และ (5) แรงแม่เหล็กเกิดจากสนามแม่เหล็ก นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยอื่นๆ ที่ศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าแม่เหล็ก เช่น การเหนี่ยวนำไฟฟ้าแม่เหล็ก และการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าในสนามแม่เหล็ก (Tanel and Erol, 2008; Saglam, 2010; Scaife and Heckler, 2007; 2011)

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากงานวิจัยที่ศึกษาความเข้าใจของนักเรียนในระดับประถมศึกษาแล้ว มีงานวิจัยเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ที่ศึกษาความเข้าใจของนักเรียนในระดับประถมศึกษาเกี่ยวกับแม่เหล็กและการเกิดแรงแม่เหล็กแล้ว ในจำนวนนี้คืองานวิจัยของ Erickson (1994) ซึ่งศึกษาแบบจำลองทางความคิด (Mental model) ของนักเรียนในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา จำนวน 120 คน ในขณะที่กำลังออกแบบและทำการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติต่างๆ ของแม่เหล็ก ผลการวิจัยนี้ได้เปิดเผยแบบจำลองทางความคิด 3 ประเภท ซึ่งมีลักษณะสำคัญ ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับแม่เหล็กในงานวิจัยของ Erickson (1994)

แบบจำลอง	ลักษณะสำคัญ
Pulling Model	นักเรียนสามารถบรรยายผลที่เกิดขึ้น เช่น มีแรงดึงดูดระหว่างแท่งแม่เหล็ก และวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก โดยไม่มีการอธิบายหรือให้เหตุผลใดๆ เกี่ยวกับสาเหตุของผลที่เกิดขึ้นนั้น
Emanating Model	นักเรียนสามารถบรรยายผลที่เกิดขึ้น เช่น มีแรงดึงดูดระหว่างแท่งแม่เหล็ก และวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก โดยระบุว่า แรงดึงดูดนั้นเกิดจากการที่แท่งแม่เหล็กปลดปล่อยพลังงาน รังสี หรืออะไรบางอย่าง ไปยังวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก

**ตารางที่ 1** (ต่อ) แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับแม่เหล็กในงานวิจัยของ Erickson (1994)

แบบจำลอง	ลักษณะสำคัญ
Enclosing Model	นักเรียนสามารถบรรยายผลที่เกิดขึ้น เช่น มีแรงดึงดูดระหว่างแท่งแม่เหล็ก และวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก โดยระบุถึงการใช้ของอำนาจหรืออิทธิพลบางอย่างบริเวณรอบแท่งแม่เหล็ก ว่าเป็นสาเหตุของการเกิดแรงดึงดูดระหว่างแท่งแม่เหล็กและวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก

ผลการวิจัยของ Erickson (1994) ได้นำเสนอแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในช่วงอายุประมาณ 9 – 14 ปี ไว้ที่น่าสนใจ และเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความเข้าใจเกี่ยวกับแม่เหล็กและการเกิดแรงแม่เหล็กของนักเรียนไทย แต่ด้วยผลการวิจัยดังกล่าวได้มาจากการศึกษาความเข้าใจของนักเรียนชาวต่างประเทศ ซึ่งอาจมีประสบการณ์ในชีวิตประจำวันที่แตกต่างกันจากนักเรียนไทย ผลการวิจัยดังกล่าว (รวมทั้งผลการวิจัยอื่นๆ ข้างต้น) จึงอาจยังมีข้อจำกัดในการนำไปใช้กับนักเรียนไทย และเมื่อพิจารณาข้อเท็จจริงที่ว่า การศึกษาในระดับประถมศึกษาเป็นพื้นฐานสำคัญของการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นไป ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญในการศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับแม่เหล็กและการเกิดแรงแม่เหล็กของนักเรียนไทยในระดับประถมศึกษา ผลการวิจัยที่ได้ไม่เพียงแต่จะให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับความเข้าใจเดิมของนักเรียน ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคในการเรียนรู้เกี่ยวกับแม่เหล็กและปรากฏการณ์ทางแม่เหล็ก หากแต่จะช่วยสนับสนุน เพิ่มเติม และปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดของ Erickson (1994) เพื่อใช้เป็นกรอบในการวิเคราะห์ความเข้าใจของนักเรียนไทยในบริบทอื่นๆ ต่อไป

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจแบบจำลองทางความคิด ที่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 17 คน ใช้ในการบรรยายและอธิบายการเกิดแรงแม่เหล็ก และเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเหล่านั้นกับผลการวิจัยของ Erickson (1994) ในการนี้ ผู้วิจัยกำหนดคำถามวิจัย 2 ข้อ คือ:

1. นักเรียนผู้ให้ข้อมูลใช้แบบจำลองทางความคิดใด ในการบรรยายและอธิบายการเกิดแรงแม่เหล็ก
2. แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนผู้ให้ข้อมูล เหมือนหรือแตกต่างจากแบบจำลองทางความคิดในงานวิจัยของ Erickson (1994) อย่างไร

## วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) ภายใต้กระบวนทัศน์การตีความ (Interpretive paradigm) (Erickson, 1985; Lincoln and Guba, 1985) ซึ่งมุ่งเน้นการเข้าใจความหมายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ ที่พลวิจัยหรือผู้เข้าร่วมการวิจัย (Research participants) ได้สร้างขึ้นจากประสบการณ์ส่วนบุคคล (ซครสคักดี บั้วระพันธ์, 2554) โดยปรากฏการณ์ในการวิจัยนี้คือปรากฏการณ์เกี่ยวกับแม่เหล็กและการเกิดแรงแม่เหล็กรายละเอียดของบริบทวิจัย พลวิจัย การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังต่อไปนี้

### บริบทวิจัย

การวิจัยนี้เก็บข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ของปีการศึกษา 2554 ณ โรงเรียนอนุบาลลำพูน ซึ่งเป็นโรงเรียนประถมศึกษาขนาดใหญ่ โรงเรียนเปิดสอนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาล 1 ถึงระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยมีนักเรียนทั้งหมด 1,347 คน ในจำนวนนี้มีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 233 คน แบ่งเป็น 6 ห้อง (ป. 6/1 – ป. 6/6) โดยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในแต่ละห้อง มีจำนวนประมาณ 40 คน ซึ่งมีความสามารถและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นนักเรียนในห้องเรียน ป. 6/1 ซึ่งมี จำนวน 30 คน ที่มีความสามารถและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวมสูงกว่านักเรียนในห้องอื่นๆ ในช่วงเวลาของการดำเนินการวิจัย นักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ทุกคน เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 3 คาบต่อสัปดาห์ (คาบละ 50 นาที) โดยมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีในชีวิตประจำวัน การต่อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ประเภทของหินต่างๆ และปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ วิชาดังกล่าวมีครูผู้สอนทั้งหมด 2 คน ซึ่งหนึ่งในนั้นคือผู้วิจัย

### พลวิจัย

พลวิจัยเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (อายุประมาณ 11-12 ปี) จำนวน 17 คน ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนหญิง 5 คน และนักเรียนชาย 12 คน ในจำนวนนี้มีนักเรียนชั้น ป. 6/1 จำนวน 4 คน (S1 – S4) พลวิจัยทั้งหมดได้มาจากการเลือกแบบจำเพาะเจาะจง (Purposeful sampling) โดยใช้เกณฑ์ความสมัครใจและความกล้าแสดงความคิดเห็นของนักเรียน ในตอนแรก ผู้วิจัยแจ้งให้นักเรียนทุกคนในทุกชั้นเรียน ทราบเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยว่า ผู้วิจัย (ในฐานะผู้สอน) ต้องการสำรวจความเข้าใจเดิมของนักเรียนเกี่ยวกับแม่เหล็กและการเกิดแรงแม่เหล็ก ก่อนการจัดการเรียนการสอนเรื่องการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า โดยผู้วิจัยทราบจากการศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาและจากการสอบถามนักเรียนในเบื้องต้นว่า นักเรียนทุกคนได้ผ่านการเรียนเรื่องแม่เหล็กและการเกิดแรงแม่เหล็กมาแล้วในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาปีที่ 2 และ 4 ในรายงานฉบับนี้ ผู้วิจัยอ้างถึงพลวิจัยแต่ละคนโดยใช้สัญลักษณ์ S แล้วตามด้วยตัวเลข 1 – 17 (เช่น S1, S2, และ S3)

### การเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์นักเรียนแบบกึ่งโครงสร้างเป็นรายบุคคล โดยใช้คำถาม 4 ข้อ คือ (1) แม่เหล็กคืออะไร (2) แม่เหล็กมีสมบัติอะไรบ้าง (3) เมื่อเรานำวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก เช่น ตะปู หรือ คลิปหนีบกระดาษ มาวางใกล้แท่งแม่เหล็ก นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับวัตถุนั้น และ (4) นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างแท่งแม่เหล็กกับวัตถุนั้น ตามลำดับ การสัมภาษณ์นักเรียนแต่ละคนเกิดขึ้นในช่วงเวลาพักกลางวัน ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ในระหว่างที่นักเรียนกำลังรอเวลาเพื่อเรียนวิชาในช่วงบ่าย การสัมภาษณ์นักเรียนแต่ละคนใช้เวลาประมาณ 10 – 15 นาที โดยทุกครั้งของการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้แจ้งให้นักเรียนทราบก่อนการสัมภาษณ์ว่า มีการบันทึกเสียงของนักเรียน เพื่อความสะดวกต่อการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลในภายหลัง ในกรณีนี้ ผู้วิจัยย้ำกับนักเรียนว่า ชื่อของนักเรียนจะถูกเก็บเป็นความลับและไม่มีการเผยแพร่สู่สาธารณะ

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบอย่างต่อเนื่อง (The constant comparative method) (ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์, 2554; Guba and Lincoln, 1985) ในกรณีนี้ ผู้วิจัยถอดคำพูดจากการสัมภาษณ์ของนักเรียนทุกคนแบบคำต่อคำ จากนั้น ผู้วิจัยอ่านและตีความคำพูดของนักเรียนอย่างละเอียด เพื่อเปรียบเทียบและจัดกลุ่มความเข้าใจของนักเรียนที่มีลักษณะเหมือนหรือคล้ายคลึงกัน ในกระบวนการนี้ ผู้วิจัยทั้ง 2 คนแยกกันวิเคราะห์ข้อมูลอย่างอิสระ ก่อนนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลในเบื้องต้นมาพิจารณาร่วมกัน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องและความไม่สอดคล้องของผลการวิเคราะห์ในเบื้องต้น หากมีความไม่สอดคล้องใดๆ เกิดขึ้น ผู้วิจัยทั้ง 2 คน อภิปรายจนได้ข้อสรุปร่วมกัน และสร้างผลเป็นการวิจัย เมื่อได้ผลการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยทั้ง 2 คน จึงเทียบเคียงผลการวิจัยที่ได้กับแบบจำลองทางความคิดในงานวิจัยของ Erickson (1994)

### ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 17 คน เกี่ยวกับแม่เหล็กและการเกิดแรงแม่เหล็ก ข้อมูลในเบื้องต้นแสดงว่า นักเรียนทุกคนเข้าใจสมบัติพื้นฐานของแม่เหล็ก กล่าวคือ นักเรียนสามารถบอกได้ว่า แม่เหล็กสามารถมีแรงดึงดูดกับเหล็ก (หรือวัตถุใดๆ ที่มีสารแม่เหล็ก) และแม่เหล็กมี 2 ขั้ว คือ ขั้วเหนือและขั้วใต้ นอกจากนี้ นักเรียนทุกคนสามารถบรรยายได้อย่างถูกต้องเกี่ยวกับผลที่เกิดขึ้น เมื่อนำแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง มาวางใกล้กัน โดยนักเรียนทุกคนระบุว่า แท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง จะมีแรงผลักหรือแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่า แท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง หันขั้วใดเข้าหากัน

กล่าวคือ ถ้าแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง หันขั้วที่เหมือนกันเข้าหากัน (ขั้วเหนือกับขั้วเหนือ หรือ ขั้วใต้กับขั้วใต้) จะเกิดแรงผลักร แต่ถ้าแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง หันขั้วที่แตกต่างกันเข้าหากัน (ขั้วเหนือกับขั้วใต้ หรือ ขั้วใต้กับขั้วเหนือ) จะเกิดแรงดึงดูด อย่างไรก็ตาม นักเรียนอาจมีแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับการเกิดแรงแม่เหล็กที่แตกต่างกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### แบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับแรงแม่เหล็กของนักเรียน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์นักเรียน จำนวน 17 คน ที่เป็นพลวิจัย ผู้วิจัยสามารถจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดแรงแม่เหล็กออกเป็น 4 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนนักเรียนที่ให้แบบจำลองทางความคิดประเภทต่างๆ

แบบจำลองทางความคิด	ลักษณะสำคัญ	จำนวนนักเรียน (คน)
ประเภทที่ 1	นักเรียนสามารถบรรยายผลที่เกิดขึ้น เช่น มีแรงดึงดูดระหว่างแท่งแม่เหล็กและวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก โดยไม่มีการอธิบายหรือให้เหตุผลใดๆ เกี่ยวกับสาเหตุของผลที่เกิดขึ้นนั้น	6
ประเภทที่ 2	นักเรียนสามารถบรรยายผลที่เกิดขึ้น เช่น มีแรงดึงดูดระหว่างแม่เหล็กและวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก โดยระบุถึงการมีอยู่ของ “บางสิ่งบางอย่าง” ในแท่งแม่เหล็กว่าเป็นสาเหตุของการเกิดแรงแม่เหล็ก อย่างไรก็ตาม นักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่า สิ่งเหล่านั้นทำให้เกิดแรงแม่เหล็กอย่างไร	7
ประเภทที่ 3	นักเรียนสามารถบรรยายผลที่เกิดขึ้น เช่น มีแรงดึงดูดระหว่างแม่เหล็กและวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก โดยระบุถึงการมีอยู่ของ “อำนาจแม่เหล็ก” ในแท่งแม่เหล็ก โดยแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นเมื่อแท่งแม่เหล็กส่งอำนาจแม่เหล็กไปยังวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก	2

**ตารางที่ 2 (ต่อ) จำนวนนักเรียนที่ใช้แบบจำลองทางความคิดประเภทต่างๆ**

แบบจำลองทางความคิด	ลักษณะสำคัญ	จำนวนนักเรียน (คน)
ประเภทที่ 4	นักเรียนสามารถบรรยายผลที่เกิดขึ้น เช่น มีแรงดึงดูดระหว่างแม่เหล็กและวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก โดยระบุถึงการมีอยู่ของ “อำนาจแม่เหล็ก” ในบริเวณโดยรอบแท่งแม่เหล็ก โดยแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นเมื่อวัตถุที่มีสารแม่เหล็กอยู่ในบริเวณที่มีอำนาจแม่เหล็ก	2
<b>รวม</b>		<b>17</b>

รายละเอียดของแบบจำลองทางความคิดแต่ละประเภที่มีดังต่อไปนี้

*ประเภทที่ 1*

นักเรียนที่ใช้แบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 1 สามารถบรรยายได้ว่า เมื่อวัตถุที่มีสารแม่เหล็กใดๆ ถูกวางไว้ใกล้แท่งแม่เหล็กแล้ว ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร โดยนักเรียนระบุว่า วัตถุที่มีสารแม่เหล็กจะถูกแม่เหล็กดูด หรือมีแรงดึงดูดที่แม่เหล็กกระทำกับวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก อย่างไรก็ตาม นักเรียนในกลุ่มนี้ไม่สามารถอธิบายหรือให้เหตุผลได้ว่า ทำไมแม่เหล็กจึงดูดวัตถุที่มีสารแม่เหล็กนั้นได้ นักเรียนในกลุ่มนี้เสี่ยงที่จะตอบคำถาม โดยการเงิบหรือการให้ตอบสั้นๆ เพียงว่า “ไม่รู้” ข้างล่างเป็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในกลุ่มนี้

ผู้วิจัย: ทำไมแม่เหล็กจึงดูดเหล็กได้คะ

นักเรียน: เพราะว่าแม่เหล็กมีคุณสมบัติที่สามารถดูดเหล็กได้

ผู้วิจัย: ยังไงคะ

นักเรียน: ... ไม่รู้ครับ (S9)

*ประเภทที่ 2*

เช่นเดียวกับนักเรียนที่ใช้แบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 1 นักเรียนที่ใช้แบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 2 สามารถบรรยายได้ว่า เมื่อวัตถุที่มีสารแม่เหล็กใดๆ ถูกวางไว้ใกล้แท่งแม่เหล็กแล้ว ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร แต่สิ่งที่สร้างความแตกต่างระหว่างนักเรียน 2 กลุ่มนี้ คือว่า นักเรียนที่ใช้แบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 2 สามารถให้คำอธิบายเกี่ยว



กับสาเหตุของการเกิดแรงดึงดูดที่แท่งแม่เหล็กกระทำต่อวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก โดยระบุถึงการมีอยู่ของ “บางสิ่งบางอย่าง” ภายในแท่งแม่เหล็ก โดยบางสิ่งบางอย่างในที่นี้อาจเป็นสิ่งที่ป็นรูปธรรมหรือนามธรรมก็ได้ เช่น แร่ ส่วนประกอบของแท่งแม่เหล็ก พลังงาน หรือแรง ถึงกระนั้นนักเรียนกลุ่มนี้ไม่ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า สิ่งที่อยู่ในแท่งแม่เหล็กทำให้เกิดแรงแม่เหล็กได้อย่างไร ข้างล่างเป็นตัวอย่งคำอธิบายของนักเรียนในกลุ่มนี้

“แม่เหล็กมีสารพิเศษที่สามารถดูดเหล็กได้” (S1)

“แม่เหล็กมีสารบางอย่างที่อยู่ในนั้น ที่สามารถดูดเหล็กได้” (S5)

“อาจจะมီးอะไรอยู่ในแม่เหล็ก ... แร่ชนิดหนึ่งที่สามารถทำให้เหล็กเคลื่อนที่ไปติดกับแม่เหล็ก” (S7)

“หนูคิดว่าแม่เหล็กมีพลังงานบางอย่างอยู่ในตัว” (S6)

“(แม่เหล็ก) มีแรงในการดูด (ซึ่งเป็น) ส่วนประกอบชนิดหนึ่งที่มันอยู่ในแม่เหล็ก ที่มันสามารถดูดได้” (S13)

“เพราะแม่เหล็กมีแรงดึงดูด (ซึ่งมาจาก) ตัวมันเอง” (S16)

### ประเภทที่ 3

เช่นเดียวกับนักเรียนที่ใช้แบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 1 และ 2 นักเรียนที่ใช้แบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 3 สามารถบรรยายได้ว่า เมื่อวัตถุที่มีสารแม่เหล็กใดๆ ถูกวางไว้ใกล้แท่งแม่เหล็กแล้ว ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร และยังสามารถอธิบายถึงสาเหตุของการเกิดแรงดึงดูดที่แท่งแม่เหล็กกระทำต่อวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก โดยระบุถึงการมีอยู่ของบางสิ่งบางอย่างภายในแท่งแม่เหล็ก อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างระหว่างนักเรียน 2 กลุ่มนี้ คือว่า นักเรียนที่ใช้แบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 3 ระบุอย่างชัดเจนว่า บางสิ่งบางอย่างในแท่งแม่เหล็กนั้น คือ “อำนาจแม่เหล็ก” และยังสามารถอธิบายถึงกลไกหรือกระบวนการเกิดแรงดึงดูดทางแม่เหล็ก (ซึ่งไม่ปรากฏในกรณีของนักเรียนที่ใช้แบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 2) โดยนักเรียนกลุ่มนี้อธิบายว่า อำนาจแม่เหล็กจะถูกส่งออกจากแท่งแม่เหล็กไปยังวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก ซึ่งอาจอยู่ในรูปของ “คลื่นแม่เหล็ก” ข้างล่างเป็นตัวอย่งคำอธิบายของนักเรียนในกลุ่มนี้

ผู้วิจัย: ทำไมแม่เหล็กดูดเหล็กได้คะ

นักเรียน: เพราะว่ามียคลื่นแม่เหล็ก แสดงอำนาจของแม่เหล็ก อำนาจของแม่เหล็กสามารถดูดเข้ามาได้ครับ

ผู้วิจัย: อำนาจของแม่เหล็กนั้นมาจากไหนคะ  
นักเรียน: มาจากตัวแม่เหล็ก พวกที่มีอำนาจแม่เหล็กเหมือนกัน แต่มีน้อยกว่า  
(เช่น วัตถุที่มีสารแม่เหล็ก) มันก็จะถูกดูดเข้ามาครับ (S4)

#### ประเภทที่ 4

เช่นเดียวกับนักเรียนที่ใช้แบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 1 2 และ 3 นักเรียนที่ใช้แบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 4 สามารถบรรยายได้ว่า เมื่อวัตถุที่มีสารแม่เหล็กใดๆ ถูกวางไว้ใกล้แท่งแม่เหล็กแล้ว ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร และยังสามารถอธิบายถึงสาเหตุของการเกิดแรงดึงดูดที่แท่งแม่เหล็กกระทำต่อวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก โดยระบุถึงการมีอยู่ของ “อำนาจแม่เหล็ก” ของแท่งแม่เหล็ก อย่างไรก็ตาม นักเรียนในกลุ่มนี้ไม่ได้พิจารณาว่า อำนาจแม่เหล็กนั้นอยู่ภายในแท่งแม่เหล็ก หากแต่เป็นบริเวณรอบๆ แท่งแม่เหล็ก สำหรับนักเรียนในกลุ่มนี้ แรงดึงดูดทางแม่เหล็กไม่ได้เกิดจากการที่แท่งแม่เหล็กปล่อยอำนาจแม่เหล็กไปยังวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก (ซึ่งปรากฏในกรณีของนักเรียนที่ใช้แบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 3) หากแต่เกิดจากการที่วัตถุที่มีสารแม่เหล็กนั้นอยู่ในบริเวณที่มีอำนาจแม่เหล็ก ข้างล่างเป็นตัวอย่างคำอธิบายของนักเรียนในกลุ่มนี้

“เป็น (เพราะ) อำนาจของมัน (แม่เหล็ก) มั้ง ... คือถ้าเหล็กมาอยู่ใกล้ๆ มันก็สามารถดูดได้เลย อำนาจของแม่เหล็กที่สามารถดูดเหล็กได้” (S2)

#### การเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิดระหว่างการวิจัย 2 เรื่อง

การเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองทางความคิดที่ได้จากการวิจัยนี้ กับแบบจำลองทางความคิดในงานวิจัยของ Erickson (1994) แสดงให้เห็นถึงทั้งส่วนที่คล้ายกันและส่วนที่แตกต่างกันของแบบจำลองทางความคิดของงานวิจัยทั้ง 2 เรื่อง ดังแสดงในตารางที่ 3 กล่าวคือ มีความเป็นคู่ขนานกันของแบบจำลองทางความคิดที่ได้จากงานวิจัยทั้ง 2 เรื่อง โดยแบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 1 3 และ 4 ในงานวิจัยนี้ มีลักษณะที่เหมือนหรือคล้ายกับแบบจำลองทางความคิดแบบ Pulling model, Emanating model และ Enclosing model ในงานวิจัยของ Erickson (1994) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยนี้ได้เปิดเผยแบบจำลองทางความคิดอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งไม่ปรากฏในงานวิจัยของ Erickson (1994)

**ตารางที่ 3** การเปรียบเทียบแบบจำลองความคิดจากงานวิจัย 2 เรื่อง

งานวิจัยของ <b>Erickson</b> (1994)	งานวิจัยนี้	ลักษณะสำคัญ	
		การบรรยาย	การอธิบาย
Pulling Model	ประเภทที่ 1	นักเรียนสามารถบรรยายได้ว่า เมื่อวัตถุที่มีสารแม่เหล็กถูกวางอยู่ใกล้แท่งแม่เหล็ก	ไม่มีคำอธิบายใดๆ โดยการเงิบหรือการตอบสนองว่า “ไม่รู้”
	ประเภทที่ 2	เหล็ก จะมีแรงดึงดูดเกิดขึ้นระหว่างวัตถุนั้นกับแท่งแม่เหล็ก	มีคำอธิบาย โดยระบุถึงบางสิ่งบางอย่างในแท่งแม่เหล็ก แต่ไม่ระบุถึงกลไกหรือกระบวนการที่เกิดขึ้น
Emanating Model	ประเภทที่ 3		มีคำอธิบาย โดยระบุถึงอำนาจแม่เหล็กที่แท่งแม่เหล็กปล่อยออกไปยังวัตถุ
Enclosing Model	ประเภทที่ 4		มีคำอธิบาย โดยระบุถึงอำนาจแม่เหล็กที่ปกคลุมอยู่ในบริเวณโดยรอบแท่งแม่เหล็ก

ดังนั้น ในด้านหนึ่ง ผลการวิจัยนี้จึงยืนยันว่า แบบจำลองทางความคิดในงานวิจัยของ Erickson (1994) สามารถเป็นกรอบการวิเคราะห์ความเข้าใจเกี่ยวกับแม่เหล็กและแรงแม่เหล็กของนักเรียนไทยในระดับชั้นประถมศึกษาได้ อย่างไรก็ตาม ในอีกด้านหนึ่ง ผลการวิจัยนี้ได้เพิ่มเติมแบบจำลองทางความคิดอีกประเภทหนึ่ง (ประเภทที่ 2) ซึ่งสมควรได้รับความสนใจและการอภิปรายผลเป็นกรณีพิเศษ

**บทสรุปและการอภิปรายผล**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจแบบจำลองทางความคิด ที่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 17 คน ใช้ในการบรรยายและอธิบายการเกิดแรงแม่เหล็ก ผลการวิจัยเปิดเผยแบบจำลองทางความคิด 4 ประเภท กล่าวคือ นักเรียนทุกคนสามารถบรรยายได้ว่า เมื่อวัตถุที่มีสารแม่เหล็กถูกวางอยู่ใกล้แท่งแม่เหล็ก จะมีแรงดึงดูดเกิดขึ้นระหว่างวัตถุนั้นกับ

แท่งแม่เหล็ก โดยนักเรียน 6 คน ไม่สามารถอธิบายถึงสาเหตุของการเกิดแท่งแม่เหล็กได้ (ประเภทที่ 1) ในขณะที่นักเรียนอีก 7 คน ระบุถึงการมีอยู่ของ “บางสิ่งบางอย่าง” ในแท่งแม่เหล็ก ว่าเป็นสาเหตุของการเกิดแท่งแม่เหล็ก โดยไม่ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า บางสิ่งบางอย่างนั้น ทำให้เกิดแท่งแม่เหล็กได้อย่างไร (ประเภทที่ 2) นอกจากนี้ มีนักเรียน 2 คนที่ระบุถึงการมีอยู่ของ “อำนาจแม่เหล็ก” ในแท่งแม่เหล็ก ว่าเป็นสาเหตุของการเกิดแท่งแม่เหล็ก โดยอธิบายว่า แท่งแม่เหล็กเกิดจากการที่แท่งแม่เหล็กส่งอำนาจแม่เหล็กไปยังวัตถุที่มีสารแม่เหล็ก (ประเภทที่ 3) มีนักเรียนอีก 2 คน ที่ให้คำอธิบายการเกิดแท่งแม่เหล็ก โดยระบุถึง “อำนาจแม่เหล็ก” ที่อยู่ในบริเวณโดยรอบแท่งแม่เหล็ก (ประเภทที่ 4)

ผลการวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่า แม้ว่านักเรียนผู้ให้ข้อมูลทั้ง 17 คน สามารถบรรยายผลที่เกิดขึ้นได้ว่า เมื่อวัตถุที่มีสารแม่เหล็กถูกวางไว้ใกล้แท่งแม่เหล็ก จะมีแท่งแม่เหล็กเกิดขึ้นระหว่างวัตถุนั้นกับแท่งแม่เหล็ก อย่างไรก็ตาม ไม่มีนักเรียนคนใดที่ใช้แนวคิดสนามแม่เหล็ก (Magnetic field) ในการอธิบายเกี่ยวกับการเกิดแท่งแม่เหล็ก ในจำนวนนี้ มีนักเรียนเพียง 2 คน ที่ใช้แบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 4 ซึ่งมีศักยภาพที่จะได้รับการพัฒนาเป็นแนวคิดสนามแม่เหล็ก (Ravanis et al., 2009) โดยนักเรียน 1 ใน 2 คนนี้เปรียบเทียบการเกิดแท่งแม่เหล็กกับการเกิดแรงโน้มถ่วงของโลก โดยระบุว่า

(แรง) แม่เหล็กก็คล้ายๆ กับแรงดึงดูดโลกอะครึบ (ที่) ทำให้วัตถุตกลงมาสู่พื้น  
อาจจะเป็นแรงดึงดูด (ที่) คล้ายกันครึบ ... แรงดึงดูดนี้จะดูดวัตถุ (ที่มีสารแม่เหล็ก)  
ให้เข้ามาประชิดตัวมากที่สุด” (S17)

อัตราส่วนที่น้อย (2:17) ของนักเรียนที่ใช้แบบจำลองทางความคิดที่ 4 ต่อจำนวนนักเรียนทั้งหมด สนับสนุนผลการวิจัยก่อนหน้านี้ที่ว่า สนามแม่เหล็กเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ค่อนข้างท้าทายสำหรับนักเรียน (Tanel and Erol, 2008) โดยเฉพาะสำหรับนักเรียนในระดับประถมศึกษา

การเปรียบเทียบแบบจำลองทางความคิด 4 ประเภทในงานวิจัยนี้ กับแบบจำลองทางความคิด 3 ประเภทในงานวิจัยของ Erickson (1994) แสดงให้เห็นถึงความเหมือนหรือคล้ายกับของรูปแบบที่เกิดขึ้น กล่าวคือ 3 ใน 4 ประเภทของแบบจำลองทางความคิดในงานวิจัยนี้ เหมือนหรือคล้ายกับแบบจำลองทางความคิดในงานวิจัยของ Erickson (1994) กล่าวคือ แบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 1 3 และ 4 ในงานวิจัยนี้ มีลักษณะที่สอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดแบบ Pulling model, Emanating model และ Enclosing model ในงานวิจัยของ Erickson (1994) ตามลำดับ ความสอดคล้องดังกล่าวยืนยันรูปแบบที่แน่นอนของแบบจำลอง

ทางความคิดเกี่ยวกับการเกิดแรงแม่เหล็กของนักเรียนในระดับประถมศึกษาทั้งในและต่างประเทศ โดย 2 ใน 3 ของผลการวิจัยนี้ยังมีบางส่วนที่สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Borges et al. (1998) อีกด้วย กล่าวคือ แบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 1 (หรือ แบบ Pulling model ในงานวิจัยของ Erickson (1994)) สอดคล้องแบบจำลองความคิดแบบ “แรงแม่เหล็กเกิดจากแรงดึงโดยแม่เหล็ก” ในขณะที่ แบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 3 (หรือ แบบ Enclosing model ในงานวิจัยของ Erickson (1994)) สอดคล้องแบบจำลองความคิดแบบ “แรงแม่เหล็กเกิดจากพื้นที่โดยรอบแม่เหล็ก”

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ได้เปิดเผยแบบจำลองทางความคิดเพิ่มเติมจากแบบจำลองทางความคิดในงานวิจัยของ Erickson (1994) นั่นคือ แบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 2 โดยมีนักเรียนผู้ให้ข้อมูล 7 คน ที่ใช้แบบจำลองทางความคิดประเภทนี้ในการบรรยายและอธิบายการเกิดแรงแม่เหล็ก นักเรียนกลุ่มนี้ระบุถึงการมีอยู่ของบางสิ่งบางอย่างในแท่งแม่เหล็กว่าเป็นสาเหตุของการเกิดแรงแม่เหล็ก จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดของนักเรียนในเรื่องต่างๆ เช่น แรง ความร้อน กระแสไฟฟ้า และเสียง (Chi et al., 1994; Eshach and Schwartz, 2006; Reiner et al., 2000) ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนจำนวนมากเข้าใจแนวคิดต่างๆ เหล่านี้ว่าเป็น “สสาร” ที่อยู่ภายในวัตถุ เช่น นักเรียนเข้าใจว่า วัตถุเคลื่อนที่ได้เพราะมีสสารที่เป็นแรงขับเคลื่อนอยู่ภายในวัตถุ กระแสไฟฟ้าเป็นสสารที่อยู่ในถ่านไฟฉาย และความร้อนเป็นสสารภายในวัตถุที่ร้อน เป็นต้น นักเรียนที่มีความเข้าใจในลักษณะนี้มักเข้าใจว่า เมื่อเวลาผ่านไป สสารจะถูกใช้ให้หมดไป และวัตถุจะสูญเสียสมบัติที่เกี่ยวข้องไป (เช่น วัตถุไม่เคลื่อนที่ ไฟฟ้าภายในถ่านไฟฉายหมด และวัตถุเย็นตัวลง) ดังนั้น มีความเป็นไปได้ว่า นักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดประเภทที่ 2 เข้าใจว่า มีสสารบางอย่างอยู่ภายในแม่เหล็ก ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดแรงแม่เหล็ก

### **แนวทางการนำผลการวิจัยไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน**

ผลการวิจัยนี้เสนอแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับการเกิดแรงแม่เหล็ก 4 ประเภท ซึ่งมีประโยชน์ต่อครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ ทั้งในการวิเคราะห์ความเข้าใจเดิมของนักเรียน การออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน และการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน กล่าวคือ แบบจำลองทางความคิดทั้ง 4 ประเภทนี้สามารถเป็นกรอบการวิเคราะห์ความเข้าใจเดิมของนักเรียนก่อนการเรียนการสอนเรื่องแม่เหล็ก ซึ่งครูสามารถเก็บข้อมูลจากนักเรียน (อาจโดยการสัมภาษณ์นักเรียน หรือการให้นักเรียนทำไปงาน) เพื่อระบุว่า นักเรียนคนใดมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดแรงแม่เหล็กอย่างไร เมื่อทราบข้อมูลดังกล่าวแล้ว ครูสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน ที่จะช่วยให้นักเรียนแต่ละคนปรับเปลี่ยนความเข้าใจให้มีความ

สอดคล้องกับความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น (นั่นคือ การใช้แนวคิดสนามแม่เหล็กในการอธิบายการเกิดแรงแม่เหล็ก) หลังจากนั้น ครูสามารถวิเคราะห์ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้กรอบการวิเคราะห์เดิมอีกครั้ง ผลการวิจัยนี้จึงสามารถเป็นแนวทางที่มีประโยชน์ต่อครูในการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนเรื่องแม่เหล็กและแรงแม่เหล็ก

### **ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต**

การวิจัยนี้ได้เปิดเผยแบบจำลองทางความคิด 4 ประเภท ซึ่งนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 17 คน ใช้ในการบรรยายและอธิบายการเกิดแรงแม่เหล็ก อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยตระหนักดีว่า ผลการวิจัยดังกล่าวอาจยังไม่ครอบคลุม ทั้งนี้เพราะจำนวนนักเรียนผู้ให้ข้อมูลที่จำกัดและจำเพาะเจาะจงในการวิจัยนี้ ดังนั้น งานวิจัยในอนาคตจึงควรศึกษาแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับการเกิดแรงแม่เหล็กกับจำนวนนักเรียนผู้ให้ข้อมูลที่มากขึ้นและมีระดับการศึกษาที่หลากหลาย ผลการวิจัยที่ได้จึงอาจจะเพิ่มเติมแบบจำลองทางความคิดอื่นๆ ซึ่งยังไม่ปรากฏในการวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ ผู้วิจัยเห็นว่า งานวิจัยในอนาคตควรมีการศึกษาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการเกิดแรงแม่เหล็กโดยใช้สถานการณ์อื่นๆ ที่แตกต่างไปจากสถานการณ์ในการวิจัยนี้ (เช่น การวางแท่งแม่เหล็ก 2 แท่งไว้ใกล้กัน) ทั้งนี้เพราะงานวิจัยที่ระบุว่า สถานการณ์ที่ใช้ในการสัมภาษณ์มีผลต่อการตอบคำถามของนักเรียน แม้ว่าสถานการณ์เหล่านั้นเกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เดียวกัน (Bowden et al., 1992) นอกจากนี้ งานวิจัยในอนาคตควรมีการศึกษาว่า หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแล้ว นักเรียนจะมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดอย่างไร ผลการวิจัยที่ได้อาจจะช่วยให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนเรื่องแม่เหล็กมากยิ่งขึ้น

### **เอกสารอ้างอิง**

- กระทรวงศึกษาธิการ. 2553. **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์. 2554. **วิจัยเชิงคุณภาพไม่ยากอย่างที่คิด**. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: คอมม่าดีไซน์แอนด์พริ้นท์.
- ลือชา ลดาชาติ (บรรณาธิการ). 2555. **การวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียน**. กรุงเทพมหานคร: อักษรไทย.

- Barrow, L.H. and Robinson, R.D. (2007). "Magnet Trade Books: Attracting and Repelling Concepts". **Journal of Elementary Science Education**, 19(2): 1-12.
- Borges, A.T., Tecnico, C., and Gilbert, J.K. (1998). Models of Magnetism. **International Journal of Science Education**, 20(3): 361-378.
- Bowden, J., Dall'Alba, G., Martin, E., Laurillard, D., Masters, G., Ramsden, P., Stephanou, A., and Walsh, E. 1992. "Displacement, Velocity, and Frames of Reference: Phenomenographic Studies of Students' Understanding and Some Implications for Teaching and Assessment". **American Journal of Physics**, 60(3): 262-269.
- Chi, M.T.H., Slotta, J.D. and de Leeuw, N. 1994. "From Things to Processes: A Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts". **Learning and Instruction**, 4(1): 27-43.
- Erickson, F. 1985. **Qualitative Methods in Research on Teaching: Occasional Paper No. 81**. ERIC Document Reproduction 263 203.
- Erickson, G. 1994. "Pupils' Understanding of Magnetism in a Practical Assessment Context: The Relationship between Content, Process and Progression". In **The Content of Science: A Constructivist Approach to Its Teaching and Learning** (pp. 80-97), edited by P. Fensham, R. Gunstone and R. White. London: Falmer Press.
- Eshach, H. and Schwartz, J.L. 2006. "Sound Stuff Naïve Materialism in Middle-School Students' Conceptions of Sound". **International Journal of Science Education**, 28(7): 733-764.
- Lincoln, Y. S. and Guba, E. G. 1985. **Naturalistic Inquiry**. California: Sage Publications.
- Ravanis, K., Pantidos, P., and Vitoratos, E. 2009. "Magnetic Field Mental Representations of 14-15 Years Old Students". **Acta Didactica Napocensia**, 2(2): 1-7.
- Reiner, M., Slotta, J.D., Chi, M.T.H. and Resnick, L.B. 2000. "Naïve Physics Reasoning: A Commitment to Substance-Based Conceptions". **Cognition and Instruction**, 18(1): 1/34.

- Saglam, M. 2010. "University Students' Explanatory Models of the Interactions between Electric Charges and Magnetic Field". **Educational Research and Reviews**, 5(9): 538-544.
- Scaife, T.M. and Heckler, A.F. 2007. "The Effect of Field Representation on Student Responses to Magnetic Force Questions". In **Physics Education Research Conference** (pp. 180-183), edited by L. Hsu, C. Henderson, and L. McCullough. New York: American Institute of Physics.
- Scaife, T.M. and Heckler, A.F. 2011. "Interference between Electric and Magnetic Concepts in Introductory Physics". **Physical Review Special Topics – Physics Education Research**, DOI: 10.1103/PhysRevSTPER.7.010104.
- Tanel, Z. and Erol, M. 2008. "Students' Difficulties in Understanding the Concepts of Magnetic Field Strength, Magnetic Flux Density and Magnetization". **Latin-American Journal of Physics Education**, 2(3): 184-191.
- van Hook, S.J. and Huziak-Clark, T.L. (2007). "Tip-to-Tail: Developing a Conceptual Model of Magnetism with Kindergarteners Using Inquiry-Based Instruction". **Journal of Elementary Science Education**, 19(2): 45-58.