# บทที่ 5

## การอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดปัตตานี

**<u>วัตถุประสงค์ของการวิจัย</u>**

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดปัตตานี โดยมีรายละเอียดเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. เพื่อศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดปัตตานี

2. เพื่อเปรียบเทียบมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดปัตตานี ระหว่างนักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนที่มีขนาดต่างกัน

3. เพื่อเปรียบเทียบมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมระหว่างนักเรียนชายกับนักเรียนหญิงในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดปัตตานี

4. เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับขนาดของโรงเรียนที่มีผลต่อมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมของนักเรียน

**สมมติฐานการวิจัย**

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานในการวิจัยดังนี้

1. มโนมติที่คลาดเคลื่อนเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดปัตตานี ที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลาง แตกต่างกัน

2. มโนมติที่คลาดเคลื่อนเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดปัตตานี แตกต่างกัน

3. มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างขนาดของโรงเรียนและเพศของนักเรียนต่อมโนมติที่คลาดเคลื่อนเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดปัตตานี

**กลุ่มตัวอย่าง**

ในการวิจัยครั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2541 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดปัตตานี จำนวน 235 คน

**แบบแผนการวิจัย**

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยใช้แบบการวิจัยชนิดกลุ่มเดียวหรือรายกรณี (One Shot Case Study Design)

**เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือแบบทดสอบมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลม ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ แบบทดสอบฉบับนี้มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .21 - .71 ค่าความยากง่ายระหว่าง .21 - .76 และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ .79

**การเก็บรวบรวมข้อมูล**

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

1. ศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนทั้งหมด โดยใช้ค่าร้อยละ

2. เปรียบเทียบมโนมติที่คลาดเคลื่อนระหว่างนักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลาง เปรียบเทียบมโนมติที่คลาดเคลื่อนระหว่างนักเรียนชายและนักเรียนหญิง รวมทั้งศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างขนาดของโรงเรียนและเพศของนักเรียน โดยการทดสอบค่าเอฟ (F-test) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ตัวประกอบ (Two Way Analysis of Variance)

**สรุปผลการวิจัย**

1. จากข้อสอบทั้งหมดจำนวน 16 ข้อ พบว่าจำนวนนักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนสูงมากทุกข้อ ข้อที่นักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือข้อสอบข้อที่ 4 ซึ่งอยู่ในมโนมติที่ 1 มีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 47.23 และข้อที่นักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดคือข้อสอบข้อที่ 14 ซึ่งอยู่ในมโนมติที่ 8 นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 97.87

2. จากการวิจัยพบว่า

2.1 โดยภาพรวมทั้ง 10 มโนมติ สามารถสรุปได้ดังนี้

2.1.1 นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.1.2 นักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลางมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.1.3 ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างขนาดของโรงเรียนและเพศของนักเรียน

2.2 เมื่อพิจารณาแยกเป็นรายมโนมติ สามารถสรุปได้ดังนี้

2.2.1 มโนมติที่ 1 พบว่า

1. นักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลาง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยที่นักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดกลางมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่

2. นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน

3. ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างขนาดของโรงเรียนและเพศของนักเรียน

2.2.2 มโนมติที่ 2 พบว่า

1. นักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลาง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน

2. นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน

3. ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างขนาดของโรงเรียนและเพศของนักเรียน

2.2.3 มโนมติที่ 3 พบว่า

1. นักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลาง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน

2. นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน

3. ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างขนาดของโรงเรียนและเพศของนักเรียน

2.2.4 มโนมติที่ 4 พบว่า

1. นักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลาง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน

2. นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน

3. ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างขนาดของโรงเรียนและเพศของนักเรียน

2.2.5 มโนมติที่ 5 พบว่า

1. นักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลาง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน

2. นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนชาย

3. ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างขนาดของโรงเรียนและเพศของนักเรียน

2.2.6 มโนมติที่ 6 พบว่า

มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างขนาดของโรงเรียนและเพศของนักเรียน เมื่อพิจารณารายละเอียดพบว่า

1. มโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนหญิงที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลางแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนหญิงที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนสูงกว่านักเรียนหญิงที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดกลาง

2. มโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่ระหว่างเพศชายและเพศหญิงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนชาย

2.2.7 มโนมติที่ 7 พบว่า

1. นักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลาง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน

2. นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนหญิงมีมโนมติคลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนชาย

3. ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างขนาดของโรงเรียนและเพศของนักเรียน

2.2.8 มโนมติที่ 8 พบว่า

1. นักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลาง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน

2. นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน

3. ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างขนาดของโรงเรียนและเพศของนักเรียน

2.2.9 มโนมติที่ 9 พบว่า

มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างขนาดของโรงเรียนและเพศของนักเรียน เมื่อพิจารณารายละเอียดพบว่า

1. นักเรียนชายที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลาง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนชายที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดกลางมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนชายที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่

2. นักเรียนชายและนักเรียนหญิงที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนหญิงที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนชาย

2.2.10 มโนมติที่ 10 พบว่า

1. นักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลางมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน

2. นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน

3. ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างขนาดของโรงเรียนและเพศของนักเรียน

## อภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์รายข้อ

มโนมติที่ 1 แรงสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมจะเป็นแรงลัพธ์ที่มีทิศพุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม ทำการวัดโดยข้อสอบข้อที่ 1, 2, 3, 4 และ 5

1. คำถามในข้อสอบข้อที่ 1 (ภาคผนวก ง)

ถามถึงทิศทางของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบดิ่ง คำตอบที่ถูกคือทิศทางของแรงลัพธ์จะพุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลางของวงลม ตามแนวรัศมีของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม และเหตุผลที่ถูกคือ แรงนั้นเป็นแรงสู่ศูนย์กลาง พบว่ามีนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องจำนวนร้อยละ 21.70 และนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องพร้อมให้เหตุผลถูกต้องร้อยละ 9.79 นักเรียนที่ตอบผิดมีรายละเอียดดังนี้

1.1 มีนักเรียนร้อยละ 47.23 เลือกทิศของแรงลัพธ์ไม่ถูกต้อง โดยเลือกแนว AD ซึ่งไม่ใช่แนวของรัศมีของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม แต่ให้เหตุผลถูกต้องว่าเป็นแนวของแรงสู่ศูนย์กลาง สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมาจากการที่นักเรียนมีมโนมติเรื่องแรงสู่ศูนย์กลางไม่ดีพอ โดยนักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่า แรงสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมนั้นคือแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุที่มีแนวแรงอยู่ในแนวรัศมีของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม และมีทิศพุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลางของวงกลมเสมอ

1.2 มีนักเรียนร้อยละ 25.58 เลือกทิศของแรงลัพธ์ไม่ถูกต้อง โดยเลือกแนว AB ซึ่งเป็นแนวส่วนโค้งของวงกลมและเป็นแนวทางการเคลื่อนที่ของมวล สาเหตุของความคลาด

เคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากสาเหตุเดียวกับข้อ 1.1 และนักเรียนอาจจะไม่มีมโนมติเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมเลยก็ได้

1.3 มีนักเรียนร้อยละ 5.54 เลือกทิศของแรงลัพธ์เป็นแนว DE สาเหตุของความคลาดเคลื่อนข้อนี้น่าจะมาจากสาเหตุเดียวกับข้อ 1.2

2. คำถามข้อที่ 2 ถามถึงทิศทางของแรงลัพธ์ที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมโดยเชือกที่ผูกนั้นแกว่งเป็นรูปกรวย คำตอบที่ถูกคือทิศของแรงลัพธ์ที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมนั้นจะมีทิศพุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมเสมอ ในข้อนี้คือจุด C รัศมีของการเคลื่อนที่คือ BC และเหตุผลที่ถูกคือจุด C เป็นจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม พบว่านักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องจำนวนร้อยละ 53.63 และนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องพร้อมให้เหตุผลถูกต้องร้อยละ 10.64 นักเรียนที่ตอบผิดมีรายละเอียดดังนี้

2.1 มีนักเรียนร้อยละ 25.11 ตอบว่า BA โดยส่วนใหญ่จะให้เหตุผลว่าแรงตึงเชือกเป็นแรงสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม สาเหตุของความเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากการที่นักเรียนมีมโนมติว่า ถ้าเอาเชือกผูกวัตถุใด ๆ แล้วให้วัตถุนั้นแกว่งเป็นวงกลม จุดที่แขวนเชือกจะเป็นจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม และคิดว่าเส้นเชือกคือรัศมีของวงกลม โดยที่นักเรียนไม่ได้พิจารณาว่าจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมอยู่ที่ใด

2.2 มีนักเรียนร้อยละ 12.34 ตอบว่า AC สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากสาเหตุเดียวกับข้อ 2.2

2.3 มีนักเรียนร้อยละ 8.09 ตอบว่า CB สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนไม่มีมโนมติเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมเลย และน่าจะมีสาเหตุเดียวกับข้อ 2.2

3. คำถามข้อที่ 3 ถามถึงทิศของความเร่งสู่ศูนย์กลางโดยให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงมาก่อนแล้วมาเคลื่อนที่เป็นวงกลมในระราบดิ่งอีกครั้งหนึ่ง คำตอบที่ถูกนั้นจะเป็นคำตอบในข้อ ก. ทิศของความเร่งสู่ศูนย์กลางนั้นจะต้องตั้งฉากกับเส้นรอบวงของวงกลมเสมอ และเหตุผลที่ถูกต้องจะเป็นเหตุผลในข้อ 1 เป็นความเร่งสู่ศูนย์กลาง พบว่านักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 22.98 และเลือกคำตอบถูกต้องพร้อมให้เหตุผลถูกต้องร้อยละ 16.17 นักเรียนที่ตอบผิดมีรายละเอียดดังนี้

3.1 มีนักเรียนร้อยละ 34.47 ซึ่งเป็นจำนวนที่มากที่สุดที่ตอบว่าทิศความเร่งของวัตถุอยู่ในแนวเส้นสัมผัสวงกลม โดยส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่ามีทิศตามทิศของความเร็วของวัตถุ สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนคิดว่า ทิศของความเร่งจะต้องมีทิศเดียวกับความเร็วเสมอ ซึ่งโจทย์ถามถึงความเร่งสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม นักเรียนมีมโนมติสับสนระหว่างความเร่งกับความเร่งสู่ศูนย์กลาง

3.2 มีนักเรียนร้อยละ 19.15 ตอบว่ามีทิศลงมาในแนวดิ่งตามคำตอบข้อ ค. โดยส่วนใหญ่จะให้เหตุผลว่า เป็นทิศของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนคิดว่าความเร่งสู่ศูนย์กลางมาจากความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก และมีทิศเดียวกันกับความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

3.3 มีนักเรียนร้อยละ 25.11 ตอบในข้อ ง. ซึ่งมีทิศตามแนวการเคลื่อนที่ตามพื้นเอียง และส่วนใหญ่จะให้เหตุผลว่าเป็นทิศของแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งตามความจริงแล้วทิศทางของความเร่งในข้อ ง. เป็นทิศทางตามแนวทางการเคลื่อนที่ สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนคิดว่าความเร่งของวัตถุนั้นเกิดจากการไถลลงมาจากพื้นเอียง โดยเกิดจากความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกออกแรงกระทำ และกลายเป็นแรงสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม

4. คำถามในข้อ 4 ถามถึงจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมโดยใช้มวลผูกเชือก ให้มวลเคลื่อนที่เป็นวงกลม ส่วนเชือกจะแกว่งเป็นรูปกรวย คำตอบที่ถูกคือจุด C จะเป็นจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม และเหตุผลที่ถูกคือ BC จะเป็นรัศมีของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม พบว่านักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 71.07 และนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องพร้อมทั้งให้เหตุผลถูกต้องร้อยละ 52.77 นักเรียนที่ตอบผิดมีรายละเอียดดังนี้

4.1 มีนักเรียนร้อยละ 22.55 ที่เลือกจุดที่แขวนเชือกเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม คือจุด A โดยให้เหตุผลว่าเพราะจุด A เป็นจุดตรึงมากที่สุดถึง สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมาจากนักเรียนมีความคิดว่าจุดใดที่แขวนเชือก จุดนั้นจะต้องเป็นจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมเสมอ และคิดว่าจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมจะเป็นจุดตรึง

4.2 มีนักเรียนร้อยละ 3.83 ที่เลือกจุด B ซึ่งเป็นจุดที่เป็นตำแหน่งของมวล ขณะใดขณะหนึ่งโดยส่วนใหญ่จะให้เหตุผลว่าเพราะ BC คือรัศมีของการเคลื่อนที่ สาเหตุของความ

เคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากสาเหตุหลักก็คือ นักเรียนไม่มีมโนมติเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมเลย และน่าจะมาจากการเดา

4.3 มีนักเรียนร้อยละ 2.55 ตอบว่าจุด D เป็นจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม โดยส่วนใหญ่จะให้เหตุผลว่า BC เป็นรัศมีของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากสาเหตุเดียวกันกับข้อ 4.2

5. คำถามข้อ 5 ถามถึงจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม โดยใช้เชือกผูกมวล ให้มวลเคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบดิ่ง แล้วถามว่าจุดใดเป็นจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม คำตอบที่ถูกคือจุดที่แขวนเชือกคือจุด E เป็นจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม และเหตุผลที่ถูกคือ AE เป็นรัศมีของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม พบว่านักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 40.85 และเลือกคำตอบถูกต้องพร้อมทั้งให้เหตุผลถูกต้องร้อยละ 30.04 นักเรียนที่ตอบผิดมีรายละเอียดดังนี้

5.1 มีนักเรียนร้อยละ 6.81 ที่ตอบว่าจุด A เป็นจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม ซึ่งจุด A เป็นจุดที่เป็นตำแหน่งที่มวลแกว่งไปถึงจุดสูงสุด และส่วนใหญ่จะให้เหตุผลว่าจุด A เป็นจุดสูงสุดของการแกว่ง สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากสาเหตุที่นักเรียนไม่มีมโนมติเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลม แล้วตอบข้อสอบมาโดยวิธีการเดา

5.2 มีนักเรียนร้อยละ 17.87 ที่ตอบว่าจุด B โดยส่วนใหญ่จะให้เหตุผลว่าจุด B เป็นจุดต่ำสุดของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากสาเหตุที่นักเรียนไม่มีมโนมติในเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลม

5.3 มีนักเรียนร้อยละ 34.47 ที่ตอบว่าจุด D เป็นจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม โดยส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่าเพราะ AD คือรัศมี สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากสาเหตุที่ว่านักเรียนไม่สามารถแยกแยะได้ว่าแนวทางการเคลื่อนของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมนั้นอยู่ในแนวใด จึงไม่สามารถระบุตำแหน่งที่เป็นจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมของวัตถุได้

มโนมติที่ 2 วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมทิศทางของความเร็วของวัตถุ ณ จุดใด ๆ จะมีทิศตามแนวเส้นสัมผัสวงกลม ณ จุดนั้น

6. คำถามข้อ 6 นั้นต้องการให้นักเรียนสามารถบอกทิศของความเร็วที่เปลี่ยนไปของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม เมื่อวัตถุนั้นเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว ซึ่งทิศความเร็วที่เปลี่ยนไปนั้นหาได้จาก $\vec{v}_2 - \vec{v}_1$ และมีทิศพุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม

ซึ่งเป็นทิศของความเร่งสู่ศูนย์กลาง พบว่ามีนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 30.65 และนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องพร้อมให้เหตุผลถูกต้องจำนวนร้อยละ 17.45 นักเรียนที่ตอบผิดมีรายละเอียดดังนี้

6.1 นักเรียนร้อยละ 23.39 ที่ตอบตามทิศของการกระจัดโดยส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่า ทิศของความเร็วที่เปลี่ยนไปจะต้องมีทิศเหมือนกับการกระจัด สาเหตุของความคลาดเคลื่อนของมโนมติของนักเรียนในข้อนี้ น่าจะมาจากสาเหตุหลักคือนักเรียนไม่สามารถเข้าใจถึงความหมายของความเร่ง ซึ่งความหมายของความเร่งคือความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา ($\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$) ทั้งขนาดและทิศทางและความเร่งที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมนั้น จะมีทิศทางเข้าหาจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมเสมอ อีกอย่างหนึ่งน่าจะมาจากผู้สอนที่มักจะสอนถึงการใช้สูตรของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมโดยไม่ค่อยจะได้อธิบายถึงทิศทางของความเร่งสู่ศูนย์กลางมากนัก ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนได้มาก ซึ่งในข้อนี้จะสังเกตเห็นว่านักเรียนตอบคำตอบทุกข้อใกล้เคียงกันหมด

6.2 มีนักเรียนร้อยละ 22.13 ที่ตอบเหมือนทิศของความเร็ว $v_2$ ส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่าความเร็วที่เปลี่ยนไปจะมีทิศเหมือนความเร็วสุดท้าย สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้จะมีสาเหตุเดียวกับข้อ 6.1

6.3 มีนักเรียนร้อยละ 23.83 ที่ตอบว่าออกจากจุดศูนย์กลางของวงกลม โดยส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่า ความเร็วที่เปลี่ยนไปจะมีทิศตรงกันข้ามกับความเร่งสู่ศูนย์กลาง สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากสาเหตุที่นักเรียนไม่มีมโนมติเรื่องความเร่งสู่ศูนย์กลางและเป็นสาเหตุเดียวกับสาเหตุของข้อ 6.1

7. คำถามข้อที่ 7 จะถามถึงทิศทางของความเร็ว ณ จุดใดจุดหนึ่งของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม ทิศทางของความเร็วของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่เป็นวงกลมนั้น ณ จุดใด ๆ จะมีทิศตามแนวเส้นสัมผัสวงกลมเสมอ พบว่านักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 42.98 และนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องพร้อมให้เหตุผลถูกต้องร้อยละ 21.28 ส่วนนักเรียนที่ตอบผิดมีรายละเอียดดังนี้

7.1 มีนักเรียนร้อยละ 32.29 เลือกทิศของความเร็ว ณ จุดใด ๆ เป็นทิศตามแนวเส้นรอบวง โดยส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่าทิศความเร็วของวัตถุ ณ จุดใด ๆ นั้นจะมีทิศตามแนวเส้นรอบวง สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้จะมาจากสาเหตุที่นักเรียนไม่เข้าใจถึงความหมาย

ของคำว่าความเร็ว โดยนักเรียนไม่ได้คิดว่าความเร็ว ณ จุดใด ๆ เป็นปริมาณเวคเตอร์ จะต้องมีทิศทางเป็นเส้นตรงเสมอ

7.2 มีนักเรียนร้อยละ 10.64 ตอบทิศของความเร็วจะมีทิศตามหมายเลข 3 ซึ่งเป็นทิศที่โค้งออกจากแนวทางการเคลื่อนที่ สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนไม่มีมโนมติเรื่องความเร็วเชิงเส้นของมวลที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม ว่าทิศของความเร็วของมวล ณ จุดใด ๆ นั้นจะเป็นทิศของเส้นสัมผัสวงกลม

7.3 มีนักเรียนร้อยละ 8.09 ตอบว่าอาจจะเป็นหมายเลขใดก็ได้ ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้จะมีสาเหตุเดียวกับสาเหตุข้อ 7.2

มโนมติที่ 3 ความเร่งลัพธ์ของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม ณ จุดใด ๆ นั้น จะประกอบด้วยความเร่งตามแนวเส้นสัมผัสกับความเร่งสู่ศูนย์กลางที่ตั้งฉากซึ่งกันและกัน

8. คำถามข้อ 8 ถามถึงความเร่งลัพธ์ของวัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบดิ่งด้วยอัตราเร็วไม่คงที่ ความเร่งของวัตถุขณะใดขณะหนึ่งนั้นจะเป็นความเร่งลัพธ์ระหว่างความเร่งสู่ศูนย์กลาง ($\vec{a} = \vec{a}_c + \vec{a}_T$) พบว่านักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 11.48 และในจำนวนนี้มีนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องพร้อมให้เหตุผลถูกต้องจำนวนร้อยละ 4.68 พบว่าผู้ตอบผิดมีลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

8.1 มีนักเรียนร้อยละ 23.41 ที่ตอบทิศของความเร่งลัพธ์เป็นทิศเดียวกับความเร่งสู่ศูนย์กลางมาจากสาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ นักเรียนมีมโนมติว่าความเร่งลัพธ์ของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมจะเป็นความเร่งสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมเสมอ

8.2 มีนักเรียนร้อยละ 60.00 ที่ตอบว่าทิศทางของความเร่งลัพธ์เหมือนกับทิศทางการเคลื่อนของวัตถุ สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้มาจากนักเรียนมีมโนมติว่าความเร่งของวัตถุนั้นจะอยู่ในแนวเดียวกับทิศทางของการเคลื่อนที่ของวัตถุเสมอ และนักเรียนไม่มีมโนมติเรื่องความเร่งลัพธ์ ความเร่งสู่ศูนย์กลาง และความเร่งตามแนวเส้นสัมผัส

8.3 มีนักเรียนร้อยละ 5.11 ที่ตอบว่าความเร่งจะอยู่ในแนวระดับ และส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่าจะมีทิศเหมือนแรงโน้มถ่วง ซึ่งทิศของแรงโน้มถ่วงนั้นอยู่ในแนวดิ่ง ในข้อนี้เมื่อพิจารณาแล้วความคลาดเคลื่อนน่าจะมาจากการเดามากกว่าการคิดเพื่อหาเหตุผลในการตอบ และนักเรียนน่าจะไม่มีมโนมติในวิชาฟิสิกส์เรื่องแรงโน้มถ่วงด้วย

มโนมติที่ 4 วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวดิ่งด้วยอัตราเร็วไม่คงที่ ความเร่งตามแนวเส้นสัมผัสวงกลมจะขึ้นอยู่กับมุมที่ทิศของความเร็วของวัตถุกระทำกับแนวดิ่ง

คำถามในข้อ 9 จะถามถึงขนาดของความเร่งตามแนวเส้นสัมผัสของมวลที่ผูกเชือกแล้วปล่อยให้แกว่งเป็นวงกลมในระนาบดิ่ง จะมีค่ามากที่สุด ณ จุดใด คำตอบที่ถูกคือจุด A ซึ่งเป็นจุดที่เริ่มปล่อย เหตุผลที่ถูกคือจะขึ้นอยู่กับมุม $\theta$ ($a_T = g\sin\theta$) พบว่ามีนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 25.55 ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้เลือกเหตุผลถูกต้องร้อยละ 8.09 และพบว่ามีผู้ตอบผิดในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

9.1 มีนักเรียนร้อยละ 18.29 ตอบว่าจุด B ซึ่งเป็นจุดที่เชือกทำมุม $\theta$ กับระนาบดิ่ง โดยให้เหตุผลส่วนใหญ่ว่าจะขึ้นอยู่กับมุม $\theta$ สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้นักเรียนน่าจะไม่ได้พิจารณาถึงค่าของ $\sin\theta$ ที่มีค่ามากที่สุดเมื่อ $\theta$ ทำมุม 90° กับแนวดิ่ง

9.2 มีนักเรียนร้อยละ 43.40 ซึ่งเป็นจำนวนมากที่สุดที่ตอบว่าจุด C ซึ่งเป็นจุดต่ำสุดมีความเร่งตามแนวเส้นสัมผัสมากที่สุด โดยให้เหตุผลว่าจุด C เป็นจุดต่ำสุดมากที่สุดด้วย สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนคิดว่าจุด C เป็นจุดต่ำสุดและเป็นจุดที่มวลมีอัตราเร็วสูงสุด จุด C ก็จะมีความเร่งสูงสุดด้วย ซึ่งนักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อนโดยคิดว่าถ้าขนาดของความเร็วสูงสุดแล้ว ขนาดของความเร่งจะต้องสูงสุดด้วย

9.3 มีนักเรียนร้อยละ 12.76 ที่ตอบว่าทุกจุดมวลที่แกว่งลงมาจะมีความเร่งเท่ากัน โดยส่วนใหญ่จะให้เหตุผลว่าความเร่งตามแนวเส้นสัมผัสจะขึ้นอยู่กับความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก โดยนักเรียนอาจจะมีมโนมติคลาดเคลื่อนว่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกจะเปลี่ยนแปลงตามขนาดความเร็วของวัตถุ

มโนมติที่ 5 ขนาดความเร่งสู่ศูนย์กลางของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมจะขึ้นอยู่กับขนาดของความเร็วซึ่งเป็นไปตามสมการคือ $a_c = \frac{v^2}{r}$ โดยที่ $a_c$ คือขนาดของความเร่งสู่ศูนย์กลาง $v$ คือขนาดของความเร็วของวัตถุ และ $r$ คือรัศมีของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม

10. คำถามข้อ 10 ถามถึงขนาดของความเร่งสู่ศูนย์กลางของวัตถุที่ผูกเชือกแล้วให้แกว่งเป็นวงกลมในระนาบดิ่ง โดยให้วัตถุแกว่งกลับไปกลับมาระหว่างจุด A กับจุด C โดยมีจุด B เป็นจุดต่ำสุด พบว่ามีนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 51.90 และในจำนวนนี้มีผู้ให้เหตุผลถูกต้องร้อยละ 31.06 และพบว่ามีผู้ตอบผิดในลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

10.1 มีนักเรียนร้อยละ 11.49 ตอบว่าจุด A โดยให้เหตุผลว่าจุด A จะมีความเร่งเท่ากับความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้

น่าจะมาจากนักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าความเร่งสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมนั้นจะแปรผันตรงกับความเร็วของวัตถุขณะใดขณะหนึ่ง

10.2 มีนักเรียนร้อยละ 7.66 ตอบว่าจุด C เป็นจุดที่มีความเร่งมากที่สุด และให้เหตุผลว่าเป็นการเคลื่อนที่ของมวลก้อนเดียวกันมากที่สุด สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากสาเหตุเดียวกันกับข้อ 10.1

10.3 มีนักเรียนร้อยละ 28.95 ตอบว่าจุด A, B และ C มีความเร่งสู่ศูนย์กลางเท่ากันหมด โดยให้เหตุผลว่าเป็นการเคลื่อนที่ของมวลก้อนเดียวกันมากที่สุด สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากสาเหตุเดียวกันกับข้อ 10.1 และอีกสาเหตุหนึ่งน่าจะมาจากมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน โดยนักเรียนมีมโนมติว่าถ้ามวลคงที่แล้ว ความเร่งจะต้องคงที่ด้วย ตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

มโนมติที่ 6 ขณะที่รถเลี้ยวโค้งแรงเสียดทานระหว่างยางกับถนนที่ทำให้รถเลี้ยวโค้งเป็นวงกลมได้ จะต้องเป็นแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานสถิตจะทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม

คำถามข้อ 11 ถามถึงขนาดแรงสู่ศูนย์กลางของรถยนต์ในขณะที่รถยนต์กำลังเลี้ยวโค้ง โดยกำหนดมวลของรถยนต์ รัศมีความโค้งของถนนและสัมประสิทธิแรงเสียดทานสถิตย์กับแรงเสียดทานจลน์มาให้ พบว่ามีนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 27.65 และในจำนวนนี้มีผู้ให้เหตุผลถูกต้องร้อยละ 10.63 และพบว่ามีผู้ตอบผิดในลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

11.1 มีนักเรียนร้อยละ 31.50 ตอบในข้อ ก โดยให้เหตุผลว่าเป็นแรงเสียดทานจลน์มากที่สุด สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนมีมโนมติว่าถ้าวัตถุเคลื่อนที่แล้ว แรงเสียดทานที่เกิดกับวัตถุนั้นจะต้องเป็นแรงเสียดทานจลน์เสมอ

11.2 มีนักเรียนร้อยละ 34.89 ตอบในข้อ ค โดยให้เหตุผลว่าเป็นแรงเสียดทานจลน์มากที่สุด สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากสาเหตุที่นักเรียนมีมโนมติว่าจะมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นทั้งสองอย่าง คือทั้งแรงเสียดทานสถิตกับแรงเสียดทานจลน์ และสาเหตุอีกอย่างหนึ่งก็คือโจทย์กำหนดทั้งสัมประสิทธิ์ แรงเสียดทานสถิตย์กับแรงเสียดทานจลน์มาให้ จึงใช้แรงเสียดทานทั้งสองชนิดรวมกัน

11.3 มีนักเรียนร้อยละ 5.98 ตอบในข้อ ง ซึ่งเป็นข้อที่ขนาดของแรงสู่ศูนย์กลางมีขนาดเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนคิดว่าน้ำหนักของวัตถุนั้นจะทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม

คำถามข้อที่ 12 ถามถึงชนิดและทิศทางของแรงเสียดทานที่ทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม แรงเสียดทานนี้คือแรงเสียดทานสถิต และมีทิศเข้าสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม และในขณะเลี้ยวโค้งล้อรถที่อยู่ด้านในจะถูกยกขึ้น พบว่ามีนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องร้อยละ 34.05 ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้เลือกเหตุผลถูกต้องร้อยละ 11.06 และพบว่ามีผู้ตอบผิดในลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

12.1 มีนักเรียนร้อยละ 26.81 ตอบว่าแรงเสียดทานสถิต แต่มีทิศตรงกันข้ามกับทิศของแรงสู่ศูนย์กลาง สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากการที่นักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าจุดใดเป็นจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม

12.2 มีนักเรียนร้อยละ 21.70 ตอบว่าแรงเสียดทานจลน์ และมีทิศพุ่งออกจากจุดศูนย์กลาง สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากการที่นักเรียนมีความคิดว่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นกับวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะต้องเป็นแรงเสียดทานจลน์ และนักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าแรงสู่ศูนย์กลางจะต้องมีทิศเข้าหาจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมเสมอ

12.3 มีนักเรียนร้อยละ 17.44 ตอบว่าเป็นแรงเสียดทานจลน์และมีทิศพุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากการที่นักเรียนมีความคิดว่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นกับวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ จะต้องเป็นแรงเสียดทานจลน์ และแรงเสียดทานจะมีทิศตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่เสมอ

มโนมติที่ 7 อัตราเร็วเชิงมุม หมายถึงมุมที่รัศมีกวาดไปได้ในเวลา 1 วินาที และเป็นปริมาณสเกลาร์

คำถามในข้อ 13 จะให้นักเรียนคำนวณหาขนาดของอัตราเร็วเชิงมุม ซึ่งหาได้จากสมการ $\omega = \frac{2\pi}{T}$ และอัตราเร็วเชิงมุมจะไม่มีทิศทางเพราะเป็นปริมาณสเกลาร์ พบว่ามีนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องร้อยละ 14.04 ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้เลือกเหตุผลที่ถูกต้องร้อยละ 6.81 และพบว่ามีผู้ตอบผิดในลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

13.1 มีนักเรียนร้อยละ 35.74 ตอบว่าทิศของอัตราเร็วเชิงมุมมีทิศทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งเป็นทิศเดียวกับทิศที่วัตถุเคลื่อนที่ สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนคิดว่าอัตราเร็วเชิงมุมเป็นปริมาณเวคเตอร์ และทิศทางจะต้องมีทิศตามแนวเส้นสัมผัสวงกลม

13.2 มีนักเรียนร้อยละ 37.45 ตอบว่าทิศของอัตราเร็วเชิงมุมจะมีทิศตั้งฉากกับระนาบการหมุน สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนคิดว่าอัตราเร็วเชิงมุมเป็นปริมาณเวคเตอร์ และจะต้องมีทิศตามกฎมือขวา ซึ่งที่จริงแล้วจะเป็นทิศของความเร็วเชิงมุม

13.3 มีนักเรียนร้อยละ 12.77 ตอบว่าทิศของอัตราเร็วเชิงมุมมีทิศทวนเข็มนาฬิกา และขนาดของอัตราเร็วเชิงมุมเท่ากับ 4 rad/$_s$ สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนเดาสุ่มหรือไม่มีมโนมติในเรื่องนี้เลย

มโนมติที่ 8 ดาวเทียมที่สามารถโคจรรอบโลกได้เพราะแรงดึงดูดระหว่างมวลตามกฎของนิวตัน

คำถามข้อที่ 14 ให้เปรียบเทียบขนาดแรงสู่ศูนย์กลางของดาวเทียม 2 ดวงที่มีมวลเท่ากันแต่อยู่สูงจากผิวโลกต่างกัน โดยดวงหนึ่งอยู่สูงจากผิวโลกเท่ากับรัศมีโลก และอีกดวงหนึ่งอยู่สูงจากผิวโลกเป็น 2 เท่าของรัศมีโลก คำตอบที่ถูกต้องก็คือแรงสู่ศูนย์กลางของดาวเทียมที่อยู่ใกล้โลกจะมีค่ามากกว่า แรงดึงดูดระหว่างมวลจะมีค่ามากกว่าหรือน้ำหนักของดาวเทียมที่อยู่ใกล้โลกจะมากกว่า เนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างมวลจะแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ส่วนมวลจะมีค่าคงที่ พบว่ามีนักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องร้อยละ 27.66 ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ให้เหตุผลที่ถูกต้องร้อยละ 2.13 และพบว่ามีผู้ตอบผิดในลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

14.1 มีนักเรียนร้อยละ 14.89 ดาวเทียม B มีแรงสู่ศูนย์กลางสูงกว่าดาวเทียม A โดยส่วนใหญ่จะให้เหตุผลว่า แรงสู่ศูนย์กลางของดาวเทียมจะแปรผันตามความสูงของดาวเทียม สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อนเรื่องแรงดึงดูดระหว่างมวล โดยคิดว่าเมื่อระยะห่างระหว่างมวลมากขึ้น แรงดึงดูดระหว่างมวลจะมีค่ามากขึ้น

14.2 มีนักเรียนร้อยละ 26.81 ที่ตอบว่าแรงสู่ศูนย์กลางของดาวเทียมทั้งสองมีขนาดเท่ากัน โดยส่วนใหญ่จะให้เหตุผลว่าแรงสู่ศูนย์กลางของดาวเทียมจะขึ้นอยู่กับมวลของ

ดาวเทียม สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากการที่นักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนระหว่างมวลของวัตถุกับน้ำหนักของวัตถุว่ามีความแตกต่างกัน และอีกประการหนึ่งคือนักเรียนส่วนใหญ่จะไม่มีมโนมติเกี่ยวกับเรื่องแรงที่ทำให้ดาวเทียมโคจรรอบโลกได้ เพราะน้ำหนักของดาวเทียมซึ่งมาจากแรงดึงดูดระหว่างมวลตามกฎของนิวตัน

14.3 มีนักเรียนร้อยละ 31.06 ซึ่งเป็นปริมาณที่มากที่สุดในข้อนี้ที่ตอบว่า แรงสู่ศูนย์กลางของดาวเทียม A มีขนาดเป็น 2 เท่าของดาวเทียม B โดยส่วนใหญ่จะให้เหตุผลว่าแรงสู่ศูนย์กลางของดาวเทียมจะแปรผันตามความสูง สาเหตุของความคลาดเคลื่อนน่าจะมีสาเหตุเหมือนกับข้อ 14.2 และ 14.3

มโนมติที่ 9 เป็นมโนมติที่กล่าวถึงดาวเทียมสื่อสาร ซึ่งดาวเทียมสื่อสารเหล่านี้จะต้องมีอัตราเร็วเชิงมุมเท่ากับอัตราเร็วเชิงมุมของตำแหน่งบนผิวโลก

คำถามข้อ 15 จะถามถึงดาวเทียม 2 ดวง A และ B โดยทั้งสองโคจรรอบโลกสูงจากผิวโลกต่างกันคือ 1 เท่า และ 2 เท่าของรัศมีโลก โดยให้เปรียบเทียบอัตราเร็วของดาวเทียมทั้งสอง คำตอบที่ถูกคือดาวเทียม B มีอัตราเร็วเป็น $\frac{3}{2}$ เท่าของดาวเทียม A โดยเหตุผลที่ถูกคืออัตราเร็วเชิงมุมของดาวเทียมทั้งสองจะเท่ากัน พบว่ามีนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 16.60 ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้เลือกเหตุผลถูกต้องร้อยละ 2.55 และพบว่ามีผู้ตอบผิดในลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

15.1 มีนักเรียนร้อยละ 13.61 ตอบว่าดาวเทียมทั้งสองมีอัตราเร็วเท่ากัน โดยส่วนใหญ่จะให้เหตุผลว่าอัตราเร็วเชิงมุมของดาวเทียมทั้งสองเท่ากัน และจะเท่ากับอัตราเร็วเชิงมุมของโลกซึ่งเป็นเหตุผลที่ถูกต้อง สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนมีความสับสนกับระหว่างอัตราเร็วและอัตราเร็วเชิงมุม ซึ่งอัตราเร็วในที่นี้คืออัตราเร็วเชิงเส้น

15.2 มีนักเรียนร้อยละ 29.36 ตอบว่าอัตราเร็วของดาวเทียม A เป็น 2 เท่าของอัตราเร็วของดาวเทียม B โดยส่วนใหญ่จะให้เหตุผลว่าเพราะรัศมีวงโคจรดาวเทียม B เป็น 2 เท่าของรัศมีวงโคจรดาวเทียม A สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้นักเรียนคงมีมโนมติว่าอัตราเร็วของดาวเทียมที่โคจรรอบโลกจะต้องแปรผกผันกับระยะห่างระหว่างผิวโลกกับดาวเทียม

15.3 มีนักเรียนร้อยละ 40.43 ตอบว่าดาวเทียม B มีอัตราเร็วเป็น 2 เท่าของอัตราเร็วดาวเทียม A นักเรียนส่วนใหญ่จะให้เหตุผลว่าเพราะรัศมีวงโคจรของดาวเทียม B เป็น 2 เท่าของรัศมีวงโคจรของดาวเทียม A สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากการที่นักเรียนมีมโนมติว่า อัตราเร็วของดาวเทียมจะแปรผันตรงกับระยะห่างระหว่างผิวโลกกับดาวเทียม

มโนมติที่ 10 เป็นมโนมติที่กล่าวถึงประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำกับประจุไฟฟ้าและทำให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เป็นวงกลมหมุนในสนามแม่เหล็ก ความถี่ของการหมุนจะขึ้นอยู่กับขนาดของประจุ ขนาดสนามแม่เหล็ก และขนาดของมวลของประจุนั้น

คำถามข้อที่ 16 ถามถึงความถี่ของอิเล็กตรอน 2 อนุภาคที่มีความเร็วต่างกัน ให้เคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กเดียวกัน ตัวที่ 1 มีความเร็ว $v_1$ และตัวที่ 2 มีความเร็ว $v_2$ โดยที่ $v_1 > v_2$ คำตอบที่ถูกคืออิเล็กตรอนสองตัวมีความถี่เท่ากัน ซึ่งจะเป็นไปตามสมการ $f = \frac{qB}{2\pi m}$ โดยสมการนี้จะเห็นได้ว่าความเร็วของประจุจะไม่มีผลต่อความถี่ของการหมุนของประจุ ขนาดของความถี่ของการหมุนจะขึ้นอยู่กับขนาดประจุ สนามแม่เหล็ก และมวลของประจุ พบว่ามีนักเรียนเลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 16.19 ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้เลือกเหตุผลถูกต้องร้อยละ 6.38 และพบว่ามีผู้ตอบผิดในลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

16.1 มีนักเรียนร้อยละ 42.68 ตอบว่าความถี่ของตัวที่ 1 มากกว่าความถี่ของตัวที่ 2 โดยส่วนใหญ่จะให้เหตุผลว่าเพราะความเร็วของตัวที่ 1 มากกว่าตัวที่ 2 สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากสาเหตุที่นักเรียนมีมโนมติว่า วัตถุใดที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยความเร็วมากย่อมมีความถี่มากเป็นไปตามสมการ $f = \frac{v}{2\pi r}$ ซึ่งจะเห็นได้ว่าความถี่แปรผันตรงกับขนาดของความเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม

16.2 มีนักเรียนร้อยละ 28.09 ตอบว่าความถี่ของตัวที่ 2 มากกว่าตัวที่ 1 และส่วนใหญ่จะให้เหตุผลว่าเพราะความเร็วของอิเล็กตรอนตัวที่ 1 มากกว่าอิเล็กตรอนตัวที่ 2 สาเหตุของความคลาดเคลื่อนของข้อนี้น่าจะมาจากมโนมติของนักเรียนที่ว่า วัตถุใดมีความเร็วสูงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ หรือคาบของวัตถุจะน้อย นักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนเรื่องคาบและความถี่ของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม

16.3 มีนักเรียนร้อยละ 13.04 ที่ตอบว่าความถี่ของอิเล็กตรอนตัวที่ 1 เป็น 2 เท่าของความถี่อิเล็กตรอนตัวที่ 2 และส่วนใหญ่จะให้เหตุผลว่าเพราะความเร็วของอิเล็กตรอนตัวที่ 1 มากกว่าอิเล็กตรอนตัวที่ 2 สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากสาเหตุเดียวกันกับข้อ 16.1

จากการศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลม โดยภาพรวมแล้วพบว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. มโนมติที่คลาดเคลื่อนที่มีสาเหตุมาจากมโนมติพื้นฐานเดิมของนักเรียนไม่ดีพอ และอาจจะมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในมโนมติพื้นฐานต่าง ๆ มาก่อน จึงทำให้มโนมติเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมนั้นคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับสูงมากทุกมโนมติ เช่น

1.1 การมีมโนมติพื้นฐานเรื่องการกระจัดความเร็ว ความเร่ง นักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าความเร็วคือการกระจัดที่เปลี่ยนไปใน 1 วินาที ซึ่งความเร็วทั้งขนาดและทิศทางหาได้จาก $\frac{\vec{S}_2 - \vec{S}_1}{t_2 - t_1}$ การเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยอัตราเร็วคงที่เป็นวงกลม ความเร็วของวัตถุจะไม่คงที่เพราะทิศทางของความเร็วเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ขนาดของความเร็วเท่านั้นที่คงที่ซึ่งมีผลทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ขนาดและทิศทางของความเร่งหาได้จาก $\frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}$ ทิศทางของความเร่งจะมีทิศเดียวกับทิศของ $\Delta\vec{v}$ สาเหตุในข้อนี้จะส่งผลให้นักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในการบอกตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม และไม่สามารถหาทิศของแรงสู่ศูนย์กลาง และทิศของความเร่งสู่ศูนย์กลางได้

1.2 นักเรียนมีมโนมติเรื่องกฎข้อที่ 2 ของนิวตันไม่ดีพอ ซึ่งจะมีผลทำให้นักเรียนไม่สามารถหาทิศของแรงสู่ศูนย์กลางและความเร่งสู่ศูนย์กลางได้ เพราะทิศของแรงสู่ศูนย์กลางเป็นทิศของแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุ ที่มีทิศพุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลาง นักเรียนไม่สามารถหาทิศของแรงลัพธ์ของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่เป็นวงกลมได้ จึงส่งผลให้หาจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมไม่ได้

2. นักเรียนมีมโนมติในวิชาคณิตศาสตร์ไม่ดีพอจึงส่งผลทำให้นักเรียนมีมโนมติคลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์อยู่ในระดับสูงมาก เช่น ในการหาทิศความเร่งสู่ศูนย์กลางหาได้จาก $\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ เป็นการหา $\Delta\vec{v}$ ตามหลักการลบปริมาณเวคเตอร์ นักเรียนไม่สามารถทำการลบปริมาณเวคเตอร์ได้ ก็ไม่สามารถหาทิศของความเร่งได้ ซึ่งจากผลการวิจัยของอเดอร์สัน

(Ackerson, 1966 : อ้างถึงใน สุรวิทย์ วงศ์ศรี : 79) พบว่านักเรียนที่เรียนวิชาฟิสิกส์จำเป็นต้องมีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ เพราะวิชาฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กัน

3. ในการเรียนเพื่อให้เกิดมโนมติวิชาฟิสิกส์นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่นักเรียนจะต้องทำการทดลอง มีการบันทึกข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปมาเป็นกฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์เพื่อให้ได้มาซึ่งตัวแปรต่าง ๆ ในสมการที่ใช้ในการคำนวณ เพื่อให้นักเรียนเกิดมโนมติที่ถูกต้องตามลำดับขั้นของมโนมติ จะสอดคล้องกับคณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 31-32) ได้รายงานไว้ว่า ...มโนมติทางวิทยาศาสตร์เกิดจากข้อเท็จจริงทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม และเน้นในเชิงปริมาณเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ข้อมูลที่เป็นการทดลองมีการใช้อุปกรณ์ ปรับปรุงอุปกรณ์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ดีขึ้นเรื่อย ๆ นอกจากนั้นมโนมติทางวิทยาศาสตร์จะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในบทเรียน และมีความรู้ในระดับสูงได้แจ่มแจ้ง... และสอดคล้องกับที่ ผดุงยศ ดวงมาลา (2523 : 6) ได้กล่าวไว้ว่า "มโนมติที่สมบูรณ์จะเกิดขึ้นเมื่อบุคคลมีประสบการณ์ตรงต่อสิ่งนั้น" ซึ่งในเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมจะมีการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง คาบของการเคลื่อนที่และรัศมีของการเคลื่อนที่เป็นวงกลม

4. อีกสาเหตุหนึ่งที่มโนมติของนักเรียนคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับที่สูงมากนั้น เนื่องจากเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมบางหัวข้อเป็นเรื่องที่นักเรียนส่วนมากขาดประสบการณ์ตรงและเป็นเรื่องที่ไกลตัว ซึ่งจะมีผลทำให้นักเรียนเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนได้ ถ้าผู้สอนไม่เลือกวิธีสอน และวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรวิทย์ วงศ์ศรี (2536 : 83) ได้สรุปไว้ว่า การเรียนรู้มโนมติจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้สอนมีความพร้อมทั้งทางด้านเนื้อหา และเตรียมการสอน และนักเรียนมีประสบการณ์มากพอที่จะเข้าใจมโนมตินั้นได้ ดังนั้นในการเรียนรู้มโนมติที่มีลักษณะเป็นนามธรรมนั้น ครูจะต้องพยายามทำเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรมนั้นให้มีความเป็นรูปธรรมมากที่สุด เพื่อจะได้ง่ายสำหรับการเรียนรู้ โดยครูควรจะเลือกวิธีสอนให้เหมาะสมกับการเรียนของนักเรียน ควรจะจัดกิจกรรมให้นักเรียนอย่างกว้างขวาง

5. สาเหตุอีกประการหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนคือ คำนิยามศัพท์ ศัพท์บางคำในวิชาฟิสิกส์จะมีความหมายแตกต่างกัน เช่น การเข้าใจผิดว่าการเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วคงที่ นักเรียนจะเข้าใจผิดว่าเป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ด้วย ซึ่งคำว่า "อัตราเร็วคงที่" กับ "ความเร็วคงที่" มีความหมายแตกต่างกัน โดยอัตราเร็วนั้นเป็น

ปริมาณสเกลาร์ ส่วนความเร็วเป็นปริมาณเวคเตอร์ ขนาดของความเร็วคงที่ไม่ได้หมายความว่าความเร็วคงที่เพราะจะต้องคำนึงถึงทิศทางด้วย ความคลาดเคลื่อนในลักษณะแบบนี้จะสอดคล้องกับ สุวิมล เขี้ยวแก้ว (Suwimon Kiekaew, 1989 : 15-18) ได้สรุปถึงการเกิดมโนมติไว้ข้อหนึ่งว่ามีสาเหตุมาจากภาษา โดยนักเรียนมักนำภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวันมาปะปนกับศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์

6. มโนมติคลาดเคลื่อนเนื่องจากการสอนของครูผู้สอน วิธีสอนของครูผู้สอนนั้นมีความสำคัญอย่างมากที่จะมีผลให้เกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนได้ค่อนข้างสูง ซึ่งในปัจจุบันนั้นการสอนของครูผู้สอนจะเน้นถึงการใช้สูตรลัดในการแก้ปัญหาโจทย์ที่เป็นการคำนวณมากกว่า โดยครูมีความคิดว่าถ้านักเรียนจำสูตรได้และแทนค่าลงไปในสูตรได้ถูกต้อง นักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้องในเรื่องนั้น ๆ แล้ว ซึ่งจริง ๆ แล้วมโนมติในทางฟิสิกส์นั้นไม่ใช่การแก้ปัญหาโจทย์ที่เป็นลักษณะการคำนวณเพียงอย่างเดียว มีผู้สอนเป็นจำนวนมากที่สอนให้นักเรียนทำข้อสอบได้ โดยไม่ได้สอนให้นักเรียนเกิดมโนมติ และไม่เห็นประโยชน์หรือเห็นคุณค่าของการทดลอง จึงใช้การอธิบายเนื้อหาและสรุปผลการทดลองแทนการทดลองที่มีในบทเรียน ทำให้มีผลนักเรียนขาดประสบการณ์ตรงที่จะทำให้เกิดมโนมติที่ถูกต้องและชัดเจนแก่นักเรียน ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ พนัส หันนาคินทร์ (2526 : 99-100) ได้วิจัยไว้ว่า "ประสบการณ์ที่เป็นจริงเป็นสิ่งจำเป็นในการสร้างมโนมติใหม่แก่นักเรียน"

2. จากการวิจัย โดยภาพรวมพบว่านักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่และ โรงเรียนขนาดกลาง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรวิทย์ วงศ์ศรี (2536 : 92) ที่พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดชัยภูมิที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดกลางและขนาดใหญ่ มีมโนมติเรื่องการเคลื่อนที่แนวตรงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การที่มโนมติที่คลาดเคลื่อนในโรงเรียนขนาดต่างกันให้ผลไม่แตกต่างกันนั้น น่าจะเป็นเพราะนโยบายของกรมสามัญ กระทรวงศึกษาธิการ กำหนดให้โรงเรียนแต่ละโรงเรียนรับนักเรียนในเขตพื้นที่ใกล้บ้าน โดยกำหนดเขตพื้นที่ที่รับนักเรียนไม่ให้ซ้ำซ้อนกัน โดยไม่ต้องสอบคัดเลือก จึงทำให้นักเรียนในจังหวัดปัตตานีมีลักษณะกระจายแบบปกติ ดังนั้นแม้ว่าโรงเรียนขนาดใหญ่จะมีจำนวนนักเรียนมากกว่าโรงเรียนขนาดกลาง แต่ระดับความสามารถของนักเรียนจะมีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนั้นโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลางได้รับการจัดสรรในเรื่อง

งบประมาณ บุคลากร และอุปกรณ์สื่อการเรียนการสอน ในอัตราที่ใกล้เคียงกัน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจึงไม่แตกต่างกันมากนัก

เมื่อพิจารณาในแต่ละรายมโนมติ พบว่านักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดกลางมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่อยู่ 1 มโนมติ คือ มโนมติที่ 1 ซึ่งเป็นมโนมติที่กล่าวถึงทิศของแรงลัพธ์ที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลม จะมีทิศพุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่เป็นวงกลมเสมอ เหตุที่เป็นเช่นนี้น่าจะมีสาเหตุมาจากเงื่อนไขการเลือกใช้วิธีการสอนของครูผู้สอน กล่าวคือครูผู้สอนในโรงเรียนขนาดกลางอาจจะใช้วิธีสอนแบบทดลอง และแบบสาธิต หรือใช้อุปกรณ์การสอนน้อยกว่าครูผู้สอนในโรงเรียนขนาดใหญ่

3. จากการวิจัยโดยภาพรวม พบว่านักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรวิทย์ วงศ์ศรี (2536 : 92) ที่พบว่านักเรียนชายและนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดชัยภูมิ มีมโนมติวิชาฟิสิกส์เรื่องเสียงและการเคลื่อนที่แนวตรงไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาในแต่ละรายมโนมติ พบว่านักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จำนวน 2 มโนมติคือ มโนมติที่ 5 และมโนมติที่ 7 โดยนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนชาย ดังมีรายละเอียดดังนี้

มโนมติที่ 5 เป็นมโนมติที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่เป็นวงกลมในระนาบดิ่งความเร่งสู่ศูนย์กลาง จะขึ้นอยู่กับความเร็วของวัตถุขณะนั้น มโนมตินี้เป็นมโนมติที่เกี่ยวข้องอยู่กับการคำนวณ ฉะนั้นนักเรียนหญิงอาจจะมีทักษะในการคำนวณได้ไม่ดีเท่ากับนักเรียนชาย

มโนมติที่ 7 เป็นมโนมติที่เกี่ยวกับการคำนวณหาอัตราเร็วเชิงมุมของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม เหตุผลที่ทำให้นักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนชาย อาจจะเป็นเหตุผลเดียวกับเหตุผลของมโนมติที่ 5

4. โดยภาพรวม ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างขนาดของโรงเรียนและเพศของนักเรียน แต่เมื่อพิจารณาในแต่ละรายมโนมติพบว่า มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างขนาดของโรงเรียนและเพศของ

นักเรียนอยู่ 2 มโนมติคือ มโนมติที่ 6 และมโนมติที่ 9

มโนมติที่ 6 จากผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนหญิงที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนหญิงที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดกลาง อาจจะเป็นเพราะโรงเรียนขนาดใหญ่ความสามารถของผู้สอนก็ไม่ได้มีประสิทธิภาพมากกว่าผู้สอนในโรงเรียนขนาดกลาง และเนื่องจากนักเรียนหญิงที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่มีจำนวนมาก ทำให้การจัดกระบวนการเรียนการสอนในบางรายมโนมติจัดได้ไม่ทั่วถึงกัน

2. นักเรียนหญิงที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนชาย อาจจะเป็นเพราะมโนมตินี้เป็นมโนมติที่ซับซ้อนจะต้องอาศัยการคำนวณมาอธิบาย นักเรียนหญิงโดยส่วนใหญ่อาจจะมีทักษะในการคำนวณได้ไม่ดีเท่ากับนักเรียนชาย

มโนมติที่ 9 จากผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนชายที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดกลางมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนชายที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่ อาจเป็นเพราะนักเรียนชายที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดใหญ่มีแหล่งค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมจากภายนอกโรงเรียนได้มากกว่านักเรียนชายที่อยู่ในโรงเรียนขนาดกลาง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโรงเรียนประจำอำเภอบางโรง มีครูคนเดียวกันสอนมา ตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

2. นักเรียนหญิงที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนใหญ่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนชาย อาจจะเป็นเพราะเหตุผลเดียวกับเหตุผลของมโนมติที่ 6 ในข้อ 2

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

จากผลการวิจัยเรื่องมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจังหวัดปัตตานี ทำให้ทราบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดปัตตานี มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมอยู่ในระดับสูงมากทุกมโนมติ ดังนั้นเพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ให้นักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1.1 สำหรับครูผู้สอน

1.1.1 ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ทุกระดับชั้นควรจะมีการปรับปรุงการจัดกระบวนการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและใช้สื่อการสอนให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงให้ได้มากที่สุด จะต้องให้นักเรียนได้ทำการทดลองด้วยตนเอง

1.1.2 ครูผู้สอนควรนำข้อสอบวัดมโนมติวิชาฟิสิกส์ไปใช้ในการเรียนการสอน จะได้มีการประเมินตนเองและผู้เรียน และจะได้ศึกษาข้อบกพร่องของการเรียนการสอน จะได้แก้ไขและช่วยเหลือนักเรียนได้ทันท่วงที

1.1.3 ครูผู้สอนควรทำการทดสอบมโนมติของนักเรียนหลังจากจบหัวข้อหลัก ๆ ในบทเรียนทุกครั้ง เพื่อเป็นข้อมูลให้ทราบว่านักเรียนมีมโนมติในหัวข้อคลาดเคลื่อนอย่างไร มีความคลาดเคลื่อนมากน้อยแค่ไหน จะแก้ไขให้นักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนลดลง ซึ่งจะส่งผลทำให้นักเรียนเรียนเรื่องใหม่ได้รวดเร็วและถูกต้องมากขึ้น

1.1.4 การออกข้อสอบในปัจจุบันครูผู้สอนส่วนใหญ่จะออกข้อสอบแบบเลือกตอบเพื่อสะดวกในการตรวจ และมักจะนำข้อสอบเก่า ๆ ที่เคยใช้แล้วในทุกปีกลับมาใช้อีก เพื่อเป็นการประหยัดข้อสอบแบบเลือกตอบเปิดโอกาสให้นักเรียนลอกและเดาคำตอบที่ถูกในตัวเลือกของข้อสอบได้ ซึ่งไม่สามารถบอกได้ว่านักเรียนทำข้อสอบถูกนั้นเพราะนักเรียนมีความรู้หรือมีมโนมติที่ถูกต้องแล้ว ฉะนั้นในการออกข้อสอบวิชาฟิสิกส์ควรออกข้อสอบแบบแสดงวิธีทำให้มีปริมาณมากพอ เพื่อเป็นการเพิ่มทักษะในการเขียน โดยให้นักเรียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียด ครูจะได้ทราบว่านักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้องหรือมโนมติคลาดเคลื่อนอย่างไร

1.1.5 ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ควรเข้ารับการอบรมอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเป็นการพัฒนาความรู้ เพิ่มทักษะความชำนาญ และได้แลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกันกับผู้สอนที่สอนในโรงเรียนต่าง ๆ กัน

1.1.6 ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ควรจะมีการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมจากตำรา จากวารสาร นิตยสารต่าง ๆ เพื่อจะได้ทราบข้อมูลข่าวสารและความรู้ใหม่ ๆ

1.1.7 ควรจัดให้มีการประชุม สัมมนา สำหรับผู้สอนในวิชาฟิสิกส์เป็นประจำ เพื่อแลกเปลี่ยนปัญหาและช่วยกันวางแผนการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.1.8 ครูผู้สอนมีภาระงานอื่น ๆ ที่ไม่ใช่งานสอนมากเกินไป เช่น เป็นฝ่ายปกครอง ฝ่ายพัสดุ ฝ่ายการเงิน ฝ่ายธุรการ ฯลฯ ซึ่งจะทำให้ครูไม่มีเวลาที่จะเตรียมการสอน เตรียมอุปกรณ์ ตลอดจนการจัดกระบวนการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพได้

1.1.9 ครูผู้สอนส่วนใหญ่ทำการวิจัยไม่เป็นและไม่เคยได้ทำการวิจัย ผลสัมฤทธิ์ทางด้านการเรียนการสอนของนักเรียนที่ตัวเองสอน

1.1.10 ครูผู้สอนควรจะจัดการสอนเสริมในวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมบางหัวข้อที่นำไปใช้ในวิชาฟิสิกส์ จะทำให้นักเรียนมีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ดีขึ้น

1.2 สำหรับผู้บริหาร

2.1.1 ผู้บริหารควรส่งเสริมและสนับสนุนให้ครูผู้สอนได้รับการอบรม สัมมนา เกี่ยวกับเทคนิควิธีสอน การใช้สื่อการสอน และส่งเสริมให้ครูศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม เพื่อให้ครูมีความรู้ กว้างขวางและมีประสบการณ์ ตลอดจนเพิ่มความชำนาญในการสอนมากยิ่งขึ้น

2.1.2 ผู้บริหารควรส่งเสริมและสนับสนุนในด้านงบประมาณในการผลิตสื่อ และในการซื้ออุปกรณ์ที่มีคุณภาพ ซึ่งอุปกรณ์ฟิสิกส์ที่ใช้ในปัจจุบันเป็นอุปกรณ์ที่มีคุณภาพค่อนข้างต่ำมาก บางอย่างไม่ได้มาตรฐาน ผลการทดลองคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีมาก ทำให้นักเรียนไม่ค่อยสนใจจะทดลอง และครูผู้สอนก็ไม่อยากทดลอง

2.1.3 ผู้บริหารจะต้องสร้างขวัญและกำลังใจแก่ผู้ที่มีความรู้ความสามารถทางด้านวิชาการอย่างจริงจัง โดยการพิจารณาความดีความชอบเป็นกรณีพิเศษสำหรับผู้สอนที่มีความสามารถและมีความรับผิดชอบต่อการเรียนการสอนอย่างดี โดยผู้บริหารต้องมีนโยบายด้านวิชาการต้องมีความสำคัญที่สุด และผู้บริหารต้องทราบสภาพปัญหาด้านวิชาการของโรงเรียน และหมั่นเอาใจใส่ดูแลและพัฒนางานวิชาการให้มากที่สุด

1.3 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้อง

1.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรในการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรควรมีการศึกษางานวิจัย ตลอดจนการจัดลำดับเนื้อหาวิชาและลำดับการสอนมโนมติให้เหมาะสมกับสภาพของผู้เรียน สภาพของท้องถิ่น ควรมีการปรับปรุงแก้ไขแบบเรียนให้หลากหลาย ตลอดจนปรับปรุงคู่มือครู อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองให้ทันสมัยและมีประสิทธิภาพคงทนถาวร และควรจะพัฒนาสื่อการเรียนการสอนให้ทันสมัยและน่าสนใจมากขึ้น

1.3.2 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จะต้องจัดอบรมครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ในระดับต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ เพราะจะมีครูผู้สอนที่เป็นผู้สอนใหม่ทุกปี และอีกประการหนึ่งคือ การเน้นให้เห็นถึงความสำคัญของการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดมโนมติที่ถูกต้อง และจะเป็นการกระตุ้นให้ผู้สอนมีความกระตือรือร้นและตั้งใจสอนอย่างสม่ำเสมอ

1.3.3 โรงเรียนมีกิจกรรมที่ทำให้สูญเสียเวลาเรียน ซึ่งกิจกรรมส่วนใหญ่เป็นกิจกรรมที่ไม่ได้ส่งเสริมด้านวิชาการแก่นักเรียน ทำให้ครูรีบสอนและสรุป เนื้อหาเพื่อให้ทันตามที่หลักสูตรได้วางไว้ ฉะนั้นทางโรงเรียนควรจะพิจารณากิจกรรมเหล่านี้ให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับงานวิชาการให้มากที่สุด

1.3.4 มหาวิทยาลัยส่วนท้องถิ่นที่เป็นของรัฐควรจะจัดให้มีการอบรม ความเข้มข้นทางด้านเนื้อหาทักษะการใช้อุปกรณ์ และอื่น ๆ ตามที่ครูผู้สอนต้องการ โดยการสำรวจสภาพปัญหาและความคิดเห็น รวมทั้งความต้องการของผู้สอนให้เป็นประจำและสม่ำเสมอ ซึ่งจะทำให้ครูมีความรู้มากขึ้น และแม่นยำในเนื้อหาวิชามากขึ้นตามความต้องการ

## 2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรทำการศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมกับกลุ่มประชากรอื่น ๆ เพื่อนำเปรียบเทียบผลการวิจัยว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

2.2 ควรทำการศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนวิชาฟิสิกส์ในเรื่องอื่น ๆ อีก เพื่อเป็นประโยชน์ในด้านการพัฒนาหลักสูตรและการปรับปรุงในด้านการเรียนการสอนของครู

2.3 ควรทำการศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้นักเรียนเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนกับกลุ่มประชากรเดิม เพื่อเป็นแนวทางและหาทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น รวมทั้งยังนำไปปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นอีก

2.4 ควรทำการศึกษาในลักษณะเดียวกันนี้ในรายวิชาอื่น ๆ กับกลุ่มประชากรเดิม

2.5 ควรจะจัดให้จำนวนมโนมติน้อยลง แต่ให้จำนวนข้อสอบในแต่ละรายมโนมติให้มากกว่า 1 ข้อ

2.6 ควรจะมีการศึกษาเจาะลึกในแต่ละรายมโนมติ