

Misconception of Mechanical Equilibrium of Mathayomsuksa Five Students in Provincial Schools in Educational Region Two

Pun Thongchumnum

M.Sc.(Research Methodology), Assistant Professor,
Demonstration School, Faculty of Education,
Prince of Songkla University
E-mail: tpun@chaiyo.com

Abstract

This research was intended 1) to study the misconception of mechanical equilibrium of mathayomsuksa five students in provincial schools in educational region two, 2) to compare the conception of mechanical equilibrium of those male and female students, and 3) to compare the conception of mechanical equilibrium of those students in each province. The sample consisted 1,132 mathayomsuksa five students from provincial schools in educational region two. Independent variables were gender and province (Pattani, Yala, Narathiwat and Satun province). The research instrument was a measurement test consisting of 27 question items and covering 10 conceptions of mechanical equilibrium. The reliability of the instrument used in this research was 0.83. In analyzing the data, for each question item and each conception percentages were calculated by gender and province. To check mean differences between male and female students, a t-test was performed. A one-way ANOVA was carried out to check the mean differences between provinces, and pairwise differences were established using Scheffe's method.

The findings were as follows:

1. Students were found to have high misconceptions in almost all conceptions tested. For 9 conceptions tested, more than 50 percent of students had misconception. 88.78 percent of students had misconception in the 6th conception and 38.25 percent in the 3rd conception. Students had misconception at the average 66.93 percent.

2. With respect to gender, 64.26 percent of male students had misconception. The highest percentage (88.31 percent) of misconception was in the 6th conception and the lowest percentage (33.52 percent) was in the 3rd conception. On the other hand, 67.55 percent of female students had misconception. The highest percentage (89.00%) of misconception was in the 6th conception and the lowest percentage (40.45%) was in the 3rd conception.

3. Setting the correct total score of students at one and the incorrect total score of students at zero, the mean conception for each province was as follows: Narathiwat, mean=0.46 and standard deviation=0.21; Pattani, mean=0.36 and standard deviation=0.21; Yala, mean=0.30 and standard deviation=0.17; and Satun, mean=0.22 and standard deviation=0.11.

4. The Misconceptions of male and female students was significantly different at the level of .05

5. The Misconceptions of students in each province was significantly different at the level of .05

Keywords: misconception, mechanical equilibrium, provincial schools in educational region two

มโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องสมดุกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนประจำจังหวัด เขตการศึกษา 2

พันธ์ ทองชุมนุม

วท.ม.(วิจิตรวิทยาการวิจัย), ผู้ช่วยศาสตราจารย์

โรงเรียนสาธิต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

E-mail: tpun@chaiyo.com

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องสมดุกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนประจำจังหวัด เขตการศึกษา 2 2) เปรียบเทียบมโนคติเรื่องสมดุกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนประจำจังหวัด เขตการศึกษา 2 ระหว่างนักเรียนเพศชายและเพศหญิง 3) เปรียบเทียบมโนคติเรื่องสมดุกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนประจำจังหวัด เขตการศึกษา 2 ระหว่างแต่ละจังหวัด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2543 ในโรงเรียนประจำจังหวัด เขตการศึกษา 2 จำนวน 1,132 คน ตัวแปรอิสระคือ เพศ และจังหวัด ซึ่งประกอบด้วย บัตตานี ยะลา นราธิวาส และสตูล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบวัดมโนคติเรื่องสมดุกล 1 ฉบับ จำนวนเป็น 10 มโนคติ จำนวน 27 ข้อคำถาม ผลการหาคุณภาพของเครื่องมือวิจัยได้ความเที่ยงของข้อสอบทั้งฉบับ 0.83 การวิเคราะห์ข้อมูลทำการวิเคราะห์เป็นร้อยละของนักเรียนที่ตอบรายชื่อและรายหมโนคติจำแนกตามเพศและจังหวัด ทดสอบความแตกต่างของคะแนนมโนคติระหว่างเพศชายและเพศหญิงโดยการทดสอบที (t-test) ทดสอบความแตกต่างคะแนนมโนคติระหว่างจังหวัดโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One Way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างรายคู่โดยวิธีของ Scheffé

ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนสูงมากเกือบทุกมโนคติ มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนสูงเกินกว่าร้อยละ 50 จำนวน 9 มโนคติ มโนคติที่นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดคือมโนคติที่ 6 ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 88.78 มโนคติที่นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนต่ำสุดคือมโนคติที่ 3 ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 38.25 และเมื่อคิดเฉลี่ยรวมทุกมโนคติพบว่านักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 66.93

2. มโนคติที่คลาดเคลื่อนจำแนกตามเพศพบว่า นักเรียนเพศชายมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 64.26 มีความคลาดเคลื่อนสูงสุดในมโนคติที่ 6 ร้อยละ 88.31 คลาดเคลื่อนต่ำสุดในมโนคติที่ 3 ร้อยละ 33.52 นักเรียนเพศหญิงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 67.55 มีความคลาดเคลื่อนสูงสุดในมโนคติที่ 6 ร้อยละ 89.00 คลาดเคลื่อนต่ำสุดในมโนคติที่ 3 ร้อยละ 40.45

3. เมื่อกำหนดคะแนนรวมของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้องทุกข้อเป็น 1 มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนทุกข้อเป็น 0 คะแนนมโนคติเฉลี่ยจำแนกตามจังหวัดเรียงจากสูงสุดไปต่ำสุดตามลำดับคือ จังหวัดนราธิวาสค่าเฉลี่ย 0.46 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.21 จังหวัดบัตตานีค่าเฉลี่ย 0.36 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.21 จังหวัดยะลาค่าเฉลี่ย 0.30 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.17 และจังหวัดสตูลค่าเฉลี่ย 0.22 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.11

4. มีความแตกต่างของคะแนนมโนคติที่คลาดเคลื่อนระหว่างนักเรียนเพศชายและเพศหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. มีความแตกต่างของคะแนนมโนคติที่คลาดเคลื่อนระหว่างแต่ละจังหวัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: มโนคติที่คลาดเคลื่อน, สมดุลกล, โรงเรียนประจำจังหวัดเขตการศึกษา 2

บทนำ

สภาพเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยในช่วงศตวรรษที่ผ่านมาถือได้ว่ามีเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมาก จากสภาพสังคมเกษตรกรรมพอยุ่พอกินแบบดั้งเดิม มาสู่สภาพสังคมอุตสาหกรรมหรือเกษตรกรรมสมัยใหม่ สาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดจากความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มนุษย์ค้นพบ และนำเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตต่างๆ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในจำนวน ปริมาณ และคุณภาพของผลผลิตที่ออกมา รวมทั้งวิถีชีวิตและการประกอบอาชีพของคนไทยในทุกๆระดับ จากสาเหตุดังกล่าวรัฐบาลได้ตระหนักถึงบทบาทและความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงได้มีการริเริ่มส่งเสริมการพัฒนากำลังคนที่มีความรู้ความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างจริงจังและต่อเนื่อง ซึ่งจะเห็นได้จากในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540-2544) ได้มีการจัดทำและบรรจุแผนการผลิตและพัฒนากำลังคนทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไว้อย่างชัดเจน ในขณะที่เดียวกันทางกระทรวงศึกษาธิการซึ่งรับผิดชอบโดยตรงในการจัดการศึกษาก็ได้มีการปรับปรุงเนื้อหา กระบวนการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อให้มีความทันสมัยและสอดคล้องกับนโยบายที่กำหนดไว้ในแผนการศึกษาแห่งชาติ

กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) จะประกอบด้วยหลายสาขาวิชาด้วยกัน ฟิสิกส์ถือเป็นสาขาวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะเป็นวิชาที่ศึกษาและอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ รอบตัวเรา นอกจากนี้ยังสามารถนำความรู้และหลักการต่างๆ ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้มากมาย ดังคำพูดของ Capra (ประจวบ

เรื่องยังมี, 2542, 1) ที่กล่าวว่า "วิชาฟิสิกส์มีอิทธิพลอย่างลึกซึ้งต่อสังคมมนุษย์ในแง่มุมต่างๆ เกือบทั้งหมด และเป็นพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ" และเพราะความสำคัญของวิชาฟิสิกส์ดังกล่าวเราจึงมักพบเสมอว่ามหาวิทยาลัยที่มีมาตรฐานระดับโลกจะบรรจุวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาพื้นฐานอยู่ในหลักสูตรเสมอ

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ค่อนข้างทำความเข้าใจยาก เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยกัน ซึ่งหากต้องการให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในมโนคติที่ถูกต้องในเนื้อหาใดๆ ผู้สอนต้องมีการศึกษาวิจัย หรือมีข้อมูลล่วงหน้ามาก่อนว่าสำหรับเนื้อหาในแต่ละเรื่อง ผู้เรียนมักจะมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (Misconceptions) อย่างไรบ้าง เพื่อที่ผู้สอนจะได้มีการเตรียมกระบวนการเรียนการสอน การอธิบาย หรือเทคนิควิธีสอนเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนคติในเรื่องนั้นๆ อย่างถูกต้อง

เนื้อหา "สมดุลกล" เป็นเรื่องที่มีความสำคัญในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาเพราะเป็นเนื้อหาที่กล่าวถึงการประยุกต์การใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน รวมทั้งการนำความรู้เรื่องเวกเตอร์มาใช้แก้ปัญหาจากประสบการณ์การสอนวิชาฟิสิกส์ของผู้วิจัย จากการแลกเปลี่ยนความรู้กับอาจารย์ที่ทำการสอนทั้งในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษารวมทั้งจากการพูดคุยสัมภาษณ์นักเรียนที่กำลังเรียนอยู่ระดับมัธยมศึกษาและเคยเรียนผ่านเนื้อหาเรื่องสมดุลกลไปแล้ว พบว่าเนื้อหาสมดุลกลเป็นเรื่องที่นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนอยู่เสมอ อย่างไรก็ตามสำหรับประเทศไทยแล้วยังไม่มีงานวิจัยชิ้นใดที่ได้ทำการศึกษาในเรื่องนี้ สำหรับต่างประเทศนั้นก็มีผลการศึกษาไว้อย่างกว้างๆ มโนคติที่คลาดเคลื่อนต่อไปนี้เป็นประเด็นที่งานวิจัยในต่างประเทศ มักพบเสมอในเนื้อหาเรื่องสมดุลกล (Students' misconceptions in

Physics, 2000)

1. แรงเสียดทานไม่มีส่วนกระทำโดยตรงต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ
 2. แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับน้ำหนักของวัตถุนั้น
 3. สมมูลกลหมายถึงแรงทุกแรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากันเท่านั้น
 4. การเคลื่อนที่ของวัตถุใดๆ ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
 5. แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาเป็นแรงที่ต้องกระทำต่อวัตถุเดียวกันเท่านั้น
 6. สมดุลเป็นผลสืบเนื่องมาจากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน
 7. วัตถุที่มีการเคลื่อนที่เท่านั้นที่มีแรงกระทำ ส่วนวัตถุที่ไม่มีการเคลื่อนที่จะไม่มีแรงกระทำต่อวัตถุนั้น
- ในการจัดการเรียนการสอนแต่ละครั้งนั้น ผู้สอนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเมื่อกิจกรรมดังกล่าวสิ้นสุดลง ผู้เรียนจะเกิดความรู้ ความเข้าใจ เกิดมโนคติที่ถูกต้องและคาดหวังไว้ว่า นอกเหนือจากจะมีความรู้ความเข้าใจแล้วยังสามารถนำมโนคติดังกล่าวไปประสานกับความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่จะเกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี ยิ่งกว่านั้นหากสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาอื่นๆ ที่ต่อเนื่องได้ก็ถือว่าเป็นความสำเร็จของทั้งผู้เรียนและผู้สอนสำหรับในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายตามหลักสูตรพุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) เนื้อหาที่หลักสูตรกำหนดไว้จะมีการจัดลำดับก่อนหลังเพื่อให้มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันและมีการจำแนกอย่างชัดเจนว่าแต่ละเรื่องแต่ละเนื้อหาจะเป็นพื้นฐานสำหรับการเรียน การสอนวิชาฟิสิกส์เนื้อหาเรื่องสมมูลกลนั้นถือเป็นเนื้อหาที่ต่อเนื่องจากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันเป็นการประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันมาใช้ ซึ่งถือว่าเป็นหัวใจของกลศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์เรื่องสมมูลกล ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำวิจัยเรื่องมโนคติที่คลาดเคลื่อนวิชาฟิสิกส์เรื่องสมมูลกลโดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องสมมูลกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนประจำจังหวัดเขตการศึกษา 2
2. เปรียบเทียบมโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องสมมูลกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างนักเรียนเพศชายและนักเรียนเพศหญิงในโรงเรียนประจำจังหวัดเขตการศึกษา 2
3. เปรียบเทียบมโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องสมมูลกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างโรงเรียนประจำจังหวัดแต่ละจังหวัด เขตการศึกษา 2

สมมุติฐานการวิจัย

1. มโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องสมมูลกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนประจำจังหวัดในเขตการศึกษา 2 ระหว่างเพศชายและเพศหญิงแตกต่างกัน
2. มโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องสมมูลกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนประจำจังหวัดในเขตการศึกษา 2 แต่ละจังหวัดแตกต่างกัน

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากร

เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ สังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เขตการศึกษา 2 ซึ่งได้เรียนหลักสูตรวิชาฟิสิกส์ที่จัดไว้ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) ในโรงเรียนประจำจังหวัด จังหวัดละ 2 โรงเรียน รวมทั้งหมด 8 โรงเรียน โดยเกณฑ์การนับว่าโรงเรียนใดเป็นโรงเรียนประจำจังหวัดนั้น พิจารณาจากโรงเรียนดังกล่าวเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ถึงขนาดใหญ่พิเศษประจำจังหวัดและตั้งอยู่ในเขตเมืองของจังหวัดนั้นๆ

2. ตัวแปร

2.1 *ตัวแปรอิสระ* คือ เพศ ได้แก่ เพศชายและเพศหญิง และจังหวัด ประกอบด้วย ปัตตานี ยะลานราธิวาส และสตูล

2.2 ตัวแปรตาม คือ มโนคติที่คลาดเคลื่อน
ในวิชาฟิสิกส์เรื่องสมดุลกล

3. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา

เป็นเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ว 022 เรื่องสมดุลกล
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ (Survey Design) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนประจำจังหวัดซึ่งเป็นโรงเรียนสหศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เขตการศึกษา 2 โดยใช้นักเรียนทั้งหมดของปีการศึกษา 2542 จำนวน 1,132 คน จำแนกเป็นนักเรียนชาย 355 คน นักเรียนหญิง 777 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบวัดมโนคติที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น 1 ฉบับ ครอบคลุม 10 มโนคติ จำนวน 27 ข้อคำถาม ใช้เวลาในการทำ 1 ชั่วโมง 30 นาที ข้อคำถามของแบบวัดมโนคติประกอบด้วย คำตอบ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นคำตอบและส่วนที่เป็นเหตุผลของคำตอบนั้นๆ ถ้าผู้ตอบตอบถูกทั้ง 2 ส่วน ถือว่าผู้ตอบมีมโนคติที่ถูกต้อง ถ้าตอบผิดทั้ง 2 ส่วน หรือตอบผิดเพียงส่วนหนึ่งส่วนใดถือว่ามโนคติที่คลาดเคลื่อน ผลการหาคุณภาพของแบบวัดมโนคติได้ความเที่ยง (r_{tt}) แบบวัดมโนคติทั้งฉบับ 0.83

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. การหาคุณภาพเครื่องมือ

1.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) (Jerry, 1996, 232)

1.2 ค่าความยากง่าย (Difficulty, P) (Gronlund & Linn, 1990, 249)

1.3 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination, r) (Gronlund & Linn, 1990, 250)

1.4 ค่าความเที่ยง (Reliability, r_{tt}) ใช้สูตร KR-20 (Payne, 1992, 280)

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 ค่าร้อยละ (Percentage) (Walpole, 1983, 56)

2.2 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) (Walpole, 1983, 45)

2.3 สถิติที่ใช้ทดสอบสมมุติฐาน

1) เปรียบเทียบคะแนนมโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนระหว่างเพศโดยใช้สถิติทดสอบที (t-test) (Walpole, 1983, 372)

2) เปรียบเทียบคะแนนมโนคติที่คลาดเคลื่อนระหว่างนักเรียนในแต่ละจังหวัดโดยใช้สถิติทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One Way ANOVA) (Walpole, 1983, 416)

3) ถ้าพบความแตกต่างของคะแนนมโนคติที่คลาดเคลื่อนระหว่างนักเรียนในแต่ละจังหวัด จะทำการทดสอบความแตกต่างรายคู่โดยใช้วิธีของ Scheffe' (Kirk, 1982, 369)

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์จำนวนนักเรียนและร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนนักเรียนและร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน

มโนคติ	จำนวนนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน	ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อน
1	627	55.38
2	873	77.12
3	433	38.25
4	595	52.56
5	699	61.74
6	1005	88.78
7	828	73.14
8	816	72.08
9	820	72.43
10	881	77.82
เฉลี่ย		66.93

จากตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนสูงเกินกว่าร้อยละ 50 จำนวน 9 มโนคติ

โดยมโนคติที่นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดคือมโน-
มคติที่ 6 มีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 88.78 มโนคติที่
นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนต่ำสุดคือมโนคติที่ 3 มี
ความคลาดเคลื่อนร้อยละ 38.25 และเมื่อเฉลี่ยรวมทุก
มโนคติพบว่า นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ
66.93

2. การวิเคราะห์รายมโนคติ

2.1 มโนคติที่ 1

"ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อมวลเป็นศูนย์จะ
ทำให้มวลอยู่ในสภาวะสมดุลซึ่งจำแนกเป็น 2 กรณี
คือวัตถุอยู่นิ่งเรียกว่าสมดุลสถิตและวัตถุเคลื่อนที่ด้วย
ความเร็วคงที่เรียกว่าสมดุลจลน์"

ผลการตอบของนักเรียนพบว่ามโนคติที่นักเรียน
ที่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 55.38

สาเหตุของความคลาดเคลื่อนวิเคราะห์และ
สรุปได้ดังนี้

1) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนใน
เงื่อนไขของการสมดุล กล่าวคือ นักเรียนมีมโนคติที่
คลาดเคลื่อนว่า วัตถุที่กำลังตกอิสระเป็นสภาวะที่วัตถุ
สมดุลต่อการเคลื่อนที่ตำแหน่งเพราะว่ามีความเร่งคงที่และ
มีนักเรียนบางส่วนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าวัตถุที่
กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่นั้นไม่มีแรงลัพธ์ใดๆ
กระทำต่อวัตถุ ผลการวิจัยครั้งนี้มีความสอดคล้องกับ
ผลการวิจัยของ Sequeira และ Leite (1991, 50) ที่ได้
ทำการวิจัยเกี่ยวกับมโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนที่
เรียนวิชาฟิสิกส์ในประเทศโปรตุเกสในประเด็นเกี่ยวกับการ
เคลื่อนที่ของยานอวกาศที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความ
เร็วคงที่นั้น นักเรียนเกรด 10 ถึงร้อยละ 72 ตอบว่า
เครื่องยนต์ของยานอวกาศยังคงต้องทำงานอยู่ตลอดเวลา
เพื่อให้ยานอวกาศเคลื่อนที่ต่อไปได้ ซึ่งในความเป็นจริง
แล้วขณะยานอวกาศกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่นั้น
ยานอวกาศอยู่ในสภาวะสมดุลต่อการเคลื่อนที่ตำแหน่งอยู่
แล้ว หากมีการทำงานของเครื่องยนต์จะทำให้ยาน
อวกาศนั้นมีแรงลัพธ์กระทำซึ่งทำให้ยานอวกาศดังกล่าว
เคลื่อนที่ด้วยความเร่งและไม่อยู่ในสภาวะสมดุลต่อการ
เคลื่อนที่ตำแหน่งอีกต่อไป

2) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่อง
ทิศทางของแรงประกอบว่าแรงเหล่านั้น ควรจะกระทำต่อ

วัตถุอย่างไรจึงจะให้วัตถุนั้นมีโอกาสสมดุลต่อการเคลื่อน
ตำแหน่งได้

3) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง
จำนวนแรงที่น้อยที่สุดที่กระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุนั้น
มีโอกาสสมดุลต่อการเคลื่อนที่ตำแหน่งได้ มโนคติที่คลาด
เคลื่อนของนักเรียนในประเด็นนี้เกิดจากการที่นักเรียนมี
มโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของแรงลัพธ์ กล่าวคือถ้ามี
แรงกระทำต่อวัตถุเพียงอย่างเดียว แรงดังกล่าวก็จะเป็น
แรงลัพธ์โดยปริยายและถ้าแรงดังกล่าวมีค่าไม่เท่ากับ
ศูนย์กระทำต่อวัตถุจะทำให้วัตถุดังกล่าวไม่สามารถสมดุล
อยู่ได้ ดังนั้นแรงที่กระทำต่อวัตถุแนวเส้นตรงจะต้องมี
จำนวนแรงมากกว่า 1 แรง เพื่อจะได้หักล้างกันแล้ว
แรงลัพธ์มีโอกาสเป็นศูนย์ได้ ดังนั้นแรงที่น้อยที่สุดใน
แนวเส้นตรงที่กระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุสามารถสมดุลอยู่
ได้ควรจะมีอย่างน้อย 2 แรง

4) นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน
ในเงื่อนไขสมดุลต่อการเคลื่อนที่ตำแหน่ง โดยเข้าใจว่าวัตถุ
ที่สมดุลต่อการเคลื่อนที่ตำแหน่งนั้นวัตถุไม่สามารถหมุนได้
หรือมีความเร่งได้ ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับผล
สรุปการวิจัยเรื่องมโนคติที่คลาดเคลื่อนวิชาฟิสิกส์จาก
ต่างประเทศที่พบว่า นักเรียนมักเข้าใจว่าวัตถุที่มีการ
เคลื่อนที่เท่านั้นที่มีแรงกระทำส่วนวัตถุที่ไม่มีแรงกระทำ
จะไม่มีเคลื่อนที่ (Students' misconceptions in
Physics, 2000)

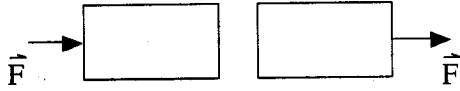
2.2 มโนคติที่ 2

"แรงหลายแรงที่กระทำต่อมวลแล้วทำให้
มวลสมดุลได้ แนวของแรงทุกแรงจะไปตัดที่จุดเดียวกัน
เสมอ"

ผลการตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนมี
มโนคติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 77.12 สาเหตุของความ
คลาดเคลื่อนวิเคราะห์และสรุปได้ดังนี้

นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในทิศทาง
ของแรงที่กระทำต่อวัตถุเพื่อให้สมดุลต่อการเคลื่อนที่ตำแหน่ง
อยู่ได้ โดยมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าขณะที่วัตถุมีการ
สมดุลต่อการเคลื่อนที่ตำแหน่งนั้นแรงทุกแรงที่กระทำต่อ
วัตถุไม่จำเป็นต้องมีทิศไปตัดที่จุดเดียวกัน นอกจากนี้ยังมี
มโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องทิศทางของแรง ดังรูปที่แสดง
โดยนักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าผลที่เกิดต่อวัตถุ

มีความแตกต่างกัน



2.3 มโนคติที่ 3

"แรงหลายแรงที่กระทำทำให้มวลสมดุลอยู่ได้ เมื่อเขียนเวกเตอร์แทนแรงเหล่านั้นเรียงกันแบบหางต่อหัวโดยมีขนาดตามมาตราส่วนและทิศทางที่กำหนด จะได้รูปหลายเหลี่ยมปิด"

ผลการตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 38.25

สาเหตุของความคลาดเคลื่อนวิเคราะห์และสรุปได้ดังนี้

1) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในการเขียนแรงต่างๆ ที่กระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่งในรูปของเวกเตอร์

2) ขณะที่วัตถุสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่งนั้น นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในการนำเวกเตอร์แทนแรงมาเขียนเป็นรูปหลายเหลี่ยมปิดและมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่ากรณีที่วัตถุสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่งนั้นเมื่อนำเวกเตอร์แทนแรงมาต่อกันจะได้รูปหลายเหลี่ยมปิดและทิศทางของแรงไม่วนไปทางเดียวกัน

2.4 มโนคติที่ 4

"การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีเขียนเวกเตอร์แทนแรงตามมาตราส่วนและทิศทางที่กำหนด เวกเตอร์ลัพธ์ที่ได้จะมีขนาดและทิศทางเหมือนเดิมเสมอถึงแม้จะมีการสลับลำดับในการต่อเวกเตอร์เหล่านั้น"

ผลการตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 52.56 สาเหตุของความคลาดเคลื่อนวิเคราะห์และสรุปได้ดังนี้

1) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องการสลับที่ของเวกเตอร์ โดยมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าเมื่อเอาเวกเตอร์เรียงลำดับแตกต่างกัน ผลของเวกเตอร์ลัพธ์จะแตกต่างกันไปด้วย

2) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกรการกลับทิศทางของเวกเตอร์ กล่าวคือ มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าเมื่อมีการกลับทิศทางของเวกเตอร์แล้ว

ต้องมีการเปลี่ยนเครื่องหมายบวกหรือลบของเวกเตอร์นั้นด้วย

2.5 มโนคติที่ 5

"แรงมากกว่าสองแรงที่กระทำต่อมวลแล้วทำให้มวลสมดุลอยู่ได้เมื่อนำแรงเหล่านั้นมารวมแบบเวกเตอร์ให้อยู่ในแนวแกน X และ Y พบว่าผลรวมทางเวกเตอร์ของแรงในแต่ละแกนมีค่าเป็นศูนย์"

ผลการตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 61.74 สาเหตุของความคลาดเคลื่อนวิเคราะห์และสรุปได้ดังนี้

1) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องผลรวมของแรงในแต่ละแกนว่าขณะที่วัตถุสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่งอยู่นั้นผลรวมของแรงลัพธ์ในแต่ละแกนมีค่าไม่เท่ากับศูนย์และกรณีที่แรงกระทำต่อวัตถุไม่ได้อยู่ในแนวแกนใดแกนหนึ่งหรืออยู่ระหว่างแนวแกนทั้งสองนักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องที่จะต้องแตกแรงเหล่านั้นให้อยู่ในแนวแกนทั้งสองเสียก่อน

2) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องเกี่ยวกับค่า Cosine ของมุม กล่าวคือ นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าค่า Cosine ของมุมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมุมเพิ่มขึ้น

2.6 มโนคติที่ 6

"แรงมากกว่าสองแรงที่กระทำต่อมวลผลรวมทางเวกเตอร์ของแรงประกอบย่อยดังกล่าวคือแรงลัพธ์ที่กระทำต่อมวลนั้น"

ผลการตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 88.78 สาเหตุของความคลาดเคลื่อนวิเคราะห์และสรุปได้ดังนี้

1) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเงื่อนไขสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง กล่าวคือ มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าวัตถุจะสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่งได้โดยแนวของแรงทุกแรงไม่จำเป็นต้องไปตัดที่จุดเดียวกันและผลรวมทางเวกเตอร์ของแรงเหล่านั้นไม่ต้องมีค่าเท่ากับศูนย์

2) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับระนาบและจำนวนของแรงที่กระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่งได้ กล่าวคือ นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าเมื่อมีแรงจำนวน 4 แรงกระทำ

ต่อวัตถุแล้วสามารถทำให้วัตถุสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง
ได้ ระนาบของแนวแรงทั้ง 4 ต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน

2.7 มโนคติที่ 7

"แรงเสียดทานคือแรงที่ต้านการเคลื่อนที่
ของวัตถุ มีค่าขึ้นกับสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่าง
ผิววัตถุกับพื้นสัมผัสและแปรผันโดยตรงกับแรงที่พื้นต้าน
วัตถุไว้ในแนวตั้งฉากกับผิวสัมผัส"

ผลการตอบของนักเรียนพบว่ามโนคติที่
คลาดเคลื่อนร้อยละ 73.14 สาเหตุของความคลาดเคลื่อน
วิเคราะห์และสรุปได้ดังนี้

1) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง
แรงเสียดทานสถิตกับแรงพยายามคือ ถ้ามีแรงเสียดทาน
สถิตที่เป็นไปได้มากกว่าแรงพยายาม นักเรียนมีความ
เข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าวัตถุจะเคลื่อนที่ไปในทิศทาง
ตรงข้ามกับแรงพยายาม อย่างไรก็ตามมีนักเรียนอีกกลุ่ม
มีความคลาดเคลื่อนไปในทางตรงข้ามคือ ถึงแม้แรง
พยายามจะไม่สามารถเอาชนะแรงเสียดทานได้แต่วัตถุก็
สามารถเคลื่อนที่ไปในทิศเดียวกับแรงเสียดทานได้
ผลการวิจัยครั้งนั้นมีความสอดคล้องกับผลการวิจัยของ
Hise (1988, 498) ที่ทำการทดลองกับนักเรียนในเมือง
มารีโบริโรสหรัฐอเมริกา เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของรถยนต์
ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ว่า นักเรียนบางส่วนมีมโน-
คติที่คลาดเคลื่อนว่าขณะที่รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่
นั้นแรงเสียดทานมีค่ามากกว่าแรงพยายาม

2) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง
ของแรงที่กระทำต่อวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว
คงที่คือ มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าขณะที่วัตถุเคลื่อนที่
ด้วยความเร็วคงที่นั้นแรงพยายามมีขนาดไม่เท่ากับแรง
เสียดทานและมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องผลของแรง
เสียดทานสูงสุดที่เป็นไปได้ว่า ถ้าแรงเสียดทานที่เป็นไป
ได้สูงสุดมากกว่าแรงพยายาม จะทำให้วัตถุนั้นมีการ
เคลื่อนที่ไปในทิศของแนวแรงเสียดทาน ผลการวิจัยครั้งนี้
สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Hise (1988, 450) ว่า
นักเรียนในเมืองมารีโบริโรสหรัฐอเมริกา มีความเข้าใจที่
คลาดเคลื่อนว่าขณะที่รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ได้
เพราะรถมีแรงฉุดมากกว่าแรงเสียดทานและสอดคล้อง
กับผลการวิจัยของ Iida (Hise, 1988, 498-502) ซึ่ง
นักเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 71 เชื่อว่า การที่

รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ได้เพราะแรงขับเคลื่อนของ
รถยนต์มีค่ามากกว่าแรงเสียดทาน

3) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง
ของขนาดแรงเสียดทาน เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุไม่ได้
อยู่ในแนวเดียวกับแรงเสียดทาน เพราะแรงพยายามที่ไม่ได้
อยู่ในแนวเดียวกับแรงเสียดทานจะมีผลต่อแรงปฏิกิริยา
ของพื้นที่กระทำต่อวัตถุ ซึ่งจะเป็แรงที่ส่งผลต่อขนาด
ของแรงเสียดทานในที่สุด หรืออาจกล่าวได้ว่านักเรียนมี
มโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของแรงปฏิกิริยาของพื้น
สัมผัส ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลวิจัยเรื่องมโนคติที่
คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ในต่างประเทศ (Students' Mis-
conceptions in Physics, 2000) ที่มักพบว่านักเรียนมี
มโนคติที่คลาดเคลื่อนว่า แรงปฏิกิริยาของพื้นเกิดจาก
น้ำหนักของวัตถุนั้นเท่านั้น

2.8 มโนคติที่ 8

"แรงเสียดทานก่อนวัตถุเคลื่อนที่คือแรง
เสียดทานสถิต แรงเสียดทานที่มีขณะวัตถุเคลื่อนที่คือ
แรงเสียดทานจลน์"

ผลการตอบของนักเรียนพบว่ามโนคติที่
คลาดเคลื่อนร้อยละ 72.08 สาเหตุของความคลาดเคลื่อน
วิเคราะห์และสรุปได้ดังนี้

นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง
ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทานและแรงพยายาม
กล่าวคือ ส่วนใหญ่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าแรงพยายาม
และแรงเสียดทานแปรผันตรงตลอดเวลา ไม่ว่าวัตถุนั้นจะ
ยังไม่เคลื่อนที่ กำลังจะเริ่มเคลื่อนที่หรือเคลื่อนที่ไปแล้ว

2.9 มโนคติที่ 9

"วัตถุจะสมดุลต่อการหมุนได้ก็ต่อเมื่อผล
รวมของโมเมนต์ลัพธ์มีค่าเท่ากับศูนย์"

ผลการตอบของนักเรียนพบว่านักเรียน
มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 72.43 สาเหตุของความ
คลาดเคลื่อนวิเคราะห์และสรุปได้ดังนี้

1) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในการ
กำหนดทิศทางของโมเมนต์ คือเข้าใจคลาดเคลื่อนระหว่าง
โมเมนต์ตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา สาเหตุของ
ความคลาดเคลื่อนเกิดจากนักเรียนสับสนในทิศทางของ
โมเมนต์จากผลการตอบของนักเรียนพบว่า แรงบางแรง
ให้โมเมนต์ไปทางเดียวกัน แต่นักเรียนกลับบอกว่าให้

โมเมนต์ไปคนละทิศกันนักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน
ในเงื่อนไขสมดุลต่อการหมุน ซึ่งเป็นผลมาจากเหตุผลข้อ
ที่ 1 คือ เมื่อนักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในทิศทาง
ของโมเมนต์ จึงส่งผลต่อการรวมโมเมนต์ในแต่ละทิศว่า
ประกอบด้วยโมเมนต์ย่อยอะไรบ้าง

2) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนใน
ความหมายของโมเมนต์ คือนักเรียนหาค่าของโมเมนต์
แต่ละค่าจากผลคูณของแรงกับกับระยะทางที่แรงกระทำ
ต่อคานจากจุดหมุน โดยระยะดังกล่าวไม่ได้เป็นระยะที่
ตั้งฉากกับแนวแรง ดังนั้นสาเหตุหลักของความคลาด
เคลื่อนในประเด็นนี้คือระยะจากจุดหมุนที่ตั้งฉากกับแนว
แรง

2.10 มโนคติที่ 10

"วัตถุจะสมดุลสมบูรณ์ได้เมื่อผลรวมของ
โมเมนต์ลัพธ์และแรงลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์"

ผลการตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนมี
มโนคติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 77.82 สาเหตุของความ
คลาดเคลื่อนวิเคราะห์และสรุปได้ดังนี้

1) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนใน
เงื่อนไขของสมดุลสมบูรณ์ ซึ่งสาเหตุของความคลาด
เคลื่อนเกิดจากการที่นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน
ในเงื่อนไขของสมดุลต่อการหมุน เพราะวัตถุจะสมดุล
สมบูรณ์ได้ต้องมีการสมดุลทั้งต่อการเลื่อนตำแหน่งและ
สมดุลต่อการหมุน ในกรณีของการสมดุลต่อการหมุนนั้น
ประเด็นที่นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนคือประเด็นใน
เรื่องของจุดหมุน กล่าวคือ นักเรียนมีมโนคติที่คลาด
เคลื่อนว่า ในการพิจารณาคานที่สมดุลต่อการหมุนอยู่
แล้วเมื่อเปลี่ยนจุดหมุนในการพิจารณาคานดังกล่าวจะ
ไม่สามารถสมดุลต่อการหมุนได้อีก

2) นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่า
ในการสมดุลสมบูรณ์นั้นไม่จำเป็นที่จะต้องมีการสมดุล
ทั้งต่อการหมุนและสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง นอกจากนี้
นี้นักเรียนยังมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในการกำหนดทิศ
ของแรงคู่ควบที่จะทำให้เกิดคานที่ถูกแรงนั้นมีการสมดุลทั้ง
ต่อการเลื่อนตำแหน่งและต่อการหมุน

3. แนวทางในการลดมโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่อง สมดุลกล

จากผลการวิจัยมโนคติที่คลาดเคลื่อนวิชา
ฟิสิกส์เรื่องสมดุลกลในครั้งนี้ ทำให้ได้ทราบว่านักเรียน
มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในประเด็นใดบ้าง เพื่อเป็นการลด
ความคลาดเคลื่อนมโนคติในประเด็นดังกล่าว ผู้วิจัยจึง
เสนอแนวทางในการลดมโนคติที่คลาดเคลื่อนจำแนก
รายมโนคติดังนี้

3.1 มโนคติที่ 1

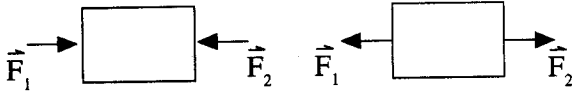
1) ผู้สอนควรจะมีการทำความเข้าใจใน
เงื่อนไขของการสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่งว่าเกิดจาก
แรงลัพธ์ที่กระทำต่อมวลดังกล่าวค่าเป็นศูนย์ ซึ่งจะทำให้
วัตถุอาจจะมิสภาพอยู่นิ่งซึ่งเรียกว่าสมดุลสถิตหรือเกิด
การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่ซึ่งเรียกว่า
สมดุลจลน์ และต้องแสดงให้เห็นว่าขณะที่สมดุล
จลน์นั้นวัตถุจะมิมีความเร่งหรือความหน่วงใดๆ อย่างไร
ก็ตามหากพิจารณาเฉพาะสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง
วัตถุนั้นอาจจะหมุนหรือไม่หมุนก็ได้

2) ผู้สอนต้องแสดงให้เห็นว่าการ
ที่วัตถุสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่งได้นั้น วัตถุนั้นจะต้อง
ไม่มีแรงอะไรกระทำเลยหรือถ้ามีแรงกระทำต่อวัตถุ
ดังกล่าวผลรวมทางเวกเตอร์ของแรงเหล่านั้นต้องมีค่า
เป็นศูนย์ ดังนั้นเพื่อเป็นการเสริมเนื้อหาเพื่อลดมโนคติ
ที่คลาดเคลื่อนในประเด็นนี้ผู้สอนอาจจะต้องสอนเพิ่มใน
เรื่องของการหาเวกเตอร์ลัพธ์จากเวกเตอร์ย่อยๆ ที่กระทำ
ต่อวัตถุ

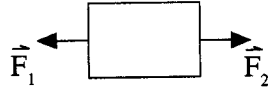
3.2 มโนคติที่ 2

1) ผู้สอนต้องแสดงให้เห็นว่าการ
ที่วัตถุมีการสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่งนั้น แรงย่อยทุก
แรงที่กระทำต่อวัตถุจะมีทิศทางไปตัดที่จุดเดียวกันเสมอ
ขณะเดียวกันถึงแม้ทิศทางของแรงที่กระทำต่อวัตถุจะ
เปลี่ยนทิศไปคนละด้านหากยังมีขนาดและทิศทางเหมือน
เดิมผลที่เกิดขึ้นกับวัตถุก็ไม่เปลี่ยนแปลง เทคนิคการสอน
สอนต่อไปนี้อาจจะสามารถช่วยให้นักเรียนลดมโนคติที่
คลาดเคลื่อนดังกล่าวได้

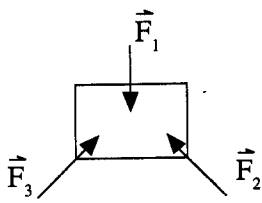
ถ้าวัตถุถูกแรงกระทำแล้วสามารถสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง รูปที่ 1 กับรูปที่ 2 และรูปที่ 3 กับรูปที่ 4 ถือว่าผลที่เกิดขึ้นไม่แตกต่างกัน



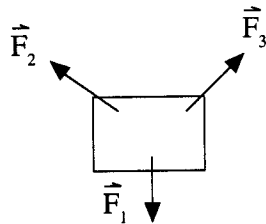
รูปที่ 1



รูปที่ 2

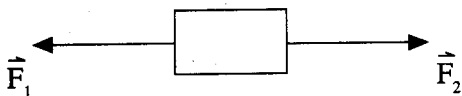


รูปที่ 3

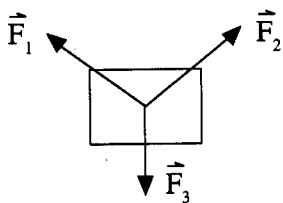


รูปที่ 4

กรณีมีแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุแล้ว วัตถุสามารถสมดุลอยู่ได้ นอกเหนือจากการที่แรงทุกแรงจะไปตัดที่จุดเดียวกันแล้ว ผู้สอนต้องแสดงให้เห็นนักเรียนเห็นว่า ผลรวมทางเวกเตอร์ของแรงเหล่านั้นจะต้องมีค่าเป็นศูนย์ด้วย ซึ่งอาจจะแสดงให้เห็นนักเรียนเห็นดังตัวอย่างต่อไปนี้



ผลรวมของแรงทางเวกเตอร์ $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$

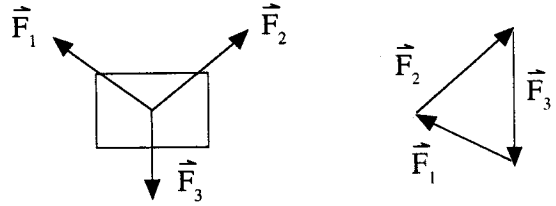


ผลรวมของแรงทางเวกเตอร์ $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$

3.3 มโนคติที่ 3

ผู้สอนต้องแสดงให้เห็นนักเรียนเห็นว่าเมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุสามารถสมดุลอยู่ได้ เมื่อนำ

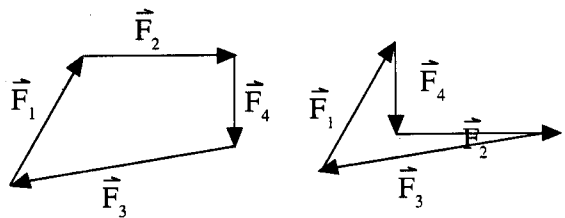
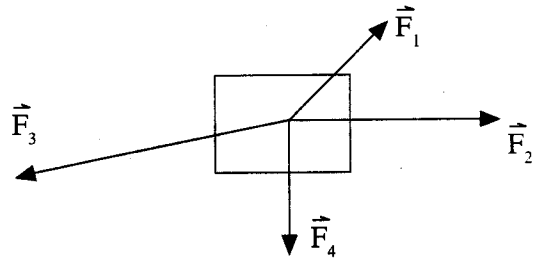
เอาแรงดังกล่าวมาเขียนเป็นรูปหลายเหลี่ยมปิด ทิศทางของเวกเตอร์แทนแรงเหล่านั้นจะมีทิศทางไปทางเดียวกัน ซึ่งอาจจะแสดงให้เห็นนักเรียนเห็นเป็นตัวอย่างดังนี้



3.4 มโนคติที่ 4

1) ผู้สอนต้องแสดงให้เห็นนักเรียนเห็นว่าเมื่อมีแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุสามารถสมดุลอยู่ได้ เมื่อนำเวกเตอร์แทนแรงเหล่านั้นมาเขียนเป็นรูปหลายเหลี่ยมปิดแล้ว ไม่ว่าจะมีการสลับตำแหน่งของเวกเตอร์แทนแรงเหล่านั้นอย่างไร เวกเตอร์แทนแรงเหล่านั้นก็ยังมีทิศทางไปทางเดียวกันเสมอ และยังแสดงให้เห็นว่าเวกเตอร์ลัพธ์ยังมีค่าเป็นศูนย์เสมอ ซึ่งอาจจะแสดงให้เห็นนักเรียนเข้าใจได้โดยรูปประกอบดังนี้

แรงที่กระทำต่อวัตถุ



หลายเหลี่ยมแทนแรงแบบที่ 1

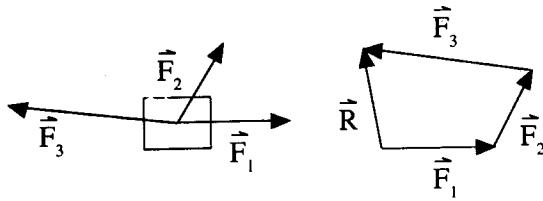
$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_4 + \vec{F}_3 = 0$

หลายเหลี่ยมแทนแรงแบบที่ 2

$\vec{F}_1 + \vec{F}_4 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$

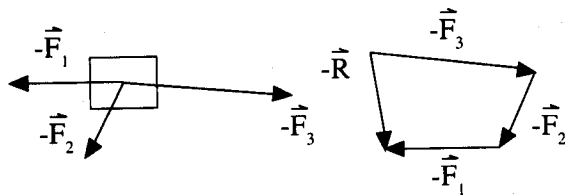
2) ผู้สอนต้องแสดงให้เห็นนักเรียนเห็นว่า เมื่อต้องการให้เวกเตอร์มีขนาดเท่าเดิมแต่ทิศทางตรงข้ามสามารถทำได้โดยการกลับทิศทางของเวกเตอร์ดังกล่าว และสามารถแสดงให้เห็นนักเรียนเห็นได้ว่าผลรวมทางเวก-

เตอร์ของเวกเตอร์ที่กลับทิศทางแล้วสามารถหาได้โดย
เป็นไปตามหลักการรวมของเวกเตอร์เหมือนเดิม



เวกเตอร์แทนแรงที่กระทำต่อวัตถุ
เวกเตอร์ลัพธ์ $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$

เมื่อกลับทิศของเวกเตอร์ที่กระทำต่อวัตถุ

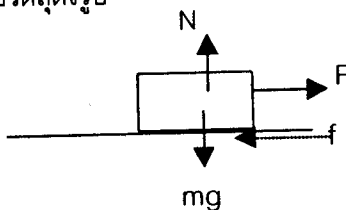


เวกเตอร์แทนแรงที่กระทำต่อวัตถุ
เวกเตอร์ลัพธ์ $-\vec{R} = (-\vec{F}_1) + (-\vec{F}_2) + (-\vec{F}_3)$

3.5 มโนมติที่ 5

1) ผู้สอนต้องแสดงให้เห็นนักเรียนเห็นว่ากรณี
ที่วัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่งนั้น ผล
รวมของแรงย่อยในแต่ละแกนมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งอาจจะ
แสดงให้เห็นนักเรียนเห็นได้โดยการอธิบายเป็นลำดับขั้นตอน
ดังนี้

ก. กรณีที่แรงกระทำต่อวัตถุมีทิศอยู่ใน
แกนเดียวกันแล้วสามารถสมดุลอยู่ได้ แสดงแรงต่างๆ
ที่กระทำต่อวัตถุดังรูป



ถ้าวัตถุสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่งเราพบว่า

$$\sum \vec{F} = 0$$

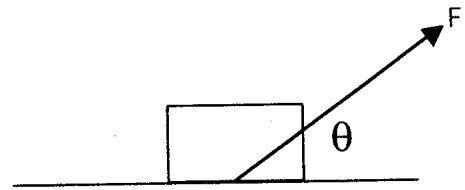
พิจารณาแนวแกน X $\sum F_x = 0$

หรือ $F_x = f$

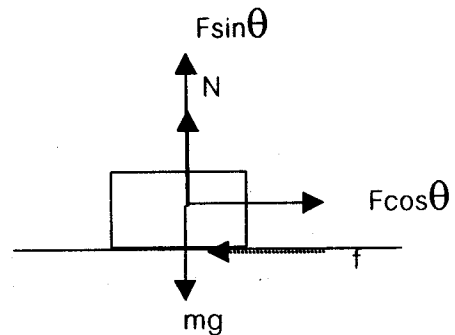
พิจารณาแนวแกน Y $\sum F_y = 0$

หรือ $N = mg$

ข. กรณีที่แรงกระทำต่อวัตถุไม่ได้อยู่ใน
แนวแกนใดแกนหนึ่งและวัตถุยังสมดุลอยู่ได้ ผู้สอนต้อง
แสดงให้เห็นนักเรียนเห็นว่า กรณีนี้ผลรวมของแรงลัพธ์ยังมี
ค่าเป็นศูนย์เหมือนเดิม ซึ่งสามารถแยกแรงออกเป็น
แต่ละแกนได้ดังนี้



รูปแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุ



รูปแสดงเมื่อพิจารณาแรงในแต่ละแกน
เนื่องจากวัตถุอยู่ในภาวะสมดุล

ดังนั้น $\sum \vec{F} = 0$

พิจารณาแนวแกน X $\sum F_x = 0$

ได้ว่า $F \cos \theta = f$

พิจารณาแนวแกน Y $\sum F_y = 0$

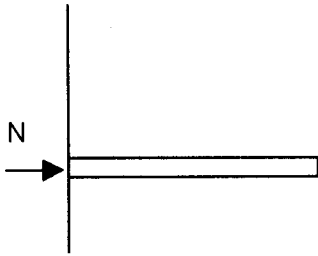
ได้ว่า $N + F \sin \theta = mg$

หรือ $N = mg - F \sin \theta$

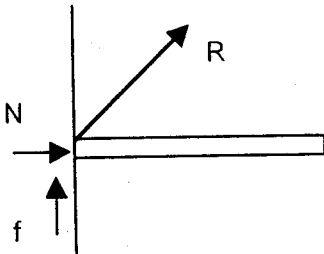
2) เนื่องจากสาเหตุของการมีมโนมติที่
คลาดเคลื่อนส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากความเข้าใจที่คลาด
เคลื่อนของนักเรียนในเรื่องค่า Sine และ Cosine ของ
มุมต่างๆ ดังนั้นผู้สอนจึงควรมีการทบทวนความรู้ในเรื่อง
ตรีโกณมิติ

3.6 มโนคติที่ 6

เนื่องจากนักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของแรงปฏิกิริยาที่เกิดจากกำแพงเกลี้ยง ดังนั้นผู้สอนจะต้องแสดงให้เห็นว่า แรงเนื่องจากกำแพงนั้นอาจจะพิจารณาได้ 2 กรณี กรณีที่ 1 เมื่อกำแพงนั้นเป็นกำแพงเกลี้ยง แรงที่กำแพงนั้นกระทำต่อขอบอกมาหรือเรียกว่าแรง ปฏิกิริยาของกำแพงจะมีทิศทางที่ตั้งฉากกับกำแพงดังกล่าวดังรูปที่ 1 กรณีที่ 2 ถ้ากำแพงดังกล่าวมีความขรุขระหรือไม่เป็นกำแพงเกลี้ยง แรงที่กระทำ ณตรงจุดสัมผัสจะมี 2 แรงคือแรงจากความขรุขระหรือแรงเสียดทาน และแรงเนื่องจากแรงปฏิกิริยาหรือแรงได้ตอบแนวตั้งฉากกับกำแพง ซึ่งแรงทั้งสองจะรวมกันเป็นแรงลัพธ์หนึ่งแรงที่จุดสัมผัสดังกล่าวดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 1 กรณีที่ 1 แรงปฏิกิริยามีค่า N

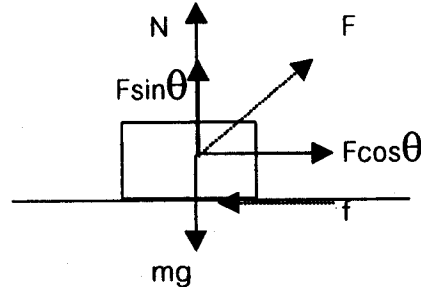


รูปที่ 2 กรณีที่ 2 แรงปฏิกิริยามีค่า $R = f + N$

3.7 มโนคติที่ 7

เนื่องจากนักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของขนาดและทิศของแรงพยายามและแรงเสียด

ทาน การสตรมโนคติที่คลาดเคลื่อนกรณีนี้ผู้สอนต้องแสดงให้เห็นให้นักเรียนเห็นว่าแรงเสียดทานนั้นมีค่าขึ้นกับลักษณะของผิวสัมผัสและแรงพยายามและจะมีค่าสูงสุดค่าหนึ่งเท่านั้น หลังจากนั้นจะมีค่าคงที่ และควรจะแสดงให้เห็นว่าแรงเสียดทานไม่มีโอกาสมากกว่าแรงพยายามได้เลย จึงเป็นไปได้ในกรณีที่แรงเสียดทานที่เกินไปได้มีค่ามากกว่าแรงพยายามแล้วจะทำให้วัตถุมีทิศทางการเคลื่อนที่ไปทิศทางเดียวกับแรงเสียดทาน นอกจากนี้ต้องแสดงให้เห็นว่ากรณีที่แรงที่กระทำต่อวัตถุทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ การคิดแรงปฏิกิริยาของพื้นจะต้องนำผลของแรงดังกล่าวมาคิดด้วย ทั้งนี้เพราะแรงเสียดทานจะขึ้นกับแรงปฏิกิริยาของพื้น เมื่อแรงปฏิกิริยาของพื้นเปลี่ยนไปแรงพยายามก็จะเปลี่ยนไปด้วยสามารถแสดงให้เห็นให้นักเรียนเห็นได้โดยการอธิบายดังนี้

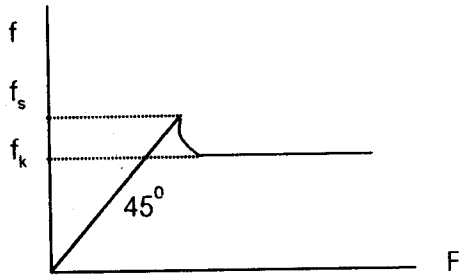


ถ้าวัตถุสมดุล $\Sigma \vec{F} = 0$
 พิจารณาแนวแกน X $\Sigma \vec{F}_x = 0$
 $f = \mu N$
 พิจารณาแนวแกน Y $\Sigma \vec{F}_y = 0$
 $N = mg - F \sin \theta$
 ดังนั้น $f = \mu (mg - F \sin \theta)$

3.8 มโนคติที่ 8

ผู้สอนต้องแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทานและแรงพยายาม โดยเน้นให้เห็นว่าแรงเสียดทานเป็นผลที่เกิดขึ้นจากแรงพยายามและแรงเสียดทานที่มีก่อนวัตถุเคลื่อนที่จะมีค่าเท่ากับแรงพยายามเสมอและเมื่อแรงเสียดทานมีค่าสูงสุดถึงค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่าแรงเสียดทานสถิตแล้ววัตถุจึงจะสามารถเคลื่อนที่ได้

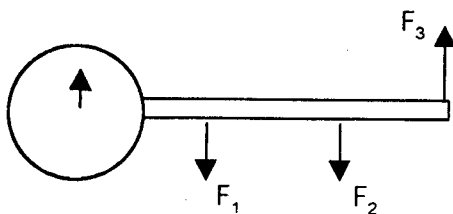
หลังจากนั้นแรงเสียดทานจะมีค่าลดลงเป็นแรงเสียดทานจลน์ ถ้าแรงพยายามมีค่าเท่าแรงเสียดทานจลน์จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ แต่หากแรงที่กระทำมีค่ามากกว่าแรงเสียดทานจลน์ วัตถุนั้นก็จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ซึ่งผู้สอนสามารถใช้รูปต่อไปนี้อธิบายประกอบ



3.9 มโนคติที่ 9

1) ในมโนคตินี้นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนในเงื่อนไขของการสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง ดังนั้นผู้สอนต้องทำความเข้าใจกับนักเรียนว่าวัตถุจะสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่งได้ก็ต่อเมื่อผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุนั้นมีค่าเป็นศูนย์

2) ผู้สอนต้องทำความเข้าใจในหลักการคิดโมเมนต์รอบจุดใดๆ ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็นโมเมนต์ตามและทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งปัญหาดังกล่าวมักจะเกิดขึ้นกับนักเรียนตรงที่นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่าเมื่อไรจึงจะถือว่าตามหรือทวนเข็มนาฬิกา การลดมโนคติที่คลาดเคลื่อนในประเด็นนี้ผู้สอนอาจจะสาธิตโดยการนำนาฬิกาติดฝาผนังจริงๆ มา เพื่อเปรียบเทียบผลของแรงที่กระทำกับคานที่ผู้สอนตรึงไว้กับผนัง จากนั้นให้นักเรียนพิจารณาว่าแรงใดที่กระทำต่อคานแล้วสามารถทำให้คานเกิดการหมุนไปในทิศตามหรือทวนเข็มนาฬิกา เช่น จากรูปที่แสดงไว้สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจได้ว่าแรง F_1 และ F_2 เป็นแรงที่ทำให้เกิดโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา ส่วน F_3 จะทำให้เกิดโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา



ถ้ากรณีที่คานสามารถสมดุลอยู่ได้ ผู้สอนต้องแสดงให้เห็นให้นักเรียนเห็นว่า ผลรวมของโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกามีค่าเท่ากับผลรวมของโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา และกรณีแรงที่กระทำต่อคานหรือวัตถุดังกล่าวไม่ได้อยู่ในแนวตั้งฉากกับระยะทางจากจุดหมุน ผู้สอนต้องแสดงให้เห็นให้นักเรียนเห็นว่าการคิดโมเมนต์นั้นต้องคิดเฉพาะระยะทางที่ตั้งฉากเท่านั้น ซึ่งระยะทางดังกล่าวอาจจะคิดจากค่า $\cos\theta$ หรือ $\sin\theta$ ของระยะของคานนั้นๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโมเมนต์ที่จะพิจารณา

3.10 มโนคติที่ 10

1) ผู้สอนต้องทำความเข้าใจในเงื่อนไขของการสมดุลสมบูรณ์ของวัตถุใดๆ ว่า เกิดจากการที่วัตถุนั้นมีการสมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่งและต่อการหมุน

2) การสมดุลต่อการหมุนของวัตถุใดๆ ต้องแสดงให้เห็นว่าสามารถคิดจากจุดหมุนใดๆ ก็ได้ที่สะดวกต่อการคิดตามเงื่อนไขที่ให้มา และชี้ให้เห็นว่าไม่ว่าจะใช้จุดใดๆ ก็ตามเป็นจุดหมุน ผลการคำนวณที่ออกมาจะต้องไม่มีความแตกต่างกัน

4. ผลการทดสอบสมมุติฐาน

4.1 ทดสอบความแตกต่างของมโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนประจำจังหวัด เขตการศึกษา 2 ระหว่างนักเรียนเพศชายและเพศหญิง

ผลการทดสอบพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนประจำจังหวัด เขตการศึกษา 2 ระหว่างนักเรียนเพศชายและเพศหญิงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนเพศหญิงมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนสูงกว่านักเรียนเพศชาย

4.2 ทดสอบความแตกต่างของมโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนประจำจังหวัด เขตการศึกษา 2 ระหว่างนักเรียนแต่ละจังหวัด

ผลการทดสอบพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนประจำจังหวัด เขตการศึกษา 2 ระหว่างนักเรียนแต่ละจังหวัดมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยเรียงจากจังหวัดที่นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนสูงสุด

ไปต่ำสุดคือ สตูล ยะลา ปัตตานีและนราธิวาส

5. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยเรื่องมโนคติที่คลาดเคลื่อนวิชาฟิสิกส์เรื่องสมดุกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนประจำจังหวัด เขตการศึกษา 2 ทำให้ทราบว่านักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนที่สูงมากทุกมโนคติ เพื่อประโยชน์ต่อการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์และให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจต่อมโนคติยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สำหรับครูผู้สอน

1) ก่อนทำการสอนแต่ละเนื้อหา ผู้สอนควรจะมีการวิจัยหรือศึกษามาก่อนว่าในเนื้อหาดังกล่าว นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในประเด็นใดบ้าง เพื่อที่ผู้สอนจะได้ทำการแก้ไขมโนคตินั้นทันทีขณะที่ทำการสอน

2) ผู้สอนทุกคนควรจะมีการปรับปรุงพัฒนาการเรียนการสอนโดยมุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนอย่างเต็มที่โดยเฉพาะการใช้สื่อการเรียนการสอนต่างๆ เพราะสื่อการเรียนการสอนเหล่านี้จะทำให้เกิดความคงทนทางความรู้ต่อนักเรียนมากกว่าความรู้ที่เกิดจากการบอกของครูผู้สอนฝ่ายเดียว

3) เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนแต่ละเนื้อหา ครูผู้สอนควรจะมีการสอบเพื่อวัดมโนคติในเนื้อหาดังกล่าวเพราะหากทราบว่านักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในประเด็นใด จะได้ทำการแก้ไขได้ทันที

4) ในการออกข้อสอบเพื่อการสอบนักเรียนในแต่ละครั้ง ควรจะมีข้อสอบจำนวนมากพอสมควรที่ผู้สอนควรจะให้ให้นักเรียนได้แสดงวิธีทำ ถึงแม้จะเป็นข้อสอบที่ทำการตรวจยากและเสียเวลาในการตรวจ แต่เราพบว่าคำตอบข้อสอบแสดงวิธีทำของนักเรียนสามารถทำให้ผู้สอนทราบว่านักเรียนมีความคลาดเคลื่อนในมโนคติประเด็นใดบ้าง และหากจะทำการแก้ควรจะทำตรงจุดไหนอย่างไร

5) ควรจะมีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนการสอนระหว่างเพื่อนครู อาจารย์ที่ทำการสอนในวิชาเดียวกันในรูปแบบของการประชุมหรือสัมมนา เพื่อจะได้นำประสบการณ์การเรียนการสอนของแต่ละคนมาบอกเล่า และแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกันเพื่อจะได้นำ

ประสบการณ์ดังกล่าวไปประยุกต์ตามความเหมาะสม

6) ควรจะมีการติดตามข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความรู้ในเนื้อหา เทคนิคและวิธีการเรียนการสอนรวมทั้งรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องในเนื้อหานั้นๆ จากแหล่งต่างๆ เช่น หนังสือ บทความ วารสาร หรืออินเตอร์เน็ตเพื่อให้ผู้สอนมีความรอบรู้ในเนื้อหานั้นๆ ทันสมัยตลอดเวลา

7) ควรทำอุปกรณ์ สื่อการเรียนการสอนในรูปแบบต่างๆ ที่สามารถจะอธิบาย สาธิต ประกอบการเรียนการสอนหรือให้นักเรียนได้ทำการทดลองหรือแสวงหาความรู้เพิ่มจากอุปกรณ์หรือสื่อการเรียนการสอนนั้นๆ ตลอดจนนักเรียนสามารถที่จะนำไปอธิบายวิเคราะห์กับสถานการณ์จริงที่ปรากฏในชีวิตประจำวัน

5.2 สำหรับผู้บริหาร

1) ผู้บริหารควรให้ความสำคัญในเรื่องของการพัฒนาการเรียนการสอนเป็นเรื่องหลัก ดังนั้นหากผู้ได้บังคับบัญชาต้องการพัฒนาการเรียนการสอนโดยการทำสื่อการเรียนการสอนหรือศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน ผู้บริหารควรสนับสนุนปัจจัยต่างๆ เท่าที่จะทำได้เพื่ออำนวยความสะดวกและเป็นขวัญและกำลังใจให้ผู้ได้บังคับบัญชาได้มุ่งมั่นที่จะทำต่อไปได้

2) ผู้บริหารควรสนับสนุนให้ผู้ได้บังคับบัญชาได้มีการเข้าร่วมสัมมนา อบรม หรือมีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์การสอน เทคนิควิธีการสอนระหว่างครูผู้สอนในสายวิชาเดียวกัน เพื่อจะได้นำประสบการณ์ที่ได้จากการแลกเปลี่ยนเหล่านั้นมาพัฒนาหรือประยุกต์ใช้ตามความเหมาะสม

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้เกี่ยวข้อง

1) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งเป็นผู้กำหนดหลักสูตร เนื้อหา รวมถึงกิจกรรมต่างๆ ที่ใช้ในการเรียนการสอนทั้งหมดควรมีการอบรมครูผู้สอนในแต่ละสาขาวิชา เพื่อเป็นการให้ความรู้ใหม่ๆ เทคนิควิธีการสอน รวมถึงผลงานการวิจัยที่เกี่ยวกับปัญหาเนื้อหาหรือการสอนวิชาเหล่านั้น เพื่อเป็นการเพิ่มพูนความรู้แก่ครูผู้สอน เพื่อที่จะเขาได้มีการพัฒนาตนเองอยู่ตลอดเวลา และมีความทัดเทียมกันของความรู้และข่าวสารข้อมูล

2) ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงหรือพัฒนาหลักสูตรควรจะมีการรับฟังความคิดเห็นถึงปัญหาในการจัดการเรียนการสอน รวมไปถึงการพัฒนาสื่อการสอนต่างๆ เพื่อให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรจะมีการศึกษา: โนมัติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ในเรื่องสมดุลกลในกลุ่มประชากรอื่นๆ โดยเฉพาะกับโรงเรียนที่ไม่ใช่โรงเรียนประจำจังหวัด เพื่อที่จะได้เปรียบเทียบผลการวิจัยดูว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกับผลการวิจัยครั้งนี้หรือไม่

2) ควรจะมีการนำผลการวิจัยในครั้งนี้ไปใช้ในการแก้มนมัติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนแล้วทำการวิจัยซ้ำในเรื่องนี้อีกครั้งเพื่อที่จะดูว่านักเรียนยังมีมนมัติที่คลาดเคลื่อนเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยแค่ไหน

3) ควรจะทำการวิจัยมนมัติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเรื่องสมดุลกล เช่น เรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน เพื่อว่าผลของการวิจัยนั้นอาจจะเป็นคำตอบที่เกี่ยวข้องมาถึงมนมัติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องสมดุลกล ซึ่งจะทำให้ผู้วิจัยจะได้ทราบปัญหาที่แท้จริงของสาเหตุแห่งความคลาดเคลื่อนของมนมัตินั้นๆ

เอกสารอ้างอิง

- กรรณิกา แจ่มพินไวย. (2534). การวิเคราะห์มนมัติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2533). หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533). กรุงเทพฯ: คุรุสภา.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2535). คู่มือครูวิชาฟิสิกส์ ว 022. กรุงเทพฯ: คุรุสภา.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2533). แบบเรียนวิชาฟิสิกส์ ว 023. กรุงเทพฯ: คุรุสภา.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2535). คู่มือการสอนวิชาฟิสิกส์ ว 023. กรุงเทพฯ: คุรุสภา.

จิตราวรรณ์ ทองนิม. (2529). มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิคม ทองบุญ. (2542). มโนมติที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรง มวลและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดพัทลุง. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประจวบ เรืองยังมี. (2542). มโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องการเคลื่อนที่เป็นวงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดปัตตานี. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Gronlund, Norman E., & Linn, Robert L. (1990). *Measurement and evaluation in teaching* (6th ed.). New York: Mcmillan.

Hise, Y.V. (1988). Student misconceptions in mechanics: An international problem. *The Physics Teacher*, 26, 498-502.

Jerry, Bergman. (1996). *Understanding education measurement and evaluation*. Houghton: Mifflin Company.

Kirk, Roger E. (1982). *Experimental design* (2nd ed.). California: Wadsworth.

Payne, David A. (1992). *Measuring and evaluating educational outcomes*. New York: Merrill and imprint of McMillan Publishing Company.

Sequeira, M., & Leite, L. (1991). Alternative conceptions and history of science in physics teacher education. *Science Education*, 75, 45-56.

Students' Misconceptions in Physics. (2000). Available: <http://www.geocities.com/ustuntuna/misconceptions/miscon.html> [August 15, 2000].

Walpole, Ronald E. (1983). *Introduction to statistics* (3rd ed.). New York: Macmillan Publishing.