บทที่ 5

การอภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในจังหวัดพัทลุง

<u>วัตถุประสงค์การวิจัย</u>

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง มวล แรง และ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง มวล แรง และ กฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดพัทลุง

2. เพื่อเปรียบเทียบมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ระหว่างเพศชายกับเพศหญิง

3. เพื่อเปรียบเทียบมโนมติที่คลาดเคลื่อน ในเรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดต่างกันในจังหวัดพัทลุง

<u>สมมติฐานการวิจัย</u>

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานในการวิจัย ดังนี้

1. นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ไม่แตกต่างกัน

2 นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนที่มีขนาดต่างกัน มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ไม่แตกต่างกัน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2540 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดพัทลุง จำนวน 299 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi - Stage Random Sampling)

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยชนิดแบบวัดเพียงครั้งเดียว(One Shot Case Study Design)

เครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบทดสอบมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ซึ่งมีลักษณะแบบเลือกตอบ ซึ่งจำนวนตัวเลือกขึ้นอยู่กับจำนวนมโนมติที่คลาดเคลื่อนที่คาดว่านักเรียนจะมีในหัวข้อนั้น แบบทดสอบฉบับนี้ มีค่าความยากง่ายระหว่าง .20 - .78 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .26 - .78 และค่าความเที่ยงเท่ากับ .84

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ศึกษาค่ามโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนทั้งหมด โดยใช้ค่าร้อยละ

2. เปรียบเทียบมโนมติที่คลาดเคลื่อนระหว่างนักเรียนชายและนักเรียนหญิงโดยการทดสอบหาค่าที (t-test)

3. เปรียบเทียบมโนมติที่คลาดเคลื่อนระหว่างนักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดต่างกัน โดยการทดสอบหาค่าเอฟ (F-test) จากวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One - way Analysis of Vaviance : ANOVA) และทดสอบรายคู่โดยวิธีของเชฟเฟ่ (Scheffé)

<u>สรุปผลการวิจัย</u>

1. จากคำถามในแบบทดสอบจำนวน 40 ข้อ จำนวน 16 มโนมติ ที่ทำการศึกษา พบว่า นักเรียนจำนวนร้อยละ 72.76 มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในทุกมโนมติ ยกเว้นมโนมติที่ 10 " วัตถุต่างๆบนโลก หรือดาวเคราะห์ต่างๆในเอกภพ จะออกแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน " โดยนักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 32.77 และพบว่า มโนมติที่คลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ มโนมติที่ 4 " มวล " คิดเป็นร้อยละ 91.80 ของนักเรียนทั้งหมด

2. โดยภาพรวม นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง มวล แรงและกฎการเคลื่อนที่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ.05 โดยนักเรียนชายมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนหญิง และเมื่อแยกตามรายมโนมติจะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มดังนี้

2.1 นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับ 2 มโนมติ ได้แก่มโนมติที่ 11 "ขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวล" และมโนมติที่ 16 "การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน" โดยนักเรียนชายมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนหญิง

2.2 นักเรียนชายและนักเรียนหญิง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวน 14 มโนมติ ได้แก่ มโนมติที่ 1 "แรง" มโนมติที่ 2 "แรงลัพธ์" มโนมติที่ 3 "กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน " มโนมติที่ 4 "มวล" มโนมติที่ 5 "แรงลัพธ์กับความเร่ง" มโนมติที่ 6 "ความเร่งกับมวล" มโนมติที่ 7 "กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน" มโนมติที่ 8 "น้ำหนัก" มโนมติที่ 9 "สนามโน้มถ่วงของโลก" มโนมติที่ 10 "การเปลี่ยนแปลงสนามโน้มถ่วงบนดาวเคราะห์" มโนมติที่ 12 "กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน" มโนมติที่ 13 "ทิศทางของแรงกิริยาและปฏิกิริยา" มโนมติที่ 14 "การประยุกต์ใช้กฎเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน" และมโนมติที่ 15 "การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน"

3. โดยภาพรวม นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดต่างกัน มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 และเมื่อพิจารณาในแต่ละมโนมติ สามารถจำแนกออกได้เป็น 6 กลุ่ม คือ

3.1 นักเรียน ที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดกลาง และขนาดใหญ่ มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดเล็ก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 ในมโนมติที่ 1 "แรง" มโนมติที่ 13 "ทิศทางของแรงกิริยาแรงปฏิกิริยา" และมโนมติที่ 14 "การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน"

3.2 นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดเล็ก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ในมโนมติที่ 1 "แรง" และที่ระดับ .01 ในมโนมติที่ 13 "ทิศทางของแรงกิริยาแรงปฏิกิริยา" มโนมติที่ 14 "การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 1 ของนิวตัน"

3.3 นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่ มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่า นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 ในมโนมติที่ 1 "แรง"

3.4 นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลาง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษและขนาดเล็ก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในมโนมติที่ 2 "แรงลัพธ์"

3.5 นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่ มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษและขนาดกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 ในมโนมติที่ 12 "ขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวล"

3.6 นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดกลางและขนาดใหญ่พิเศษ มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดเล็ก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 ในมโนมติที่ 15 "การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน"

4. จากการศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ พบว่า จำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อน ในเรื่องต่างๆ ในแต่ละมโนมติ พอสรุปได้ดังนี้

- มโนมติที่ 1 " แรง "
  - ผลของแรงกระทำ วัตถุต้องเคลื่อนที่ (27.42 %)
  - แรงและน้ำหนัก เป็นปริมาณคนละประเภท (28.76 %)
- มโนมติที่ 2 " แรงลัพธ์ "
  - การบวก ลบเวคเตอร์ ไม่จำเป็นต้องใช้มุมระหว่างเวคเตอร์ทั้งสองมาพิจารณา (35.79 %)
- มโนมติที่ 3 " กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน "
  - จะไม่มีแรงใดๆ กระทำต่อวัตถุ เมื่อวัตถุอยู่ในสภาวะนิ่ง (10.70 %)
- มโนมติที่ 4 " มวล "
  - น้ำหนักของวัตถุ จะเป็นตัวบอก ค่าความเฉื่อยของวัตถุ (15.05 %)

- มวลของวัตถุก้อนหนึ่งๆ สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ (34.45 %)

- มโนมติที่ 5 " ความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับแรงลัพธ์ที่มากระทำต่อวัตถุ เมื่อมวลวัตถุมีค่าคงที่ "

- ความชันของกราฟ แรง - ความเร่ง คือ ส่วนกลับของมวลของวัตถุ (16.39 %)

- มโนมติที่ 6 " ความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับมวลของวัตถุ เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำมีค่าคงที่ "

- $\sum F = \frac{m}{a}$ (29.10 %)

- มโนมติที่ 7 " กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน "

- เมื่อมีแรงลัพธ์ มีค่าเท่ากับ ศูนย์ มากระทำต่อวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่เสมอ (19.06 %)

- เมื่อมีแรงลัพธ์มีค่ามากกว่าศูนย์ มากระทำต่อวัตถุแล้ว วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว (33.11 %)

- มโนมติที่ 8 " น้ำหนัก "

- ขณะวัตถุถูกขว้างขึ้นในแนวดิ่ง จะมีแรงเนื่องจากการขว้างกระทำต่อวัตถุตลอดเวลา (47.79 %)

- มโนมติที่ 9 " สนามโน้มถ่วงของโลก "

- น้ำหนักของวัตถุใดๆ เปลี่ยนแปลงไปตามค่าของมวล และค่าของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (34.78 %)

- มโนมติที่ 11 " แรงดึงดูดระหว่างมวล "

- วัตถุที่มีมวลน้อย จะถูกแรงดึงดูดระหว่างมวลกระทำน้อยกว่าก้อนที่มีมวลมาก (22.41 %)

- ขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวล จะแปรตามผลคูณระหว่างมวลทั้งสองและแปรตามกำลังสองของระยะห่างระหว่างมวลทั้งสองด้วย (34.78 %)

- มโนมติที่12 " กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน "

- กรณีผลักวัตถุบนพื้นราบแรงกิริยาจะต้องมีค่ามากกว่าแรงปฏิกิริยา จึงจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ (42.82 %)

- มโนมติที่ 13 " ทิศทางของแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา "

- การบอกทิศทางของแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาคู่ใดๆ (20.07 %)

- มโนมติที่ 14 " การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน "

- การควบคุมลูกบอลลูนให้ลอยขึ้นไปเรื่อยๆ ที่ความเร็วคงตัวค่าหนึ่ง ทำได้โดยการเพิ่มแรงดันในลูกบอลลูนตามความสูงที่ลูกบอลลูนลอยขึ้น (23.75 %)

- การลากวัตถุตามพื้นราบขรุขระ มุมที่ทิศของแรงดึงทำกับแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุ จะไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ (27.76 %)
- เมื่อกระโดดลงจากที่สูง ลงมายืนนิ่งบนพื้นราบ ขณะยืนนิ่ง แรงลัพธ์ที่กระทำต่อคนมีค่ามากกว่าศูนย์ (11.04 %)
- ขณะดึงวัตถุด้วยเชือกขึ้นในแนวดิ่ง ด้วยความเร็วคงตัว แรงตึงในเส้นเชือกมีค่ามากกว่าน้ำหนักของวัตถุ (22.73 %)

- มโนมติที่ 15 " การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน "
  - การหาค่า $\sum F$ จากสมการ $\sum F = \frac{m}{a}$ (17.07 %)
  - คนมีมวล m ยืนบนตาชั่งที่อยู่ในลิฟต์ ถ้าขณะลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่งคงตัวเป็น a ค่าน้ำหนักของคนที่อ่านได้จากตาชั่ง มีค่าเท่ากับ ma (24.72 %) และมีค่า เท่ากับ mg (13.04 %)
- มโนมติที่ 16 " การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน "
  - ขณะที่วัวลากเกวียนไปข้างหน้า แรงที่ทำให้วัวและเกวียนเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ คือ แรงที่วัวกระทำต่อเกวียน (14.38 %)
  - ขณะแขวนวัตถุด้วยเชือกแขวนไว้ที่เพดาน แรงปฏิกิริยาของแรงดึงในเส้นเชือกที่กระทำต่อวัตถุ คือ น้ำหนักของวัตถุ (15.73 %)
  - ขณะพายเรือในน้ำ แรงที่ทำให้เรือแล่นไปข้างหน้าได้ คือ แรงที่ไม้พายกระทำต่อน้ำ (27.09 %)
  - แรงปฏิกิริยาของน้ำหนักของวัตถุ ขณะวัตถุถูกแขวนด้วยเชือกกับเพดาน คือ แรงตึงเชือก (26.42 %)

<u>อภิปรายผล</u>

1. ผลการวิเคราะห์รายข้อ

ดูจากคำถามคำตอบเหตุผลในการตอบ และเหตุผลในการตอบ ในภาคผนวก ง. วิธีการทำ โดยให้นักเรียนเลือกคำตอบในส่วนที่ 1 และเลือกเหตุผลที่ตอบ ในส่วนที่ 2

มโนมติที่ 1 "แรง" ซึ่งวัดได้ในข้อที่ 1 และ 2

คำถามในข้อที่ 1 ถามถึงความหมายของแรง คำตอบที่ถูกต้อง คือ สิ่งที่พยายามทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ เพราะว่า ผลของแรงทำให้วัตถุพยายามเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่

พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 85.96% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้อง 45.82% และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.1 นักเรียนจำนวน 27.42% ตอบว่า แรง คือ สิ่งที่พยายามทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ เพราะว่า ผลของแรงทำให้วัตถุที่หยุดนิ่งเคลื่อนที่ได้

1.2 นักเรียนจำนวน 10.71% ตอบว่า แรง คือ สิ่งที่พยายามทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ เพราะว่า ผลของแรงทำให้เกิดพลังงาน วัตถุจึงเคลื่อนที่ได้

สาเหตุของความคลาดเคลื่อน ในข้อ 1.1 และ 1.2 นี้น่าจะเกิดจากคำว่า "เคลื่อนที่ได้" โดยนักเรียนอาจจะสังเกตจากสิ่งที่เกิดขึ้นในกิจวัตรประจำวัน โดยใช้การเคลื่อนที่ของวัตถุ มาเป็นเกณฑ์ในการตัดสิน คือ ถ้าต้องการให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่แล้ว ต้องออกแรงกระทำต่อวัตถุนั้น

คำถามในข้อที่ 2 ถามถึง การแบ่งกลุ่มของปริมาณทางฟิสิกส์ที่กำหนดให้ โดยอาศัยปริมาณ สเกลาร์ และปริมาณเวคเตอร์เป็นเกณฑ์ในการแบ่ง คำตอบที่ถูกต้องคือ มวล,ระยะทาง กับแรง, น้ำหนัก เพราะว่า มวลและระยะทางเป็นปริมาณที่มีเฉพาะขนาด จัดเป็นปริมาณ สเกลาร์ ส่วนแรงและน้ำหนักมีทั้งขนาดและทิศทาง จัดเป็นปริมาณเวคเตอร์

พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 24.42% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 21.05 % และมีผู้ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 นักเรียนจำนวน 28.76% ตอบว่า แรง เป็นปริมาณเวคเตอร์ ส่วน ระยะทาง, น้ำหนักและมวล เป็นปริมาณสเกลาร์ เพราะว่า แรง เป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง ส่วนระยะทาง น้ำหนัก และมวล เป็นปริมาณที่มีเฉพาะขนาดเท่านั้น

2.2 นักเรียนจำนวน 16.39 % ตอบว่า แรง,ระยะทางและน้ำหนักเป็นปริมาณเวคเตอร์ ส่วนมวล เป็นปริมาณสเกลาร์ เพราะว่า แรง ระยะทาง และน้ำหนัก เป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง ส่วนมวล มีเฉพาะขนาดเท่านั้น

2.3 นักเรียนจำนวน 14.38 % ตอบว่า มวลน้ำหนัก เป็นปริมาณเวคเตอร์ ส่วนแรงและระยะทางเป็น ปริมาณสเกลาร์ เพราะว่า มวลและน้ำหนัก เป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง ส่วนแรงและระยะทาง มีเฉพาะขนาดเท่านั้น

ความคลาดเคลื่อนทั้งหมด น่าจะมาจากสาเหตุ ดังต่อไปนี้

ประการแรก นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนในนิยาม หรือความหมายของปริมาณเวคเตอร์และปริมาณสเกลาร์

ประการที่สอง นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนในเรื่อง แรงและน้ำหนัก เป็นปริมาณคนละประเภท เพราะอาจคิดว่า น้ำหนักเป็นปริมาณประเภทเดียวกับมวล เนื่องจากไม่มีคำว่า แรงนำหน้า เหมือนแรงอื่นๆทั่วไป และน้ำหนัก หาได้จากปริมาณของมวล คูณด้วย ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก นักเรียนอาจจะจัดน้ำหนัก เป็นปริมาณสเกลาร์ที่มีเฉพาะขนาด เช่นเดียวกับมวล

มโนมติที่ 2 "แรงลัพธ์" ซึ่งวัดในข้อ 3,ข้อ 4 และข้อ 5

คำถามในข้อ 3,4 และข้อ 5 เป็นการวัดมโนมติของความหมาย และการหาขนาดของแรงลัพธ์ในแต่ละกรณี โดยคำถามในข้อ 3 ถามถึง ความหมายโดยทั่วไปของคำว่า "แรงลัพธ์" คำตอบที่ถูกต้องคือ แรงหนึ่งแรงแทนแรงย่อยได้ เพราะว่า เป็นผลรวมของแรงย่อยหลายแรง

พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 48.84% และในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้อง จำนวน 28.76% และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.1 นักเรียนจำนวน 12.70% ตอบว่า แรงหลายแรงแทนแรงย่อยได้ เพราะว่า แรงหลายแรง เกิดการหักล้างกันจะได้เป็นแรงลัพธ์ สาเหตุของความคลาดเคลื่อนน่าจะมาจากมโนมติของคำว่า "แรงลัพธ์" ระหว่าง แรงลัพธ์ เป็นแรงหลายแรง กับ แรงลัพธ์ เกิดจากแรงหลายแรงรวมกัน รวมทั้งในการหาขนาดของ แรงลัพธ์ ถ้ามีแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุแล้ว เมื่อนำแรงมาหักล้างกัน ก็จะได้ขนาดของแรงลัพธ์ โดยไม่ได้คำนึงถึงทิศทางของแรงย่อย

3.2 นักเรียนจำนวน 12.04% ตอบว่า แรงหนึ่งแรงแทนแรงย่อยได้ เพราะว่า แรงหลายแรงเกิดการหักล้างกัน จะได้เป็นแรงลัพธ์ สาเหตุของความคลาดเคลื่อน น่าจะมาจากวิธีการหาขนาดของแรงลัพธ์ โดยคิดว่า ถ้ามีแรงหลายแรงนำมาหักล้างกัน สุดท้ายจะเหลือเพียงแรงเดียวที่เรียกว่า แรงลัพธ์ โดยไม่คำนึงถึงว่า แรงเป็นปริมาณเวคเตอร์จะต้องนำทิศทางเข้ามาพิจารณาในการรวมเวคเตอร์ด้วย ซึ่งอาจจะไม่ใช่เป็นการหักล้างกันอย่างเดียว อาจจะมีการเสริมแรงกันก็ได้ แล้วแต่ทิศทางของเวคเตอร์ย่อย

คำถามข้อที่ 4 ถามโดยกำหนดสถานการณ์ มี แรงย่อย 2 แรง ขนาด 3 นิวตัน และ 4 นิวตัน กระทำต่อวัตถุก้อนเดียวกัน โดยไม่ได้กำหนดมุมระหว่างแรงทั้งสองมาให้ แล้วให้หาขนาดแรงลัพธ์ของแรงทั้งสอง คำตอบที่ถูกต้อง คือ ขนาดของแรงลัพธ์มีค่าระหว่าง 1 ถึง 7 นิวตัน เพราะว่า ขนาดของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงย่อย 2 แรง จะมีค่าน้อยที่สุด เมื่อ แรงย่อยทั้งสองมีทิศทางตรงกันข้าม และจะมีค่ามากที่สุด เมื่อ แรงย่อยทั้งสองมีทิศทางเดียวกัน พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 63.55% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้มีมโนมติถูกต้องจำนวน 43.82% และมีผู้ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.1 นักเรียนจำนวน 9.36% ตอบว่า ระหว่าง 1 ถึง 7 นิวตัน เพราะขนาดของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรง 2 แรง จะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อแรงทั้ง 2 แรงมีทิศทางเดียวกัน และจะมีค่ามากที่สุดเมื่อแรงทั้ง 2 แรงมีทิศทางตรงข้ามกัน สาเหตุของความคลาดเคลื่อนน่าจะมาจากนักเรียนรู้หลักกว้างๆ ว่าการหาแรงลัพธ์ของแรงย่อย 2 แรง ขนาดของแรงลัพธ์ จะมีค่ามากที่สุดมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงย่อยทั้งสอง และจะมีค่าน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับผลต่างของแรงย่อยทั้งสอง แต่ไม่ทราบว่าจะมีค่ามากที่สุดหรือน้อยที่สุดเมื่อเวคเตอร์หาแรงย่อยทั้งสอง ทำมุมเท่าไรซึ่งกันและกัน

คำถามข้อที่ 5 กำหนดสถานการณ์เป็นภาพของแรงย่อย 2 แรงขนาด 10 และ 20 นิวตัน กระทำต่อวัตถุก้อนเดียวกัน แต่ทำมุมต่างกัน แล้วให้หาขนาดแรงลัพธ์ของแรงทั้งสองที่มีค่ามากที่สุดว่าเป็นไปตามรูปใด คำตอบที่ถูกต้อง คือ แรงย่อย 2 แรง ทำมุมกันดังรูป ข. เพราะว่าแรงย่อยทั้งสองทำมุมกัน เป็นมุมที่น้อยที่สุด พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 24.07% ซึ่งจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 23.08% และมีผู้ตอบผิดในลักษณะต่างๆดังต่อไปนี้

5.1 นักเรียนจำนวน 35.79% ตอบว่า แรงย่อย 2 แรงทำมุมกัน ดังรูป ก. เพราะว่าเพราะแรงทั้งสองมีทิศทางตรงข้ามกัน

5.2 นักเรียนจำนวน 20.41% ตอบว่า แรงย่อย 2 แรงทำมุมกัน ดังรูป ค. เพราะว่าแรงทั้งสองทำมุม 90 องศาซึ่งกันและกัน

สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อ 5.1 และ 5.2 เนื่องมาจากนักเรียนอาจมีความบกพร่องในเรื่องวิธีการหาขนาดแรงลัพธ์ โดยวิธีรวมเวคเตอร์จากการเขียนรูปแบบหางต่อหัว อาจเป็นรูปสามเหลี่ยมแทนแรงหรือสี่เหลี่ยมด้านขนาน ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด ในคำถามข้อที่ 5 โดยที่โจทย์ไม่ต้องการคำตอบที่เป็นตัวเลขชัดเจน เพียงแต่ถามขนาดมากที่สุดเท่านั้น ไม่จำเป็นต้องใช้วิธีแตกแรง รวมแรงหรือวิธีการคำนวณ และเลือกตอบตามข้อ 5.1 มากที่สุดเพราะอาจใช้สามัญสำนึกของตัวเอง เช่นกรณี ร่างกาย ถูกแรงกระทำออกไปทั้งสองข้างพร้อมกัน จะรู้สึกว่าถูกแรงกระทำมากที่สุด โดยลืมเรื่องการหักล้างกันของแรง ส่วนในข้อ 5.2 นั้นน่าจะมาจากว่านักเรียนพอจะมีความรู้เรื่องการแยกเวคเตอร์ และการรวมแรงแล้ว ในกรณีที่ แรงกระทำต่อวัตถุกรณีทำมุมใดๆ ซึ่งเมื่อแยกเวคเตอร์ของแรงแล้ว สุดท้ายจะได้แรงอยู่ใน 2 แกนที่ตั้งฉากต่อกัน จากนั้นก็ใช้ทฤษฎีปีธากอรัส หาแรงลัพธ์

มโนมติที่ 3 "กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน" ซึ่งวัดในข้อ 6,7,8 และข้อ 9

คำถามในข้อ 6,7,8 และข้อ 9 เป็นการวัดมโนมติของกฎการเคลื่อนที่ 1 ของนิวตัน โดยคำถามข้อที่ 6 ถามถึงสถานการณ์ที่แสดงถึงการรักษาสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยกำหนดสถานการณ์การเคลื่อนที่มาให้เลือก 4 สถานการณ์

คำตอบที่ถูกต้อง คือ จรวดมุ่งหน้าไปยังดวงจันทร์ด้วยความเร็วคงตัว เพราะว่า การเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยความเร็วคงตัว เป็นการรักษาสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 73.24% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 58.86% และมีนักเรียนเกิน 50% (58.86%) มีมโนมติที่ถูกต้อง และมีเพียงเล็กน้อยที่ตอบผิด เช่น

6.1 นักเรียนจำนวน 7.36% ตอบว่า จรวดมุ่งหน้าไปยังดวงจันทร์ด้วยความเร็วคงตัว เพราะแรงดึงดูดของโลก ทำให้วัตถุสามารถรักษาสภาพการเคลื่อนที่ได้ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมีสาเหตุที่นักเรียนคิดว่าแรงดึงดูดของโลก เป็นแรงต้านการเคลื่อนที่ของจรวดและสมดุลกับแรงขับเคลื่อนของจรวด จึงทำให้จรวดเคลื่อนที่ไปยังดวงจันทร์ได้ด้วยความเร็วคงตัว

คำถามในข้อที่ 7 ถามถึงสถานการณ์ที่นักเรียนกำลังยืนโหนรถเมล์ประจำทาง ขณะที่รถวิ่งด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง และเมื่อรถเมล์ถูกเบรคกระทันหัน ผลจะเป็นอย่างไร คำตอบที่ถูกต้อง คือ นักเรียนจะเซไปข้างหน้าทันที ด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพราะว่า นักเรียนต้องการรักษาสภาพการเคลื่อนที่ ในทิศทางเดิมด้วยความเร็วเท่าเดิม พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้อง จำนวน 89.98% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติที่ถูกต้อง จำนวน 29.78% และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

7.1 นักเรียนจำนวน 29.43% ตอบว่า นักเรียนจะเซไปข้างหน้าทันที ด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพราะว่า เหตุการณ์เกิดขึ้นในทันที นักเรียนจึงไม่สามารถทรงตัวอยู่ได้ จึงเซไปข้างหน้า

7.2 นักเรียนจำนวน 28.76% ตอบว่า นักเรียนจะเซไปข้างหน้าทันที ด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพราะว่า การหยุดกะทันหัน ทำให้นักเรียนไม่สามารถออกแรงต้านในขณะที่รถเบรคได้ ความคลาดเคลื่อนทั้ง 2 กรณีนี้ เป็นเพราะนักเรียนใช้สามัญสำนึกของตัวเองในการตอบ เป็นเพราะคำถาม เป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน โดยที่นักเรียนให้คำตอบที่ถูกต้อง แต่เหตุผลยังไม่ชัดเจนจึงใช้สามัญสำนึกของตัวเอง ซึ่งเป็นหน้าที่ของครูผู้สอนที่จะสอนมโนมติที่ถูกต้อง และชัดเจนแก่นักเรียน

คำถามข้อที่ 8 เป็นการกำหนดสถานการณ์ว่า มีกระดาษข้อสอบวางนิ่งอยู่บนโต๊ะของนักเรียน แล้วถามหาขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อข้อสอบนี้ คำตอบที่ถูกต้อง คือ มีแรงหลายแรงกระทำต่อข้อสอบแต่แรงลัพธ์ เป็นศูนย์ เพราะว่า การที่ข้อสอบอยู่นิ่งแสดงว่า แรงลัพธ์ที่กระทำต่อข้อสอบมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งเป็นกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 70.92% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 59.87% และมีผู้ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

8.1 นักเรียนจำนวน 10.70% ตอบว่า ไม่มีแรงกระทำต่อข้อสอบ เพราะว่า เมื่อข้อสอบวางนิ่งๆ อยู่บนโต๊ะ แสดงว่า ต้องไม่มีแรงใดๆ มากระทำ สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากคำว่า "นิ่ง" นักเรียนคงคิดว่า การที่ข้อสอบวางนิ่ง ไม่มีการเคลื่อนที่ จึงไม่น่าจะมีแรงใดๆ มากระทำต่อข้อสอบ โดยลืมไปว่า อย่างน้อยที่สุดข้อสอบมีมวล นั่นคือ มีน้ำหนัก ซึ่งเป็นแรงดึงดูดของโลกส่งมากระทำต่อข้อสอบ

8.2 นักเรียนจำนวน 9.04% ตอบว่า มีแรงหลายแรงกระทำต่อข้อสอบ แต่แรงลัพธ์เป็นศูนย์ เพราะว่า แรงที่กระทำต่อข้อสอบเป็นแรงเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลก และแรงเสียดทานของผิวสัมผัส ในการตอบนี้นักเรียนเลือกคำตอบถูกแต่ให้เหตุผลไม่ชัดเจน ความคลาดเคลื่อนน่าจะมาจากสาเหตุดังนี้

8.2.1 การเขียนทิศทางแรงที่กระทำต่อข้อสอบ เพราะว่า ทิศของแรงเนื่องจากน้ำหนักของ ข้อสอบมีทิศลงในแนวดิ่ง ส่วนทิศของแรงเสียดทานของผิวสัมผัส มีทิศขนานกับพื้นโต๊ะกรณีข้อสอบเกิดการเคลื่อนที่ในแนวราบ โดยที่แรงทั้งสองมีทิศตั้งฉากกัน โอกาสที่แรงลัพธ์เนื่องจากแรงทั้งสองจะเป็นศูนย์ไม่มี

8.2.2 การใช้สัญลักษณ์แทนแรงเสียดทาน กับแรงปฏิกิริยาของพื้นโต๊ะที่กระทำต่อข้อสอบ เพราะว่า นักเรียนเลือกคำตอบว่า แรงลัพธ์ที่กระทำต่อข้อสอบเป็นศูนย์ แสดงว่าแรงเสียดทาน ($f=\mu N$ โดยที่ μ ส.ป.ส. ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส, และ N คือแรงปฏิกิริยาที่พื้นโต๊ะกระทำต่อข้อสอบ ทิศขึ้นในแนวดิ่ง และ N มีขนาดเท่ากับ mg) สามารถหักล้างกับแรงเนื่องจากน้ำหนักของข้อสอบ (mg)ได้ นักเรียนใช้สัญลักษณ์ของแรงเสียดทาน f กับแรงปฏิกิริยา N แทนกัน เพื่อที่จะให้แรงลัพธ์เป็นศูนย์ ตามเหตุผลในข้อนี้

คำถามข้อที่ 9 เป็นการกำหนดสถานการณ์ โดยให้เหรียญที่เล็กกว่าปากขวด วางทับบนกระดาษแข็งผิวมันที่วางบนปากขวด เมื่อใช้นิ้วดีด กระดาษให้เลื่อนไปในแนวระดับอย่างเร็ว เป็นผลให้เหรียญหล่นลงไปในขวดพอดี ปรากฏการณ์การหล่นของเหรียญนี้เป็นไปตามสมบัติข้อใดของเหรียญ คำตอบที่ถูกต้องคือ ความเฉื่อย เพราะว่า เหรียญต้องการรักษาสภาพการเคลื่อนที่ตามกฎการเคลื่อนข้อที่ 1 ของนิวตัน พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 32.78% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 23.75% และมีผู้ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

9.1 นักเรียนจำนวน 15.05% ตอบว่า เป็นการแสดงค่าความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง เพราะว่าเป็นการเคลื่อนที่ที่เกิดในช่วงเวลาสั้นๆ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมีสาเหตุ มาจากคำว่า ความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง ซึ่งหาได้จาก ความเร็วเฉลี่ยในช่วงเวลาสั้นๆ (Δt เข้าใกล้ศูนย์) โดยเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น กระดาษเคลื่อนที่อย่างเร็ว และเหรียญก็ตกลงในขวดในทันทีทันใด ช่วงเวลาสั้นมาก ทำให้นักเรียนคิดว่า เป็นการแสดงค่าความเร็วของเหรียญในช่วงเวลาสั้นๆ

9.2 นักเรียนจำนวน 14.38% ตอบว่า เป็นการแสดงค่าความเร่งของเหรียญ เพราะว่าวัตถุเคลื่อนที่จากจุดหยุดนิ่งลงในแนวดิ่ง ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมีสาเหตุมาจาก เรื่องการเคลื่อนที่อย่างอิสระในแนวดิ่งของวัตถุ โดยที่นักเรียนอาจคิดว่าหลังจากกระดาษถูกเลื่อนไปอย่างรวดเร็ว เหรียญจะต้องเคลื่อนที่ลงอย่างอิสระจากจุดหยุดนิ่งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

9.3 นักเรียนจำนวน 12.04% ตอบว่า เป็นการแสดงค่าความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง เพราะว่าเหรียญต้องการรักษาสภาพอยู่นิ่งตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน สำหรับข้อนี้ถ้าดูจากการให้เหตุผล และการเลือกตอบแล้ว จะไม่สอดคล้องกัน เนื่องจาก นักเรียนเลือกตอบว่า เป็นการแสดงค่าของความเร็วขณะใดขณะหนึ่งของวัตถุ ซึ่งเป็นผลจากการเคลื่อนที่ในช่วงเวลาสั้นๆ ส่วนการให้เหตุผลในการเลือก เพราะเหรียญต้องการรักษาสภาพนิ่ง ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน ซึ่ง ทั้งสองส่วน จัดอยู่กันคนละสภาวะการเคลื่อนที่ของวัตถุ อาจสรุปได้ว่า นักเรียนตอบคำถาม โดยการเดาคำตอบทั้งสองส่วน

9.4 นักเรียนจำนวน 11.04% ตอบว่า น้ำหนัก เพราะเหรียญต้องการรักษาสภาพอยู่นิ่งตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน สาเหตุของความคลาดเคลื่อน ในข้อนี้ นักเรียนอาจจะคิดว่า วัตถุทุกชนิดมีมวล นั่นคือต้องมีน้ำหนัก เมื่อวัตถุมีน้ำหนักมาก ก็ยิ่งรักษาสภาพนิ่งได้มาก (ทำให้เคลื่อนที่ได้ยาก)

มโนมติที่ 4 "มวล" ซึ่งวัดในข้อ 10,ข้อ 11

คำถามที่ 10 และข้อ11 ต้องการวัดมโนมติเกี่ยวกับมวลของวัตถุต่างๆ โดยคำถามข้อที่ 10 ถามว่า วัตถุบนโลกมีมวล 300 กิโลกรัม เมื่อถูกนำขึ้นไปบนดวงจันทร์ที่มีค่าสนามโน้มถ่วงเป็น 1/6 เท่าของบนพื้นโลก มวลของวัตถุนี้มีค่าเท่าไร

คำตอบที่ถูกต้อง คือ มวลของวัตถุมีค่าเป็น 300 กิโลกรัม เพราะว่า มวลเป็นปริมาณที่ใช้บอกสมบัติของวัตถุที่มีค่าคงที่เสมอ พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 17.40% ซึ่งใน จำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 13.38% และมีการตอบผิดในลักษณะต่างๆดังต่อไปนี้

10.1 นักเรียนจำนวน 34.45% ตอบว่า มีมวล 50 กิโลกรัม เพราะว่า บนดวงจันทร์มีค่าสนามโน้มถ่วงเป็น 1/6 เท่าของ พื้นโลก มวลจึงลดลงเป็น 1/6 ของบนพื้นโลกด้วย น่าจะมีสาเหตุมาจากนักเรียนมีความคลาดเคลื่อน ในมโนมติเกี่ยวกับมวลและน้ำหนักของวัตถุ โดยคิดว่าในเมื่อน้ำหนักสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตาม. ค่าสนามโน้มถ่วงของแต่ละตำแหน่ง มวลน่าจะมีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน

10.2 นักเรียนจำนวน 10.02% ตอบว่า มีมวล 490 กิโลกรัม เพราะว่า สนามโน้มถ่วงบนดวงจันทร์เป็น 1 ใน 6 เท่าบนพื้นโลก มวลของวัตถุจะลดลงเป็น 1 ใน 6 เท่าของผิวโลกด้วย

10.3 นักเรียนจำนวน 9.03% ตอบว่า มีมวล 490 กิโลกรัม เพราะว่า วัตถุมีมวลเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของสนามโน้มถ่วงในแต่ละตำแหน่ง

สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อ 10.2 และ 10.3 น่าจะมาจากมโนมติเรื่อง มวล หน่วยของมวล กับน้ำหนักและหน่วยของน้ำหนัก โดยนักเรียนคิดว่า มวลของวัตถุใดจะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของวัตถุนั้น ซึ่งเท่ากับ mg ถ้ามวล 300 กิโลกรัม จะมีน้ำหนัก = 300 x 9.8 = 2,940 กิโลกรัม เมื่ออยู่บนดวงจันทร์ ค่า g บนดวงจันทร์เปลี่ยนแปลงลดลงเป็น 1/6 เท่าของบนพื้นโลก ดังนั้น ค่า mg ที่ได้จึงมีค่าลดลงเป็น 2,960 x 1/6 = 490 กิโลกรัม

คำถามข้อ 11 ถามถึงค่าที่อ่านได้ 5 กิโลกรัมจากตาชั่งของพ่อค้าขายเนื้อหมู หมายถึงค่าอะไร (เมื่อกำหนดค่า g เท่ากับ 10 เมตร/วินาที^{2} คำตอบที่ถูกต้องคือ เนื้อหมูมีน้ำหนัก 50 นิวตัน เพราะว่า เป็นค่าของแรงปฏิกิริยาที่ตาชั่งกระทำต่อเนื้อหมู และมีขนาดเท่ากับแรงดึงดูดที่โลกส่งมากระทำต่อเนื้อหมู พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 9.03% ซึ่งในจำนวนนี้ผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 3.01 % เท่านั้น และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

11.1 นักเรียนจำนวน 20.74% ตอบว่า เนื้อหมูมีมวล 5 กิโลกรัม เพราะว่า เป็นค่าที่อ่านได้จากตาชั่ง เป็นค่าของมวล ซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลกรัม สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากการใช้ตาชั่ง เนื่องจากเป็นตาชั่งที่ใช้เพื่อการซื้อขายในชีวิตประจำวันซึ่ง จะซื้อขายกันในสเกลเป็นกิโลกรัม แต่หน่วยกิโลกรัม เป็นหน่วยของมวลตามมโนมติของมวล นักเรียนจึงตอบว่าตาชั่งที่อ่านได้เป็น 5 กิโลกรัม

11.2 นักเรียนจำนวน 19.40% ตอบว่า เนื้อหมูมีน้ำหนัก 5 กิโลกรัม เพราะว่า น้ำหนักมีหน่วยเป็นกิโลกรัม สาเหตุของความคลาดเคลื่อนน่าจะคล้ายๆ ข้อ 11.1 คือ การใช้ตาชั่งซื้อขายในชีวิตประจำวัน ใช้สเกลเป็นกิโลกรัม ซึ่งนักเรียนคิดว่า ตาชั่งใช้สำหรับชั่งน้ำหนักของวัตถุ ดังนั้นค่าที่อ่านได้นักเรียนอาจคิดว่าเป็นค่าของ น้ำหนักและอ่านในหน่วย กิโลกรัม

11.3 นักเรียนจำนวน 13.04% ตอบว่า เนื้อหมูมีมวล 50 นิวตัน เพราะว่า มวล 1 กิโลกรัม มีน้ำหนักประมาณ 50 นิวตัน สาเหตุของความคลาดเคลื่อนน่าจะเนื่องมาจาก นักเรียนยังไม่ชัดเจนในมโนมติของมวลและหน่วยของมวล กับน้ำหนักและหน่วยของน้ำหนัก ในข้อนี้นักเรียนรู้วิธีการหาค่าน้ำหนักของวัตถุเมื่อทราบค่ามวล โดยน้ำหนัก = มวล คูณ ด้วย ค่าความเร่งเนื่องจากสนามโน้มถ่วงของโลก ณ. จุดนั้น แต่เวลาตอบยังในรูปของมวลของวัตถุ และใช้หน่วยเป็น นิวตัน

11.4 นักเรียนจำนวน 11.37% ตอบว่าเนื้อหมูหนัก 5 กิโลกรัม เพราะว่า เป็นค่าของแรงปฏิกิริยาที่ตาชั่งกระทำต่อเนื้อหมู ซึ่งมีขนาดเท่ากับแรงดึงดูดของโลกกระทำต่อเนื้อหมู สาเหตุของความคลาดเคลื่อน น่าจะมาจากความสับสนของค่าที่อ่านได้ ในทางทฤษฎีและในชีวิตประจำวัน เพราะว่าเมื่อดูจากการให้เหตุผลนักเรียนมีความเข้าใจและตอบถูก แต่ในส่วนของคำตอบตอบตามสเกลของตาชั่งที่ใช้ในชีวิตประจำวัน

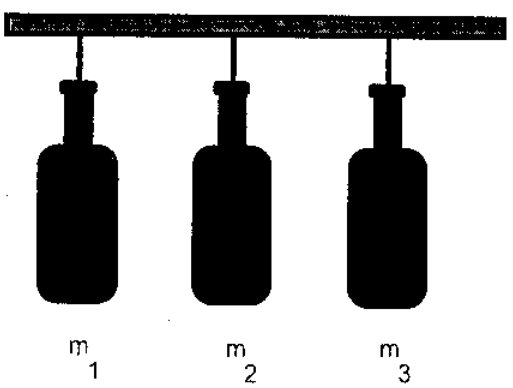
11.5 นักเรียนจำนวน 11.04% ตอบว่า เนื้อหมูมีมวล 50 นิวตัน เพราะว่า เป็นค่าของแรงปฏิกิริยาที่ตาชั่งกระทำต่อเนื้อหมู ซึ่งมีขนาดเท่ากับแรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อเนื้อหมู สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในที่นี้มาจากการอ่านค่าจากตาชั่ง เนื่องจากว่า เมื่อดูจากเหตุผลและหน่วยนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้อง แต่ในส่วนของคำตอบ นักเรียนอาจคิดว่าตาชั่งที่ใช้เป็นตาชั่งมวล ดังนั้น ค่าที่อ่านได้จึงน่าจะเป็นค่ามวลของวัตถุ

จากมโนมติที่ 4 เรื่อง มวล พบว่า นักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากที่สุด จำนวนร้อยละ 91.80 ของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งมีสาเหตุ โดยรวมพอสรุปได้ ดังนี้

1. นักเรียนยังไม่เข้าใจในมโนมติ เรื่อง มวล
2. นักเรียนมีความสับสนระหว่างมโนมติ ของ มวล กับ มโนมติของ น้ำหนัก ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน

ดังนั้นครูผู้สอน ควรจะเน้นย้ำ ให้นักเรียนได้ทราบ ดังนี้

1. สอนให้นักเรียนมีมโนมติ ในเรื่อง มวลให้ชัดเจน โดยเฉพาะ คำนิยามที่ว่า มวล เป็นสมบัติที่ต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งค่อนข้างจะเป็นนามธรรม นักเรียนเข้าใจยาก แต่ถ้าสามารถสาธิตการทดลองให้นักเรียนดู หรือให้นักเรียนลงมือทดลองเองได้ โดยอาจใช้ขวดขนาดเดียวกัน มีกระดาษหุ้มปิดมิดชิด 3 ใบ ใส่วัสดุลงในขวดให้ขวดทั้งสามใบมีมวลต่างกัน



แล้วแขวนขวดด้วยเชือก ดังรูป แล้วแกว่งขวดทั้งสามใบด้วยแรงที่เท่ากัน จากนั้นให้นักเรียนสังเกตจับเวลา ในการแกว่งของขวดแต่ละใบ ตั้งแต่เริ่มแกว่งจนหยุดนิ่ง ว่าขวดใบไหนจะใช้เวลาในการแกว่งมากน้อยต่างกัน จากนั้นจึงถามว่าขวดใบไหนควรจะมีมวลมากที่สุด ใบไหนควรมีมวลน้อยที่สุด เพื่อให้นักเรียนสรุปได้ว่า มวล เป็นปริมาณที่ใช้บอกความเฉื่อยในการเคลื่อนที่ของวัตถุนั่นเอง โดยขวดใบที่มีความเฉื่อยในการแกว่งมากที่สุด (ใช้เวลาในการแกว่งมาก) ก็จะมีมวลมากที่สุดด้วย ส่วนใบที่มีความเฉื่อยในการแกว่งน้อย(ใช้เวลาในการแกว่งน้อย) ก็จะมีมวลน้อย

และครูควรย้ำอีกว่า มวลของวัตถุก้อนหนึ่งๆ จะมีค่าคงที่เสมอ ไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนตำแหน่งไปอยู่ที่ไหน

2. ย้ำให้นักเรียนทราบถึงข้อแตกต่างระหว่างมวล กับ น้ำหนัก ในตำราเรียน กับที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อลดความสับสน โดยเน้นให้นักเรียนทราบว่า ที่พ่อค้าแม่ค้าใช้ชั่งซื้อขายกันในท้องตลาด จะอ่านเป็น กิโลกรัม เช่น แม่ค้าชั่งสินค้าอ่านได้ 5 กิโลกรัม นั้น สำหรับในวิชาฟิสิกส์จะเป็นค่าน้ำหนักของสินค้านั้น และจะอ่านเป็น 50 นิวตัน เพราะเป็นค่าของแรงปฏิกิริยาที่ตาชั่งกระทำต่อตัวสินค้านั้น ซึ่งมีขนาดเท่ากับ ขนาดของแรงดึงดูดที่โลกส่งมากระทำต่อตัวสินค้า หรือมีขนาดเท่ากับน้ำหนักของสินค้านั้น นั่นเอง

มโนมติที่ 5 "ความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับแรงลัพธ์ที่มากระทำต่อวัตถุ เมื่อมวลคงที่" ซึ่งวัดในข้อ 12 และ ข้อ 13

คำถามในข้อ 12 และ 13 ต้องการวัดมโนมติแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลความเร่งและแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้ โดยคำถามข้อ 12 ถามว่าเมื่อวัตถุมวลคงที่ m ถูกกระทำด้วยแรงลัพธ์ขนาดเป็น F ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง a ในทิศของแรงลัพธ์ F ความเร่ง a ที่เกิดขึ้นจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณใด

คำตอบที่ถูกต้องคือ ขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุนั้น เพราะว่า ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันนั้นกล่าวว่า "เมื่อวัตถุมวลคงที่ มีแรงลัพธ์มากระทำมีค่ามากกว่าศูนย์แล้ววัตถุนั้นจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งตามทิศของแรงลัพธ์ที่มากระทำนั้น ขนาดของความเร่งจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดแรงลัพธ์ที่มากระทำ" พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 48.14% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 28.43% และมีผู้ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

12.1 นักเรียนจำนวน 16.39% ตอบว่า มวลของวัตถุนั้น เพราะว่า ความเร่งของวัตถุจะแปรผันตรงกับมวลวัตถุนั้น ตามกฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 2 ของนิวตัน สาเหตุความคลาดเคลื่อนน่าจะมาจากนักเรียนไม่ทราบรายละเอียดของมโนมติของกฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 2 ของนิวตัน เพียงแต่รับรู้ใจความโดยย่อว่า $\Sigma F = ma$ แต่อาจไม่เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่าง F,m และ a ตามสมการ $\Sigma F = ma$

12.2 นักเรียนจำนวน 10.71% ตอบว่า ขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุนั้น เพราะว่า ทิศทางสามารถบอกลักษณะของความเร่งได้ เช่น ถ้าวัตถุเคลื่อนที่อย่างอิสระในแนวดิ่ง จะมีความเร่งคงที่เสมอ เท่ากับความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากสาเหตุคล้ายๆ กับข้อ 12.1 คือ นักเรียนอาจไม่ทราบรายละเอียดของมโนมติ

ของกฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 2 ของนิวตัน รู้ใจความโดยย่อว่า $\Sigma F = ma$ เลยตอบว่าขนาดของแรงลัพธ์ ส่วนการให้เหตุผลนั้น เนื่องจากนักเรียนอาจคิดเฉพาะการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งจาก การตกอย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ความเร่งจะมีทิศดิ่งลง มีขนาดคงที่ ณ.บริเวณหนึ่งๆ ทำให้คิดว่า แรงลัพธ์ คือ แรงโน้มถ่วงของโลก และมีค่าคงที่ ในบริเวณนั้นๆด้วย

12.3 นักเรียนจำนวน 10.37% ตอบว่า ทิศทางของแรงที่กระทำต่อวัตถุ เพราะทิศทางสามารถบอกลักษณะของความเร่งได้ เช่น ถ้าวัตถุเคลื่อนที่อย่างอิสระในแนวดิ่ง จะมีความเร่งคงที่เสมอ เท่ากับความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก สาเหตุของความคลาดเคลื่อนข้อนี้น่าจะเหมือนกับการให้เหตุผลในข้อ 12.2

คำถามข้อ 13 ถามว่า เมื่อดึงมวล 25 กิโลกรัมขึ้นในแนวดิ่งด้วยเชือกที่ทนต่อแรงดึงได้สูงสุด 375 นิวตัน ทำให้มวลเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง 5 m/s^2 ทำอย่างไร จึงจะทำให้มวลนี้เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่งมากขึ้นได้ คำตอบที่ถูกต้องคือ เปลี่ยนเชือกให้ทนแรงดึงมากกว่า 375 นิวตัน แล้วออกแรงดึงเพิ่มขึ้น เพราะว่า เมื่อต้องการความเร่งสูงขึ้น แรงลัพธ์ต้องมากขึ้นด้วย จึงต้องเปลี่ยนเชือกที่ทนต่อแรงดึงที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้อง จำนวน 51.51% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 36.45% และมีผู้ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

13.1 นักเรียนจำนวน 15.72% ตอบว่า ออกแรงดึงมากกว่า 375 นิวตัน เพราะว่า ถ้าออกแรงดึงมากขึ้นวัตถุจะมีความเร่งมากขึ้น สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนขาดความรอบคอบในการพิจารณาและตีความ แม้ว่านักเรียนจะทราบมโนมติในข้อนี้ และทราบความสัมพันธ์ระหว่าง F,m และ a ก็ตาม แต่สถานการณ์ กำหนดความตึงสูงสุดของเชือกมาให้ ซึ่งนักเรียนไม่ได้นำมาพิจารณา

13.2 นักเรียนจำนวน 11.04% ตอบว่า ออกแรงดึงเชือกด้วยค่าคงที่ เพื่อให้ขนาดของแรงลัพธ์มีค่าเท่ากับศูนย์ เพราะว่า เมื่อแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ วัตถุจะมีความเร่งมากขึ้น สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนอาจสับสน ระหว่างมโนมติของกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 และข้อที่ 2 ของนิวตัน แทนที่จะเป็นว่า เมื่อแรงลัพธ์มีค่ามากกว่าศูนย์มากระทำต่อวัตถุแล้ว วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งไปตามทิศของแรงลัพธ์นั้น กลายเป็นว่า เมื่อแรงลัพธ์ที่มีค่าเท่ากับศูนย์ มากระทำต่อวัตถุแล้ว จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งแทน

มโนมติที่ 6 "เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับมวลของวัตถุ เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำมีค่าคงที่" ซึ่งวัดในข้อ 14 และข้อ 15

คำถามในข้อ 14 และข้อ 15 ต้องการวัดมโนมติเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร่งกับมวลของวัตถุ เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำมีค่าคงที่ โดยคำถามข้อ 14 เป็นการศึกษาข้อมูลจากการทดลองใช้แถบกระดาษดึงวัตถุ 4 ก้อน คือ วัตถุ A, B, C และ D ตามลำดับ โดยใช้แรงดึงขนาดต่างๆ กัน และคำนวณหาความเร็วและความเร่งของวัตถุตามลำดับ จากนั้นนำข้อมูลของแรงและความเร่งของวัตถุแต่ละก้อนมาเขียนกราฟ แล้วถามว่า จากกราฟวัตถุก้อนใดมีมวลมากที่สุด คำตอบที่ถูกต้อง คือ วัตถุ A เพราะว่า เส้นกราฟระหว่างแรงและความเร่งของวัตถุ A มีค่าความชันมากที่สุด โดยที่ความชันของกราฟในที่นี้ คือ มวลของวัตถุ พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 55.86% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 21.41% และมีผู้ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

14.1 นักเรียนจำนวน 29.10% ตอบว่า วัตถุ D เพราะว่า เส้นกราฟของวัตถุ D มีความชันน้อยที่สุด โดยความชันของกราฟ คือ ส่วนกลับของมวล เมื่อความชันน้อยที่สุด มวลจะต้องมากที่สุด ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมาจากสาเหตุนักเรียนอาจเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่าง F, m และ a ในรูปของ $\sum F = \frac{m}{a}$ จากกราฟระหว่าง F และ a ความชันของกราฟ คือ $\frac{1}{m}$ เมื่อกราฟของวัตถุ D มีความชันน้อยที่สุด มวลของวัตถุ D จึงมีค่ามากที่สุด

14.2 นักเรียนจำนวน 14.72% ตอบว่า วัตถุ A เพราะว่า เมื่อใช้แรงดึงมาก แสดงว่าวัตถุมีมวลมากเสมอ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมีสาเหตุมาจากนักเรียนดูผลจากกราฟที่โจทย์กำหนด โดยกราฟของวัตถุ A ถูกแรงกระทำมีค่ามากที่สุด เมื่อเทียบกับกราฟของวัตถุอื่นๆ ที่ระดับความเร่งเท่ากัน จึงสรุปว่า วัตถุ A มีมวลมากที่สุด อาจจะคิดว่า ในชีวิตประจำวัน วัตถุใดที่มีมวลมาก ต้องใช้แรงดึงหรือผลักมาก จึงจะทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ได้ และยิ่งถ้าต้องการให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร่งแล้ว ยิ่งต้องใช้ แรงเพิ่มขึ้นอีก

14.3 นักเรียนจำนวน 13.37% ตอบว่า วัตถุ A เพราะว่า จากกราฟ วัตถุ A มีความเร่งน้อยที่สุด แสดงว่าวัตถุต้องมีมวลมากที่สุด ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจาก นักเรียนสามารถใช้ความสัมพันธ์ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ที่ว่า "เมื่อแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุมีค่ามากกว่าศูนย์ ขนาดของความเร่งของวัตถุ จะแปรผกผันกับมวลของวัตถุนั้น " จากนั้นนักเรียนใช้ข้อมูลที่อ่านจากกราฟมาตอบคำถาม เมื่อ ขนาดของแรงที่เท่ากัน ความเร่งของวัตถุ A จะมีค่าน้อยที่สุด ดังนั้นวัตถุ A จึงมีมวลมากที่สุด

คำถามข้อ 15 กำหนดเป็นกราฟความเร็ว - เวลา ของวัตถุ 4 ก้อน A,B ,C และ D โดยที่ใช้แรงขนาดเท่ากัน กระทำในทิศทางเดียวกัน แล้วถามว่าวัตถุก้อนใด มีมวลน้อยที่สุด คำตอบที่

ถูกต้องคือ วัตถุ A เพราะว่า วัตถุมีความเร่งสูงสุด และความเร่งของวัตถุจะแปรผกผันกับมวลของวัตถุ เมื่อแรงลัพธ์ที่มากระทำมีค่าคงที่ พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 64.22% ซึ่งในจำนวนนี้ มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 19.06% และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

15.1 นักเรียนจำนวน 18.74% ตอบว่า วัตถุ A เพราะว่า ใช้เวลาในการดึงน้อยที่สุด ซึ่งเวลาที่ใช้จะแปรผันตรงกับมวลของวัตถุนั้น

15.2 นักเรียนจำนวน 17.06% ตอบว่า วัตถุ A เพราะว่า วัตถุมีความเร็วสูงในช่วงเวลาสั้นๆ

ความคลาดเคลื่อนในข้อ 15.1 และ 15.2 น่าจะมาจากนักเรียนไม่ทราบมโนมติเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับมวลของวัตถุ เมื่อแรงลัพธ์ที่มากระทำมีค่าคงที่ แล้วตอบคำถามโดยใช้สามัญสำนึกที่ว่าวัตถุที่มีมวลน้อย เมื่อถูกแรงภายนอกมากระทำวัตถุจะมีความเร็วสูงได้ในช่วงเวลาสั้นๆ

15.3 นักเรียนจำนวน 16.39% ตอบว่า วัตถุ D เพราะว่า วัตถุมีความเร่งสูงสุด ซึ่งความเร่งของวัตถุจะแปรผกผันกับมวลของวัตถุ เมื่อแรงลัพธ์มากระทำมีค่าคงที่ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้อาจจะเป็นเพราะนักเรียน มีมโนมติเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับมวลของวัตถุเมื่อแรงลัพธ์มากระทำมีค่ามากกว่าศูนย์ แต่ไม่สามารถแปลข้อมูลจากกราฟ ความเร็ว - เวลา เพื่อหาความเร่งของวัตถุในข้อนี้ได้

มโนมติที่ 7 "เมื่อแรงลัพธ์ที่มีขนาดไม่เท่ากับศูนย์ มากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ในทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำ" ซึ่งวัดในข้อ 16 - 18

คำถามในข้อ 16 - 18 เป็นการกำหนดสถานการณ์ ที่แรงลัพธ์ มากระทำต่อวัตถุที่มีค่ามากกว่าศูนย์ แล้วถามผลที่เกิดขึ้นกับวัตถุ โดยคำถามข้อ 16 สถานการณ์กำหนดว่า เมื่อรถกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ แล้วมีแรงลัพธ์ขนาดคงที่ กระทำในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของรถ ผลจะเป็นอย่างไร คำตอบที่ถูกต้อง คือ รถมีความเร็วลดลง ด้วยความเร่งคงที่ เพราะว่า เมื่อแรงลัพธ์มีขนาดคงที่ ต้านการเคลื่อนที่ของรถ รถจะมีความเร่งขนาดคงตัวในทิศทางตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ ดังนั้น รถจะเคลื่อนที่ช้าลงด้วยความเร่งคงที่ พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 57.20% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 43.48 % และมีผู้ที่เลือกคำตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

16.1 นักเรียนจำนวน 14.72% ตอบว่า รถมีความเร็วเป็นศูนย์ เพราะว่า แรงต้านการเคลื่อนที่ จะหักล้างกับการเคลื่อนที่ของรถ ทำให้แรงลัพธ์เป็นศูนย์ นั้นคือ นักเรียนอาจคิดว่ารถจะหยุดนิ่ง หรือมีความเร็วเป็นศูนย์ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมีสาเหตุมาจาก คำว่า

"แรงลัพธ์เป็นศูนย์" แสดงว่า ไม่มีแรงใดๆ มาฉุดรถให้เคลื่อนที่ นั้นคือ นักเรียนอาจคิดว่า รถไม่ได้เคลื่อนที่ ความเร็วของรถต้องเป็นศูนย์

คำถามข้อ 17 เป็นการกำหนดสถานการณ์ การเคลื่อนที่ของวัตถุมาให้ แล้วถามว่าสถานการณ์เหล่านี้ว่า สถานการณ์ใดที่แรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ คำตอบที่ถูกต้องคือ เพื่อรักษาให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว เพราะว่า วัตถุจะมีความเร็วเท่าเดิมในทิศทางเดิมได้ก็ต่อเมื่อ แรงลัพธ์ที่มากระทำต่อวัตถุนั้นมีค่าเป็นศูนย์ พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 34.46% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 16.39% และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

17.1 นักเรียนจำนวน 19.06% ตอบว่า เพื่อรักษาให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว เพราะว่า เมื่อวัตถุมีอัตราเร็วคงตัว แสดงว่า แรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้เนื่องมาจาก นักเรียนอาจคิดเฉพาะการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงอย่างเดียว เพราะว่า กรณีการเคลื่อนที่ในแนวตรง เมื่อไม่มีการเปลี่ยนทิศทาง ขนาดของความเร็ว กับอัตราเร็ว มีค่าเท่ากันได้ อาจใช้ขนาดแทนกันได้ แต่ถ้าเป็นกรณีการเคลื่อนที่ในแนวอื่น อัตราเร็วคงตัว ไม่จำเป็นว่าแรงลัพธ์ที่มากระทำต่อวัตถุจะมีค่าเป็นศูนย์เสมอไป

17.2 นักเรียนจำนวน 10.37% ตอบว่า เพื่อเปลี่ยนวัตถุจากหยุดนิ่งให้เคลื่อนที่ เพราะว่า เมื่อต้องการให้วัตถุเคลื่อนที่ต้องใช้แรงลัพธ์มากกว่าศูนย์ แต่ถ้าต้องการให้วัตถุที่เคลื่อนที่นั้นหยุดนิ่ง ต้องใช้แรงลัพธ์เท่ากับศูนย์กระทำต่อวัตถุนั้น ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะเนื่องจากนักเรียนใช้ความรู้สึก และใช้เหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน เป็นเกณฑ์ตัดสิน โดยอาจคิดว่า ถ้าเดิมวัตถุอยู่นิ่ง ต้องใช้แรงลัพธ์มากกว่าศูนย์วัตถุจึงจะเคลื่อนที่ แต่ถ้าต้องการให้วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่หยุดนิ่ง ก็ควรจะลดแรงฉุดลง ให้แรงลัพธ์เท่ากับศูนย์ (แรงฉุดเท่ากับแรงต้าน)

คำถามข้อ 18 เป็นการกำหนดสถานการณ์โดยใช้แรงฉุดขนาด 150 นิวตัน กระทำต่อวัตถุมวล m ในขณะเกิดแรงเสียดทานที่ผิวสัมผัสระหว่างวัตถุกับพื้น เป็น 100 นิวตัน แล้วถามผลที่เกิดขึ้นกับวัตถุ คำถามที่ถูกต้อง คือ วัตถุจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งตามทิศของแรงลัพธ์ เพราะว่าแรงฉุด(F)มีค่ามากกว่าแรงต้าน(f) แรงลัพธ์มีค่ามากกว่าศูนย์ กระทำต่อวัตถุ วัตถุจึงเคลื่อนที่ตามทิศของแรงลัพธ์ด้วยความเร่งคงตัว พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 31.43% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 22.40% และมีผู้ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

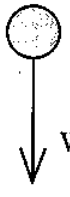
18.1 นักเรียนจำนวน 33.11% ตอบว่า วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว ตามทิศของแรงฉุด (F) เพราะว่า แรงฉุด(F) มีค่ามากกว่าแรงต้าน (f) แรงลัพธ์จึงมีค่ามากกว่าศูนย์ ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวตามทิศของแรงฉุด (F) ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้เนื่องจากนักเรียนอาจจะสับสนกับมโนมติที่ 1 ที่มีใจความว่า"วัตถุจะรักษาสภาพหยุดนิ่ง หรือสภาพการ

เคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นตรง นอกจากจะมีแรงลัพธ์ที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์มากระทำ " นักเรียนอาจจะแปลความหมายว่า เมื่อมีแรงลัพธ์มีค่ามากกว่าศูนย์มากระทำต่อวัตถุเมื่อไรแล้ว วัตถุจะรักษาสภาพหยุดนิ่งหรืออาจเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวในแนวเส้นตรง

18.2 นักเรียนจำนวน 15.05% ตอบว่า วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วลดลงเรื่อยๆ จนหยุดนิ่ง เพราะว่า ผลจากที่ผิวสัมผัสมีแรงเสียดทานกระทำ ในลักษณะที่ต้านการเคลื่อนที่ตลอดเวลา จึงทำให้ ความเร็วของวัตถุลดลงเรื่อยๆ จนหยุดนิ่ง ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมาจากคำว่า แรงเสียดทาน ซึ่งเป็นแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุตลอดเวลา ดังนั้น ถ้าพื้นผิวสัมผัสคู่ใดก็ตาม ที่มีแรงเสียดทานแล้ว นักเรียนอาจคิดว่า จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ช้าลงเรื่อยๆ จนหยุดนิ่ง โดยไม่คำนึงถึงแรงอุดอื่นใด

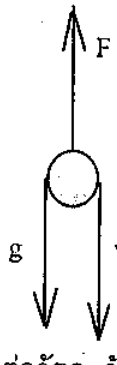
มโนมติที่ 8 "น้ำหนักของวัตถุ" ซึ่งวัดในข้อ 19 และข้อ 20

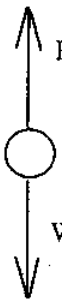
คำถามในข้อ 19 ข้อ 20 เป็นการวัดมโนมติของน้ำหนักของวัตถุ โดยคำถามข้อ 19 เป็นการกำหนดว่า ขณะก้อนหินหนัก w ถูกขว้างขึ้นไปในแนวดิ่ง ด้วยแรง F ถามว่า เมื่อก้อนหินขึ้นไปได้สูง 20 เมตร จะมีแรงกระทำต่อวัตถุตามรูปใด คำตอบที่ถูกต้อง รูป ง.



เพราะว่า ก้อนหินเคลื่อนที่อย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก จึงมีแรงดึงดูดของโลกหรือแรงเนื่องจากน้ำหนักกระทำเพียงแรงเดียว พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 14.39% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้อง จำนวน 5.69% และมีผู้ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

19.1 นักเรียนจำนวน 47.49% ตอบว่ารูป ค. เพราะว่า ก้อนหินถูกขว้างขึ้นไป และก้อนหินอยู่ในสนามโน้มถ่วงของโลกอีกด้วย จึงมีแรงเนื่องจากการขว้าง F แรงดึงดูดของโลก W และสนามโน้มถ่วงของโลก g กระทำอีกด้วย ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจาก นักเรียนไม่มีมโนมติเกี่ยวกับการเคลื่อนอย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก โดยที่นักเรียนอาจคิดว่า การที่วัตถุถูกขว้างขึ้นไปข้างบนในแนวดิ่ง แสดงว่าต้องมีแรงกระทำในทิศขึ้นตลอดเวลา ซึ่งจริงแล้ววัตถุขึ้นไปด้วยความเฉื่อยของมวลของวัตถุ และสนามโน้มถ่วงของโลก ก็ไม่ใช่แรงที่กระทำต่อวัตถุ ดังนั้น จึงมีแรงกระทำต่อวัตถุเพียงแรงเดียวคือ แรงที่โลกส่งลงมาดึงดูดวัตถุนั้นเท่านั้น



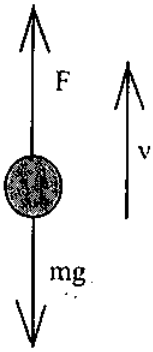


19.2 นักเรียนจำนวน 14.38% ตอบว่ารูป ก. เพราะว่า ก้อนหินถูกขว้างขึ้นไป จึงมีแรงที่เกิดจากการขว้างกระทำ และเป็นการเคลื่อนภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก จึงมีแรงดึงดูดของโลกกระทำอีกแรงหนึ่ง ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมีสาเหตุคล้ายๆกับข้อ 19.1 โดยที่วัตถุเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก และวัตถุถูกขว้างขึ้นในแนวดิ่ง อาจทำให้นักเรียนคิดว่า ต้องมีแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำในทิศลงในแนวดิ่ง และจะต้องมีแรงเนื่องจากการขว้าง กระทำต่อวัตถุตลอดเวลา

คำถามข้อ 20 เป็นการศึกษามโนมติเกี่ยวกับความหมายของน้ำหนักของวัตถุบนโลก คำตอบที่ถูกต้องคือ แรงที่โลกดึงดูดวัตถุ เพราะว่า เป็นแรงที่โลกส่งมากระทำต่อวัตถุต่างๆ ที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงของโลก พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบได้ถูกต้องจำนวน 54.19% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 38.14% และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

20.1 นักเรียนจำนวน 16.05 % ตอบว่า เป็นผลคูณระหว่างมวลและความเร่ง เพราะว่าเป็นค่าของแรงที่หาได้จาก ผลคูณของมวล ของวัตถุนั้น กับความเร่งคงตัวที่ใช้ในการเคลื่อนที่ขณะนั้น ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมีสาเหตุมาจากนักเรียนอาจสับสนกับมโนมติของแรง ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ที่สมการเขียนว่า $\Sigma F = ma$ ซึ่งเป็นแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุแล้วจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ในทิศของแรงลัพธ์ ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวใดๆ ก็ได้ แต่น้ำหนักของวัตถุเป็นแรงที่โลกกระทำต่อวัตถุ และมีทิศลงในแนวดิ่ง เข้าหาจุดศูนย์กลางของโลก ดังนั้นความเร่ง จะเป็นความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงองโลก ณ. ตำแหน่งนั้น

20.2 นักเรียน จำนวน 11.37% ตอบว่า แรงที่โลกดึงดูดวัตถุ เพราะว่า เป็นแรงที่พยายามจะทำให้วัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลตลอดเวลา โดยมีทิศทางต้านการเคลื่อนที่ เพื่อให้แรงลัพธ์เป็นศูนย์ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะเนื่องมาจาก จากการศึกษาการเคลื่อนที่ขึ้นในแนวดิ่งด้วยแรงฉุด F โดยมีความเร็วคงตัว ซึ่งสามารถ แสดงได้ดังรูป



จากการที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว แสดงว่า แรงลัพธ์มีค่าเป็นศูนย์ และค่า mg จะมีทิศตรงข้ามกับแรงดึง F อาจทำให้นักเรียนคิดว่า แรง mg คือแรงที่จะต้านการเคลื่อนที่เพื่อทำให้วัตถุอยู่ในสภาวะสมดุลตลอดเวลา

มโนมติที่ 9 "วัตถุก้อนเดียวกัน น้ำหนักของวัตถุจะเปลี่ยนไปตามค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ในแต่ละบริเวณ " ซึ่งวัดในข้อ 21, 22

คำถามข้อ 21,22 ต้องการวัดมโนมติเกี่ยวกับการหาค่า และการเปลี่ยนค่าน้ำหนักของวัตถุก้อนหนึ่ง เมื่อทำการวัดค่าน้ำหนักในแต่ละบริเวณ โดยถามข้อ 21 เป็นการศึกษามโนมติของน้ำหนัก การหาค่าน้ำหนักของวัตถุ ณ.บริเวณบนพื้นโลก ที่มีความเร่งเนื่องจากสนามโน้มถ่วงเป็น g ซึ่งคำถามกำหนดเป็นข้อความให้เลือก แล้วถามว่า ข้อความในข้อใดไม่ถูกต้อง คำตอบที่เป็นข้อความไม่ถูกต้อง คือ ถ้าแรงกระทำต่อวัตถุหนึ่ง ทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ด้วย ความเร่งขนาด เท่ากับขนาดของความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกแล้ว แรงนั้น คือ แรงดึงดูดที่โลกกระทำต่อวัตถุหรือน้ำหนักของวัตถุนั้น เพราะว่า น้ำหนักของวัตถุ ณ.ตำแหน่งใดๆ หาได้จากผลคูณระหว่างมวลของวัตถุและค่าของสนามโน้มถ่วงของโลก (g) ณ. ตำแหน่งนั้น พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้อง จำนวน 23.74 % ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 9.36% และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

21.1 นักเรียนจำนวน 33.78 % ตอบว่า ข้อความที่ไม่ถูกต้องคือ น้ำหนัก เป็นปริมาณเวคเตอร์ มีหน่วยเป็น นิวตัน เพราะว่า น้ำหนักเป็นปริมาณสเกลาร์ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนมีความสับสน ในการใช้ปริมาณทางฟิสิกส์ ในบทเรียน กับในชีวิตประจำวัน เนื่องจากว่าในชีวิตประจำวัน ใช้ตาชั่งซื้อขายกันในรูปของตาชั่งมวล อ่านเป็น กิโลกรัม ซึ่งจะเป็นปริมาณ สเกลาร์ ทำให้นักเรียนเข้าใจว่า น้ำหนัก ต้องเป็นปริมาณสเกลาร์ และมีหน่วยเป็นกิโลกรัม

21.2 นักเรียนจำนวน 13.71 % ตอบว่า ข้อความที่ไม่ถูกต้อง คือ น้ำหนัก เป็นปริมาณเวคเตอร์ มีหน่วยเป็น นิวตัน เพราะว่า น้ำหนักของวัตถุก้อนหนึ่งๆ จะมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ตามค่ามวลของวัตถุก้อนนั้น และความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ณ ตำแหน่งนั้นๆ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมีสาเหตุประการแรก คือ นักเรียนตอบคำถามแบบเดาสุ่ม เนื่องจากคำตอบที่เลือก กับเหตุที่เลือกคำตอบ ไม่สอดคล้องกัน สาเหตุประการที่สอง น่าจะมาจาก นักเรียนอาจสับสนระหว่าง มโนมติของมวล และมโนมติของน้ำหนัก กับปริมาณทางฟิสิกส์ โดยในส่วนของคำตอบ นักเรียน ตอบว่า น้ำหนัก เป็น ปริมาณเวคเตอร์ มีหน่วยเป็น นิวตัน เป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และในส่วนของเหตุผลที่เลือกตอบ นักเรียนยังมีความคลาดเคลื่อนในมโนมติของมวล โดยคิดว่าค่ามวลของวัตถุก้อนหนึ่งๆเปลี่ยนแปลงค่าได้

คำถามข้อ 22 เป็นสถานการณ์การทดลอง โดยการนำวัตถุก้อนหนึ่ง ไปชั่งที่ตำแหน่งต่างๆ คือ ที่ผิวโลก ใต้ดิน และยอดภูเขา แล้วพบว่า มีน้ำหนักไม่เท่ากัน ถามว่าเป็นการทดลองเพื่อหาคำตอบในเรื่องใด คำตอบที่ถูกต้องคือ วัตถุที่มีน้ำหนักได้หลายค่า เพราะว่า น้ำหนักของ

วัตถุก้อนหนึ่งๆ จะแปรค่าไปตามค่าของสนามโน้มถ่วงของโลก ในแต่ละบริเวณ จึงมีได้หลายค่า พบว่า มี นักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 61.54 % ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 16.05 % และมีผู้ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

22.1 นักเรียนจำนวน 34.78 % ตอบว่า วัตถุมีน้ำหนักได้หลายค่า เพราะว่า น้ำหนักของวัตถุก้อนหนึ่งๆ จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับมวลและค่าสนามโน้มถ่วงของโลก โดยที่ปริมาณทั้งสองจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละบริเวณ จึงมีได้หลายค่า ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมาจากนักเรียนมีมโนมติในการหาค่าน้ำหนัก ของวัตถุในแต่ละบริเวณได้ว่า มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลกับค่าสนามโน้มถ่วงของโลก แต่ไม่มี มโนมติเกี่ยวกับมวล โดยที่คิดว่าค่าของมวลของวัตถุก้อนหนึ่งๆ จะเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละบริเวณ เช่นเดียวกับค่าสนามโน้มถ่วงของโลก

22.2 นักเรียนจำนวน 9.37% และ 7.69% ตามลำดับ ตอบว่า ณ. ยอดภูเขาวัตถุจะมีน้ำหนักน้อยที่สุด เพราะว่า ที่ผิวโลก จะอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกน้อยกว่าบริเวณบนยอดภูเขา ดังนั้นบริเวณผิวโลกวัตถุจะมีน้ำหนักมากกว่าบนยอดภูเขา และเพราะว่า ในกรณีของวัตถุของวัตถุ บนโลก น้ำหนักของวัตถุก้อนหนึ่งๆ จะแปรไปตามค่าของสนามโน้มถ่วงของโลกในแต่ละบริเวณ จึงมีได้หลายค่า เป็นเหตุผล ที่สองของคำตอบ ตามลำดับ ซึ่งถ้าดูจากการเลือกคำตอบและการให้เหตุผลแล้วสรุปได้ว่า นักเรียนมีมโนมติ เกี่ยวกับการเปลี่ยนค่าน้ำหนักของวัตถุ ในบริเวณต่างๆ เพียงแต่อาจจะอ่านคำถามไม่ละเอียดครบถ้วน หรือไม่เข้าใจจุดประสงค์ของคำถามที่โจทย์ถาม

มโนมติที่ 10 "วัตถุต่างๆ ที่อยู่บนโลก หรือดาวเคราะห์ต่างๆ ในเอกภพ จะออกแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน" ซึ่งวัดในข้อ 23

คำถามข้อ 23 เป็นการศึกษาแรงดึงดูดของโลกของโลกกระทำต่อวัตถุ เปรียบเทียบกับเมื่อวัตถุก้อนเดียวกันถูกนำไว้บนดวงจันทร์ จะถูกแรงดึงดูดของดวงจันทร์กระทำเป็นอย่างไร

คำตอบที่ถูกต้อง คือ เปลี่ยนแปลงลดลงเป็น $\frac{1}{6}$ เท่าของที่ผิวโลก เพราะว่า สนามโน้มถ่วงบนผิวดวงจันทร์มีค่าลดลงเป็น $\frac{1}{6}$ เท่าของบนผิวโลก พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 75.93 % ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 67.23 % และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆดังต่อไปนี้

23.1 นักเรียนจำนวน 7.03 % ตอบว่า เปลี่ยนแปลงลดลง เป็น $\frac{1}{6}$ เท่าของที่ผิวโลก เพราะว่า ความเร่งของการเคลื่อนที่จะแปรผันกับมวล เมื่อค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงบนดวงจันทร์ลดลง เป็น $\frac{1}{6}$ เท่า ของที่ผิวโลก ดังนั้นมวลของวัตถุจะต้องเพิ่มขึ้นเป็น 6 เท่า น้ำหนักก็จะเพิ่มขึ้นเป็น 6 เท่าด้วย ถ้าดูจากการให้คำตอบและเหตุผล จะไม่สอดคล้องกัน อาจสรุปได้ว่าประการแรก นักเรียนเดาสุ่มคำตอบ ประการที่สอง ถ้าดูจากการให้เหตุผลอาจบอกได้ว่านักเรียนมีความคลาดเคลื่อนในเรื่องความเร่งในการเคลื่อนที่ เนื่องจากมีแรงลัพธ์มากระทำต่อวัตถุมีค่ามากกว่าศูนย์ กับความเร่งเนื่องจากสนามโน้มถ่วงของโลก

มโนมติที่ 11 "แรงดึงดูดระหว่างมวลของวัตถุ" ซึ่งวัดในข้อ 24 และ ข้อ 25

คำถามข้อ 24,ข้อ 25 ต้องการวัดมโนมติเกี่ยวกับแรงดึงดูดระหว่างมวล และกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของวัตถุ โดยคำถามข้อ 24 จะกำหนดสถานการณ์ให้นาย ก มีมวล 2 เท่าของนางสาว ข. เมื่อบุคคลทั้งสองนั่งใกล้กัน นาย ก. ส่งแรงดึงดูด ต่อ นางสาว ข. ถามว่า นางสาว ข. จะส่งแรงดึงดูดต่อนาย ก. ในลักษณะใด คำตอบที่ถูกต้องคือ ดึงดูดด้วยแรงที่เท่ากัน เพราะว่าแรงดึงดูดระหว่างมวลเป็นแรงคู่กิริยากัน จึงมีขนาดเท่ากัน พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 39.80 % ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 3478 % และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

24.1 นักเรียนจำนวน 22.41 % ตอบว่า ดึงดูดด้วยแรงที่น้อยกว่า แรงดึงดูดจาก นาย ก. เป็น 2 เท่า เพราะว่า นางสาว ข.มีมวลน้อยกว่า จึงส่งแรงดึงดูดได้น้อยกว่า ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจาก สาเหตุที่นักเรียนมีมโนมติเรื่อง แรงดึงดูด ระหว่างมวลไม่ครบถ้วน คือ เพียงแต่ทราบว่า แรงดึงดูดระหว่างมวลเป็นปฏิภาคโดยตรงกับมวลทั้งสอง และเป็นปฏิภาคผกผันกับระยะทางกำลังสอง ทำให้นักเรียนไม่ชัดเจนอาจคิดว่า ถ้ามีมวลมากควรจะมีแรงดึงดูดมาก และมีมวลน้อย ก็ควรจะมีแรงดึงดูดน้อยด้วย โดยที่มโนมติที่ชัดเจนนั้นมีอยู่ว่า วัตถุทั้งหลายในเอกภพจะออกแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน โดยที่ขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวลของวัตถุทั้งสอง และแปรผันตรงกับผลคูณระหว่างมวลของวัตถุทั้งสอง และจะแปรผกผันกับกำลังสองของระยะทางระหว่างวัตถุทั้งสองนั้น

24.2 นักเรียนจำนวน 11.38 % ตอบว่า นางสาว ข. จะส่งแรงดึงดูดนาย ก. ด้วยแรงที่มากกว่าแรงดึงดูดจากนาย ก.เป็น 2 เท่า เพราะว่า นางสาว ข.มีมวลน้อยกว่า จึงต้องส่งแรงดึงดูดออกไปมากกว่า เพื่อให้เกิดความสมดุลของแรง ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมีสาเหตุคล้ายๆ