กับข้อ 24.1 คือ นักเรียนอาจจะไม่ชัดเจนในมโนมติของแรงดึงดูดระหว่างมวล แล้วนำมารวมกับเรื่อง สมดุลของแรง โดยที่นักเรียนอาจคิดว่า แรงดึงดูดระหว่างมวลของทั้งสองคนต้องสมดุลกัน โดยมวลก้อนใดมีค่าน้อย จะต้องออกแรงดึงดูดมาก จึงจะสมดุลกับแรงจากมวลก้อนที่มีขนาดใหญ่ทั้งๆ ที่แรงดังกล่าวเป็นแรงที่กระทำต่อวัตถุคนละก้อน เป็นแรงคู่กิริยากัน

คำถามข้อ 25 เป็นการศึกษาหาขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวลตามกฎแรงดึงดูดระหว่างมวล ว่ามีค่ามากหรือน้อย เกี่ยวข้องกับอะไรบ้าง คำตอบที่ถูกต้องคือ แรงดึงดูดระหว่างมวล เกี่ยวข้องกับมวลและระยะห่างระหว่างมวลทั้งสอง โดยที่ขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวลจะแปรตามผลคูณระหว่างมวลทั้งสอง และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างมวลทั้งสองนั้น พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 80.93% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 33.11% และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

25.1 นักเรียนจำนวน 34.78% ตอบว่า ขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวลจะเกี่ยวข้องกับมวลและระยะห่างระหว่างมวลทั้งสอง โดยขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวลจะแปรตามผลคูณระหว่างมวลทั้งสอง และกำลังสองของระยะห่างระหว่างมวลทั้งสองนั้น ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนไม่เข้าใจวิธีการแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างรูปแบบสมการ กับรูปแบบการแปรผัน ,ทั้งแบบแปรผันตามหรือแปรผันตรง และแบบการแปรแบบผกผัน นักเรียนอาจจะท่องจำสูตรสำเร็จ โดยไม่รู้ที่มาหรือคำนิยามสำคัญ

25.2 นักเรียนจำนวน 8.36 % ตอบว่า ขนาดแรงดึงดูดระหว่างมวลจะเกี่ยวข้องกับมวลและระยะห่างระหว่างมวลทั้งสอง เพราะว่า แรงดึงดูดระหว่างมวลจะมีค่ามากขึ้น เมื่อระยะระหว่างมวลทั้งสองมีค่ามากขึ้น โดยขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวลจะแปรตามกำลังสองของระยะห่างระหว่างมวลทั้งสองนั้น ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมีสาเหตุคล้ายๆกับข้อ 24.1 เพียงแต่ทราบว่าขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวลมีส่วนเกี่ยวข้องกับมวลของวัตถุทั้งสองและระยะห่างระหว่างมวลทั้งสองโดยไม่สามารถเขียนรูปตามความสัมพันธ์ในรูปแบบการแปรผันกันได้

มโนมติที่ 12 "แรงคู่กิริยา" ต้องทำการวัดในข้อ 26,และข้อ 27

คำถามข้อ 26, และข้อ 27 ต้องการวัดมโนมติเกี่ยวกับแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา ที่เกิดขึ้นตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน โดยคำถามข้อ 26 เป็นการกำหนดสถานการณ์ว่า ขณะเด็กชายดำออกแรงผลักโต๊ะ ที่วางอยู่บนพื้น ปรากฏว่าโต๊ะไม่เคลื่อนที่ จึงออกแรงเพิ่มขึ้น จนทำให้โต๊ะเคลื่อนที่ได้ แล้วถามว่า แรงที่เด็กชายดำกระทำต่อโต๊ะมีค่ามากกว่า แรงที่โต๊ะกระทำต่อเด็กชายดำ ใช่หรือไม่

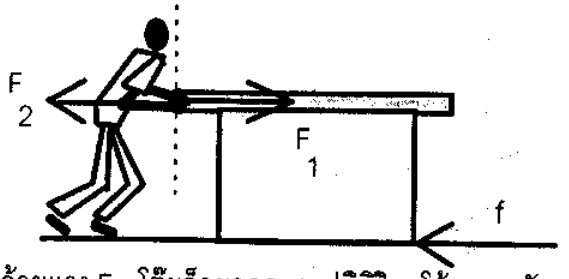
คำตอบที่ถูกต้อง คือ ไม่ใช่ เพราะว่า แรงทั้งสองเป็นแรงคู่กิริยากัน ต้องมีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงกันข้าม พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 24.75 % ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 11.37 % และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

26.1 นักเรียนจำนวน 42.82 % ตอบว่า ใช่ เพราะว่า เมื่อออกแรงผลักเพิ่มขึ้น แรงที่กระทำต่อโต๊ะก็จะมากขึ้นด้วย แต่แรงเสียดทานยังคงเดิม ผลจะทำให้โต๊ะเคลื่อนที่ได้ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมีสาเหตุมาจาก 2 ประการ คือ ประการแรก นักเรียนอาจไม่เข้าใจว่า แรงที่เด็กชายดำผลักโต๊ะ กับแรงที่โต๊ะกระทำต่อเด็กชายดำเป็นแรงคู่กิริยากัน จะต้องมีขนาดเท่ากัน และทิศทางตรงกันข้าม ประการที่สอง นักเรียนอาจจะตีปัญหาของโจทย์ผิด เนื่องจากอ่านคำถามไม่ถี่ถ้วน คือ อาจตีปัญหาโจทย์ว่า โต๊ะเคลื่อนที่ได้ โจทย์ต้องถามหาสาเหตุ เลยเลือกคำตอบในส่วนที่บอกว่า แรงฉุดต้องมากกว่าแรงต้าน โต๊ะจึงเคลื่อนที่ได้

26.2 นักเรียนจำนวน 16.38 % ตอบว่า ใช่ เพราะว่า สามารถทำให้โต๊ะเคลื่อนที่ได้ สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมีสาเหตุคล้ายๆ กับข้อ 26.1

26.3 นักเรียนจำนวน 12.37% ตอบว่า ใช่ เพราะแรงทั้งสองเป็นคู่กิริยากันต้องมีขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงกันข้าม ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมีสาเหตุมาจาก ประการแรก คือ นักเรียนอาจท่องจำได้ว่าแรงคู่กิริยา ต้องมีขนาดท่ากันและมีทิศทางตรงกันข้าม แต่ในปัญหาข้อนี้นักเรียนไม่อาจทราบว่า แรงที่เด็กชายดำผลักโต๊ะ กับแรงที่โต๊ะกระทำต่อเด็กชายดำเป็นแรงคู่กิริยากันหรือไม่ แรงใดคือ แรงกิริยาและแรงใดคือ แรงปฏิกิริยา ส่วนสาเหตุประการที่สอง ถ้าดูจากคำตอบและเหตุผลจะเห็นว่าไม่สอดคล้องกัน โดยในส่วนของคำตอบนักเรียนตอบว่า ใช่ คือ ไม่เท่ากัน แต่ในส่วนของเหตุผล นักเรียนตอบว่า แรงทั้งสองมีค่าเท่ากัน อาจสรุปได้ว่า นักเรียนตอบคำถามโดยการเดาสุ่ม

จากคำถามข้อนี้ ครูผู้สอนควรจะมีการเน้นให้นักเรียนได้เห็นข้อแตกต่าง ระหว่างแรงคู่กิริยา ณ จุดใดๆ ที่ถูกกระทำ กับแรงที่ที่มีผลให้ระบบเกิดการเคลื่อนที่ ดังคำถามข้อนี้ ขณะเด็กชายดำ ออกแรงผลักโต๊ะดังรูป



ขณะเด็กชายดำออกแรงผลักโต๊ะ ด้วยแรง F_1 โต๊ะก็จะออกแรงปฏิกิริยาโต้ตอบกลับมาด้วยแรง F_2 โดยขนาดของแรงทั้งสองจะมีค่าเท่ากัน แต่ทิศทางตรงกันข้าม เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน ไม่ว่า เด็กชายดำจะออกแรงผลักเพิ่มขึ้นเท่าไร ก็จะเกิดแรงแรงปฏิกิริยาโต้ตอบจาก

โต๊ะมากขึ้นเท่านั้นเสมอ แต่แรงที่มีผลทำให้โต๊ะมีการเคลื่อนที่นั้น เนื่องมาจากแรงลัพธ์ระหว่างแรงผลัก F_1 กับแรงต้าน f มีค่ามากกว่าศูนย์มากระทำต่อโต๊ะหรือ ระบบ โดยแรงผลัก มีค่ามากกว่าแรงต้าน จึงทำให้โต๊ะสามารถเคลื่อนที่ได้ โดยเน้นให้นักเรียนได้ทราบว่า แรงคู่กิริยาในลักษณะนี้จะคิด ณ จุดที่ถูกแรงกระทำ ส่วนแรงที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ จะต้องพิจารณาจากแรงลัพธ์ที่กระทำต่อระบบทั้งหมด ดังกล่าวแล้ว

คำถามข้อ 27 เป็นสถานการณ์ที่นายสมศักดิ์และเด็กหญิงอิงอร ต่างออกแรงดึงเชือกชักกะเย่อกัน แล้วถามว่าแรงที่มากที่สุดที่กระทำต่อเชือก เกิดจากการออกแรงดึงของใคร คำตอบที่ถูกต้อง คือ เท่ากันทั้งสองคน เพราะว่า เป็นเชือกเส้นเดียวกันจึงมีความตึงเท่ากัน แรงดึงจึงเท่ากันทั้งสองคน พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้อง จำนวน 27.09% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 21.40% และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

27.1 นักเรียนจำนวน 30.10% ตอบว่า ไม่แน่นอน เพราะว่า ถ้าเชือกไม่มีการเคลื่อนที่ไปทางใด แสดงว่าทั้งสองคนออกแรงดึงเท่ากัน แต่ถ้าเชือกมีการเคลื่อนที่ไปทางใดทางหนึ่ง แสดงว่า ผู้ดึงเชือกด้านนั้น ออกแรงมากกว่า ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ นักเรียนอาจคิดหาคำตอบโดยสังเกตจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงๆ โดยคิดว่า ในการแข่งขันชักกะเย่อกันนั้น ถ้าเชือกไม่มีการเคลื่อนไป ทางใดทางหนึ่ง แสดงว่าผู้ดึงเชือกทั้งสองคนออกแรงดึงเท่ากัน แต่ถ้าเชือกมีการเคลื่อนที่ไปทางใดทางหนึ่งแสดงว่าผู้ดึงเชือกด้านนั้นต้องออกแรงมากกว่า และเป็นผู้ชนะด้วย โดยที่ไม่คิดว่าเชือกที่ใช้เป็นเชือกเส้นเดียวกัน จะมีความตึงเท่ากัน ดังนั้น ผู้ดึงทั้งสองด้านต้องออกแรงดึงเท่ากัน

27.2 นักเรียนจำนวน 14.38 % ตอบว่า เด็กหญิงอิงอร เพราะว่า เด็กหญิงอิงอร มีมวลน้อยกว่า ต้องออกแรงดึงมากกว่าเพื่อไม่ให้ตัวเองล้ม ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้เนื่องจากนักเรียนอาจคิดว่า เด็กหญิงอิงอรมีมวลน้อยกว่า แรงต้านที่พื้นน้อยกว่านายสมศักดิ์ เพื่อจะเอาชนะนายสมศักดิ์ และไม่ให้ตัวเองล้ม เด็กหญิงอิงอรจึงต้องออกแรงมากกว่า นายสมศักดิ์

27.3 นักเรียนจำนวน 13.38 % ตอบว่า นายสมศักดิ์ เพราะว่า นายสมศักดิ์มีมวลมากกว่า ทรงตัวได้ดีกว่า แข็งแรงกว่า ย่อมออกแรงมากกว่า ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้นักเรียนอาจคิดว่า โดยอาศัยหลักการทั่วไปที่ว่า นายสมศักดิ์ตัวโตกว่า แข็งแรงกว่าย่อมตั้งตัวได้มั่นคงกว่า จึงต้องออกแรงได้มากกว่า

มโนมติที่ 13 "แรงคู่กิริยา จะเป็นแรงที่กระทำต่อวัตถุคนละก้อน" ซึ่งวัดในคำถามข้อที่ 28

คำถามข้อ 28 กำหนดเป็นภาพของนายดำกำลังขับขี่จักรยานไปข้างหน้า แล้วกำหนดลูกศร แทนแรงที่กระทำต่อรถและนายดำ เป็นลูกศรของแรง A,B,C และ D ตามลำดับ แล้วถามว่า ลูกศรของแรงใดที่แทนแรงปฏิกิริยาของแรงเนื่องจาก รถจักรยานและนายดำที่กระทำต่อพื้น คำตอบที่ถูกต้องคือ ลูกศรของแรง D เพราะว่า แรงเนื่องจากน้ำหนักรถจักรยาน และนายดำที่กระทำต่อพื้น มีทิศลงในแนวดิ่ง แรงปฏิกิริยา จึงมีทิศขึ้นในแนวดิ่ง เกิดจากแรงที่พื้นกระทำต่อตัวรถ พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 40.14 % ซึ่งในจำนวนนี้มีนักเรียนที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 24.08% และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังนี้ต่อไปนี้

28.1 นักเรียนจำนวน 20.07% ตอบว่าลูกศรของแรง B เพราะว่า แรงเนื่องจากจักรยานและนายดำมีทิศลงในแนวดิ่ง กระทำต่อพื้น แรงปฏิกิริยา จึงมีทิศขึ้นในแนวดิ่ง เกิดจากแรงที่พื้นกระทำต่อตัวรถ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ถ้าดูจากคำตอบที่เลือก และเหตุผลที่ให้ จะขัดแย้งกัน คือ เลือกคำตอบ เป็นลูกศรของแรง B ซึ่งมีทิศลงในแนวดิ่ง แต่ในส่วนของเหตุผล เป็นแรงที่มีทิศขึ้นในแนวดิ่ง อาจสรุปได้ว่า ประการแรก นักเรียนอ่านคำถาม คำตอบ และเหตุผลไม่รอบคอบแล้วเลือกโดยการเดาสุ่ม ประการที่สอง นักเรียนไม่มีมโนมติเกี่ยวกับแรงกิริยา แรงปฏิกิริยา ทั้งขนาดและ ทิศทาง

28.2 นักเรียนจำนวน 13.36% ตอบว่า ลูกศรของแรง C เพราะว่า ขณะขี่จักรยานน้ำหนักต่างๆ จะกดลงที่ล้อทั้งสอง และเมื่อล้อหมุน ณ. จุดที่ล้อสัมผัสพื้น แรงปฏิกิริยาจึงมีทิศไปทางด้านหน้า สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจากนักเรียนอ่านคำถามแล้วไม่เข้าใจว่าคำถาม ถามแรงปฏิกิริยาเนื่องจากแรงใด หรืออาจจะไม่มีมโนมติเกี่ยวกับแรงกิริยา แรงปฏิกิริยา

28.3 นักเรียนจำนวน 11.71% ตอบว่า ลูกศรของแรง D เพราะว่า แรงปฏิกิริยา คือแรงที่เกิดจากน้ำหนักต่างๆ ที่กดลงในแนวดิ่ง ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมี สาเหตุมาจากนักเรียนอาจไม่มีมโนมติเกี่ยวกับแรงปฏิกิริยา แรงปฏิกิริยาเนื่องจากแรงต่างๆ จะมีทิศทางอย่างไร เกิด ณ. ตำแหน่งไหน จากการเลือกตอบและการให้เหตุผลในข้อนี้ จะขัดแย้งกันในเรื่องทิศทาง อาจสรุปสุดท้ายว่า นักเรียนอาจจะตอบคำถาม โดยการเดาสุ่ม

มโนมติที่ 14 "การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน" ซึ่งวัดในข้อ 29-33

ข้อ 29 - 33 เป็นการวัดมโนมติเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 1 ของนิวตัน ที่ว่า "วัตถุจะรักษาสภาพหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวในในแนวเส้นตรง นอกเสียจากจะมีแรงลัพธ์ มากระทำมีค่ามากกว่าศูนย์" โดยคำถามข้อ 29 เป็นคำถามให้บอกวิธีการในการบังคับลูกบอลลูนให้ลอยขึ้นไปเรื่อยๆ ที่ความเร็วคงตัว 10 m/s (โดยไม่คิดแรงต้านของอากาศ)

คำตอบที่ถูกต้องคือ ทำให้แรงดันในลูกบอลลูนเท่ากับน้ำหนักลูกบอลลูน เพราะว่า การปรับแรงดันในลูกบอลลูนให้เท่ากับน้ำหนักของลูกบอลลูน จะทำให้แรงลัพธ์ในแนวดิ่งที่กระทำกับลูกบอลลูนมีค่าเป็นศูนย์ พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 21.40 % ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 13.38 % และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆดังต่อไปนี้

29.1 นักเรียนจำนวน 23.75% ตอบว่า เพิ่มแรงดันลูกบอลลูนตามระยะความสูง เพราะว่า สูงขึ้น ความดันอากาศภายนอกลดลง เมื่อเพิ่มแรงดันลูกบอลลูน แรงลอยตัวจะเพิ่มขึ้นได้ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมีสาเหตุมาจาก นักเรียนอาจอ่านคำถามแล้วไม่เข้าใจว่า ตอนนี้ลูกบอลลูนอยู่ในลักษณะใด อาจคิดว่าลูกบอลลูนเริ่มจากหยุดนิ่ง ถ้าจะให้เริ่มเคลื่อนที่ขึ้น ต้องเพิ่มแรงดันภายในลูกบอลลูนให้สูงขึ้น ทำให้ลูกบอลลูนลอยขึ้นได้แต่นักเรียนอาจลืมไปว่า ถ้าลอยขึ้นในลักษณะนี้ลูกบอลลูนจะลอยขึ้นด้วยความเร่ง ไม่ได้ลอยตัวขึ้นด้วยความเร็วคงตัว

29.2 นักเรียนจำนวน 20.40 % ตอบว่า ลดแรงดันลูกบอลลูนลงเรื่อยๆทุกๆ 10 เมตร เพราะว่า สูงขึ้น ความดันอากาศภายนอกลดลง ลูกบอลลูนจะเสียหายได้ ถ้าไม่ลดแรงดันภายในลูกบอลลูนลง สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ นักเรียนอาจคิดว่า ความดันอากาศนอกลูกบอลลูนคงจะมีการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 10 เมตร เพราะสูงขึ้นความดันอากาศภายนอกลดลง กลัวว่าลูกบอลลูนจะระเบิดเสียหายได้ ซึ่งความจริงแล้ว ความดันบรรยากาศภายนอกไม่ได้เปลี่ยนแปลงรวดเร็วทุกระยะ 10 เมตร ดังกล่าว แต่อาจเปลี่ยนแปลงที่ระยะความสูงต่างกันเป็นกิโลเมตร

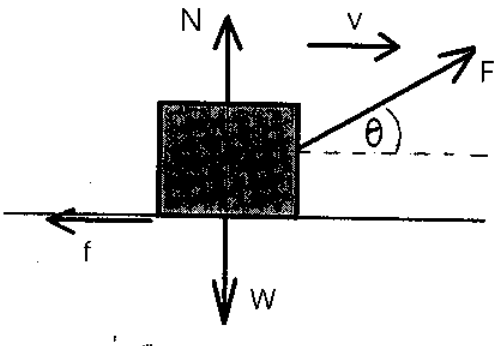
29.3 นักเรียนจำนวน 12.03 % ตอบว่า ทำให้น้ำหนักของลูกบอลลูนลดลงเรื่อยๆ โดยแรงดันลูกบอลลูนคงตัว เพราะว่า การทำให้น้ำหนักลูกบอลลูนลดลง จะทำให้แรงดันในลูกบอลลูนมีค่ามากกว่าน้ำหนักลูกบอลลูน จึงทำให้ลูกบอลลูนลอยขึ้นได้ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจาก นักเรียนอาจจะเคยศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมการลอยของลูกบอลลูน ในสมัยเริ่มแรก ซึ่งส่วนมากมักจะใช้ถุงทราย โดยการทิ้งถุงทรายเพื่อลดน้ำหนักลง จะทำให้ลูกบอลลูนลอยขึ้น แต่จะเป็นการลอยขึ้นด้วยความเร่ง เนื่องจากแรงลัพธ์ มีค่ามากกว่าศูนย์ และมีทิศขึ้น ซึ่งไม่ตรงตามความต้องการของโจทย์

คำถามข้อ 30 เป็นการกำหนดสถานการณ์ ให้ลิฟต์เครื่องหนึ่งมีน้ำหนัก W นิวตัน แล้วลวดดึงลิฟต์ ด้วยแรง W นิวตัน ถามว่าลิฟต์อาจจะเป็นอย่างไร คำตอบที่ถูกต้องคือ หยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยอัตราความเร็วคงตัว เพราะว่า แรงลัพธ์ที่กระทำต่อลิฟต์มีค่าเป็นศูนย์ ลิฟต์อาจจะอยู่นิ่ง หรือเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัวก็ได้ ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 52.85% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 37.46 % และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

30.1 นักเรียนจำนวน 16.38% ตอบว่า หยุดนิ่ง หรือมีความเร็วคงตัว หรือมีความเร่งคงตัว เพราะว่า มีแรงกระทำในลวดที่ดึงลิฟต์ ดังนั้นนอกจาก ลิฟต์อาจจะหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว คงตัวแล้ว ลิฟต์อาจเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ก็ได้ สำหรับข้อนี้ โดยเฉพาะส่วนแรก มีความเข้าใจถูกต้อง คือ ถ้าเดิมลิฟต์อยู่นิ่ง ก็จะยังคงอยู่นิ่งต่อไป ส่วนที่คลาดเคลื่อน ในส่วนที่สอง กรณีลิฟต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวนั้น นักเรียนอาจจะสับสนลืมไปว่า ความเร็วเป็นปริมาณเวคเตอร์ต้องมีทิศทางด้วย ซึ่งในที่นี้นักเรียนไม่ทราบเลยว่า ลิฟต์เคลื่อนที่หรือไม่ หรืออยู่ในลักษณะใดในตอนแรก และในส่วนที่สามนั้น ความคลาดเคลื่อนน่าจะมาจาก เมื่อโจทย์กำหนดว่า มีแรงมากระทำต่อลิฟต์แล้ว นักเรียนก็จะตอบเลยว่า ลิฟต์จะต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง โดยเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน อาจจะลืมไปว่า ลิฟต์จะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งได้ ก็ต่อเมื่อ แรงลัพธ์ที่กระทำต่อลิฟต์ ต้องมีค่ามากกว่าศูนย์เท่านั้น

30.2 นักเรียนจำนวน 10.37% ตอบว่า หยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงตัว เพราะว่า มีแรงกระทำในลวดที่ดึงลิฟต์ ดังนั้นนอกจากลิฟต์จะหยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวแล้ว ลิฟต์อาจจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันก็ได้ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ ถ้าดูเฉพาะคำตอบนักเรียนตอบถูกต้อง แต่ในส่วนของเหตุผลจะไม่สอดคล้องกับคำตอบ คือ ในส่วนแรกจะเป็นไปตามกฎการเคลื่อนข้อที่ 1 ของนิวตัน และในส่วนที่สองจะเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ซึ่งจะเป็นไปไม่ได้ในเวลาเดียวกัน อาจสรุปได้ว่านักเรียนเดาในส่วนของเหตุผล

คำถามข้อ 31 เป็นภาพแสดงถึงวัตถุ น้ำหนัก W กำลังถูกแรง F ดึงให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นขรุขระ ด้วยความเร็วคงตัว ดังรูป แล้วให้หาสมการของแรงกระทำที่ถูกต้อง



คำตอบที่ถูกต้อง คือ แรง $F > f$ และ $N < W$ เพราะว่า เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวในแนวระดับ ดังนั้นแรงลัพธ์ ในแนวระดับจึงมีค่าเป็นศูนย์

นั่นคือ $F\cos\theta = f$ หรือ $F > f$

และแรงลัพธ์ในแนวดิ่ง จะมีค่าเป็นศูนย์ ด้วย

นั่นคือ $N + F\cos\theta = w$ หรือ $w > N$ พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบได้ถูกต้องจำนวน 20.41% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 10.37% และมีผู้ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

31.1 นักเรียนจำนวน 27.76% ตอบว่า F = f และ N = w เพราะว่า เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวในแนวระดับ ดังนั้น แรงลัพธ์ในแนวระดับ จึงมีค่าเป็นศูนย์ นั้นคือ F = f และแรงลัพธ์ในแนวดิ่งมีค่าเป็นศูนย์ N = w ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมีสาเหตุมาจาก ประการแรก นักเรียนอาจคิดว่ามุมที่แนวแรงดึง ทำกับแนวราบไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ จึงคิดเหมือนกับเมื่อแรงดึงอยู่ในแนวราบ ประการที่สอง นักเรียนอาจคิดว่า แรงฉุดเท่ากับแรงต้าน สำหรับในแนวราบ และแรงขึ้นเท่ากับแรงลง สำหรับในแนวดิ่ง

31.2 นักเรียนจำนวน 13.71% ตอบว่า F = f และ N = w เพราะว่าเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวในแนวระดับ ดังนั้น แรงลัพธ์ในแนวระดับจึงมีค่าเป็นศูนย์ นั่นคือ F $\cos\theta$ = f หรือ F = f และแรงลัพธ์ในแนวดิ่งมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่ง N + F $\sin\theta$ = w หรือ w = N ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ ถ้าดูจากการเลือกคำตอบและจากการให้เหตุผลจะขัดแย้งกัน อาจสรุปได้ว่า นักเรียนตอบโดยการเดาสุ่ม

31.3 นักเรียนจำนวน 11.03 % ตอบว่า F > f และ N > w เพราะว่าเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวในแนวระดับ ดังนั้น แรงลัพธ์ ในแนวระดับจึงมีค่าเป็นศูนย์ นั่นคือ F $\cos\theta$ = f หรือ F = f และพื้นผิวสัมผัสมีแรงเสียดทาน แต่วัตถุสามารถ เคลื่อนที่ได้ แสดงว่า N > w ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมีสาเหตุมาจาก นักเรียนอาจคิดว่าเมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว สำหรับในแนวราบ แรงฉุดจะเท่ากับแรงต้าน คือ F $\cos\theta$ = f หรือ F > f และในแนวดิ่งนั้น การที่วัตถุเคลื่อนที่ ผ่านพื้นที่มีแรงเสียดทานไปได้ด้วยความเร็วคงตัว แสดงว่าจะต้องมีแรงยกขึ้น (แรงปฏิกิริยาของพื้น) และมีค่ามากกว่า แรงกดลงเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุเอง หรือ N > w

คำถามข้อ 32 เด็กชายมนูกระโดดจากตำแหน่งที่สูงจากพื้น 3 เมตร เมื่อเท้ากระทบพื้นทำให้เกิดแรง 420 นิวตัน กดลงบนพื้น ถามว่า ขณะที่เขาทรงตัวยืนนิ่งบนพื้น แรงลัพธ์ที่กระทำขณะนั้นมีค่าเท่าไร คำตอบที่ถูกต้องคือ ศูนย์ นิวตัน เพราะว่า ขณะทรงตัวอยู่นิ่ง แรงลัพธ์ที่กระทำจะมีค่าเป็นศูนย์ เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน พบว่า มีผู้ที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 58.17% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 49.15% และมีผู้ ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆดังต่อไปนี้

32.1 นักเรียนจำนวน 11.04% ตอบว่า แรงลัพธ์ที่กระทำขณะนั้นมีค่า 140 นิวตัน เพราะว่า เมื่อกระโดด จากที่สูง 3 เมตร มีแรงกระทำต่อพื้นมาก แต่เมื่อถึงพื้นความสูงลดลง แรงกระทำต่อพื้นจะลดลง ดังนั้น แรงลัพธ์ที่กระทำขณะนั้นก็จะลดลงเหลือหนึ่งในสามเท่านั้น ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้อาจมี สาเหตุมาจาก นักเรียนตีความหมายคำถามผิดไป อาจจะไม่ได้ดูคำถาม

ให้ชัดเจน เนื่องจากโจทย์ ถามหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อเด็กชายมนู ในขณะที่เขาทรงตัวยืนนิ่งบนพื้น แต่นักเรียน หาค่าของแรงที่กระทำต่อพื้นขณะเขากระโดดลงเตะพื้น และค่าของแรงก็ไม่ใช่ค่าที่ถูกต้อง เนื่องจากวิธีการหาไม่ถูกต้อง

คำถามข้อ 33 ถามว่า เมื่อใช้เชือกดึงลูกตุ้มเหล็กที่มีมวล 200 กิโลกรัม ขึ้นในแนวดิ่งสูง 4 เมตรด้วยความเร็วคงตัว แรงดึงของเชือกขณะนั้นมีค่าเท่าไร คำตอบที่ถูกต้อง คือ แรงดึงของเชือกเท่ากับ 2000 นิวตัน เพราะว่า ลูกตุ้มเหล็กเคลื่อนที่ขึ้นในแนวดิ่ง ด้วยความเร็วคงตัว แรงลัพธ์ที่กระทำต่อลูกตุ้มเหล็กจะมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น แรงดึงขึ้นจึงมีค่าเท่ากับแรงดึงลง และมีขนาดเท่ากับน้ำหนักของวัตถุนั้น พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 31.44% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 9.70% และพบมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

33.1 นักเรียนจำนวน 22.73% ตอบว่า แรงดึงของเชือกขณะนี้เป็น 8000 นิวตัน เพราะว่า เมื่อลูกตุ้มเหล็กเคลื่อนที่ขึ้นในแนวดิ่ง ทำให้ลูกตุ้มเหล็กมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงสูงขึ้น จึงต้องออกแรงดึงเชือกมากขึ้นตามความสูงของการเคลื่อนที่ ซึ่งมีค่าเท่ากับ mgh (เมื่อ mg คือ น้ำหนักของลูกตุ้มเหล็ก และ h คือ ความสูงของการเคลื่อนที่) ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมีสาเหตุมาจากนักเรียนมีความสับสนระหว่างแรงกับพลังงาน โดยนักเรียนคิดว่า อาจจะแทนกันได้ หรือเหมือนกันทั้งๆที่ แรง และพลังงาน มีมโนมติที่ต่างกัน ใช้แทนกันไม่ได้และในข้อนี้ ค่าของแรงมีขนาดคงที่ ส่วนค่าของพลังงานศักย์โน้มถ่วง มีความสูงเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น พลังงานศักย์โน้มถ่วงจะมีค่าสูงขึ้นด้วย

33.2 นักเรียนจำนวน 11.71% ตอบว่า แรงที่ดึงเชือกขณะนั้นมีค่า 200 นิวตัน เพราะว่า ลูกตุ้มเหล็กเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว แรงลัพธ์ที่กระทำต่อลูกตุ้มเหล็กมี ค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น แรงดึงขึ้นจึงมีค่าคงที่ และมีค่าเท่ากับมวลของลูกตุ้มเหล็ก ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมีสาเหตุมาจาก นักเรียนมีความสับสนในมโนมติของมวล กับ มโนมติของแรง โดยนักเรียนคิดว่าอาจใช้แทนกันได้หรือมีขนาดเท่ากัน สำหรับมวลของวัตถุก้อนหนึ่งจะมีค่าคงที่เสมอ สำหรับข้อนี้ขนาดของแรงก็มีค่าคงที่ด้วย โดยมีค่าเท่ากับ mg

33.3 นักเรียนจำนวน 10.03% ตอบว่า แรงดึงของเชือกขณะนั้นมีค่า 2000 นิวตัน เพราะว่า เมื่อลูกตุ้มเหล็กเคลื่อนที่สูงขึ้นในแนวดิ่ง ทำให้ลูกตุ้มเหล็กมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงสูงขึ้น จึงต้องออกแรงดึงเชือกมากขึ้นตามความสูงของการเคลื่อนที่ ซึ่งมีค่าเท่ากับ mgh (เมื่อ mg คือ น้ำหนักของลูกตุ้มเหล็ก และ h คือความสูงของการเคลื่อนที่) สำหรับข้อนี้ถ้าดูจากคำตอบที่เลือกและดูเหตุผลที่เลือกจะไม่สอดคล้องกัน โดยถ้าดูจากคำตอบที่เลือก และเหตุผลที่เลือก นักเรียนควรจะเลือกตอบว่า แรงดึงเชือกมีค่าเป็น 8000 นิวตัน แต่นักเรียนตอบว่า แรงดึงเชือกเป็น 2000 นิวตัน อาจสรุปได้ว่านักเรียนเดาทั้งคำตอบ และเหตุผล

มโนมติที่ 15 "การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน" ซึ่งวัดในข้อ 34 - 36

คำถามในข้อ 34 - 36 เป็นการวัดมโนมติเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ที่ว่า " เมื่อมีแรงลัพธ์ ซึ่งมีขนาดไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งในทิศเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำและขนาดของความเร่งนี้จะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์ และแปรผกผันกับมวลของวัตถุนั้น " โดยคำถามข้อ 34 เป็นการกำหนดสถานการณ์ให้วัตถุก้อนหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว บนผิวชนิดหนึ่ง เมื่อเข้าสู่พื้นผิวอีกชนิดหนึ่ง วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งไม่คงตัวน้อยบ้างมากบ้าง ถามว่า จะใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อใด มาช่วยอธิบายสิ่งที่เกิดนี้ คำตอบที่ถูกต้อง คือ ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 เพราะว่า วัตถุมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง จึงต้องใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน เท่านั้น พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 26.08 % ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 18.73 %และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

34.1 นักเรียนจำนวน 20.07% ตอบว่า ใช้กฎข้อที่ 1 และกฎข้อที่ 2 เพราะว่า ในส่วนที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งไม่คงตัว จึงจำเป็นต้องใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 อธิบายควบคู่ไปกับการใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ อาจจะสืบเนื่องจากหลักสูตรของมัธยมศึกษา ให้เรียน กรณีที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัวเท่านั้น นักเรียนอาจคิดว่า กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ใช้อธิบายเฉพาะในส่วนที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว และในส่วนที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งไม่คงตัวนั้น ต้องใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ในข้ออื่นๆ ช่วยอธิบาย

34.2 นักเรียนจำนวน 17.73% ตอบว่า ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 และกฎข้อที่ 3 เพราะว่า เป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งไม่คงตัวมากบ้างน้อยบ้าง จึงไม่สามารถใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 อธิบายได้ ต้องใช้ กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 และข้อที่ 3 ของนิวตัน อธิบายแทน สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ คล้ายๆกับข้อ 34.1 โดยที่ นักเรียนอาจลืมไปว่า จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 และข้อที่ 3 ของนิวตัน ไม่ได้กล่าวถึงแรงลัพธ์ที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเลย

34.3 นักเรียนจำนวน 16.72% ตอบว่า ใช้กฎข้อที่ 2 และกฎข้อที่ 3 เพราะว่า วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งไม่คงตัว แสดงว่า ผิวสัมผัสระหว่างวัตถุกับพื้นมีแรงเสียดทาน ซึ่งต้องใช้แรงปฏิกิริยาที่พื้นผิวสัมผัสมาพิจารณาด้วย ดังนั้น นอกจากต้องอาศัยกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 แล้ว ยังต้องอาศัย กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ช่วยในการอธิบายอีกด้วย ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมีสาเหตุคล้ายกับข้อ 34.1 และ 34.2 และถ้าดูจากเหตุผลที่ตอบ นักเรียนอาจคิดลึกเกินไปถึงแรงเสียดทานที่ผิวสัมผัสโดยลืมไปว่า โจทย์ต้องการทราบอะไร

คำถามข้อ 35 ถามว่า จะต้องออกแรงในแนวระดับ กี่นิวตัน จึงจะทำให้กล่องที่มีมวล 4.5 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปตามพื้นราบเรียบ ด้วยความเร่ง 1.5 เมตร/(วินาที)^2 คำตอบที่ถูกต้อง คือ จะต้องออกแรงในแนวระดับ 6.75 นิวตัน เพราะว่า ขนาดของแรงลัพธ์ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ที่ทำให้วัตถุมวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง a จะมีขนาดเท่ากับ ma เมื่อแทนค่าแล้วจะได้เป็น 6.75 นิวตัน พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 56.51 % ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติ ถูกต้องจำนวน 48.16 % และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

35.1 นักเรียนจำนวน 17.07% ตอบว่า จะต้องออกแรงในแนวระดับ 3.0 นิวตัน เพราะว่า แรงลัพธ์ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ที่ทำให้วัตถุมวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง a มีค่าเท่ากับ $\frac{m}{a}$ เมื่อแทนค่าแล้วจะได้เป็น 3.0 นิวตัน ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมีสาเหตุมาจาก นักเรียนพอจะมีความรู้เรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน อยู่บ้าง แต่เขียนเป็นรูปของสมการไม่ถูก ไม่แน่ใจว่า $\Sigma F = ma$ หรือ $\Sigma F = \frac{m}{a}$ หรือ $\Sigma F = \frac{a}{m}$ เพราะว่า มีคำตอบทุกรูปของสมการนักเรียนอาจจะเดาทั้งคำตอบและเหตุผล ดังนั้นคำตอบ จึงออกมาเป็น 3 นิวตัน

คำถามข้อ 36 ถามว่า ชายคนหนึ่งมีมวล 75 กิโลกรัม เมื่อเขาชั่งน้ำหนักในลิฟต์ที่กำลังเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง 2.5 เมตร/วินาที^{2} จะอ่านค่าน้ำหนักของชายคนนี้จากตาชั่งได้กี่นิวตัน คำตอบที่ถูกต้อง คือ ตาชั่งอ่านค่าได้ 937.5 นิวตัน เพราะว่า เมื่อตาชั่งเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง แสดงว่า แรงลัพธ์ที่กระทำต่อตาชั่งมีทิศขึ้น

ดังนั้น $R - mg = ma$

$R = ma + mg$

เมื่อแทนค่าแล้วค่า $R = 937.5$ นิวตัน

พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 17.73 % ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 9.03 % และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

36.1 นักเรียนจำนวน 24.72% ตอบว่า ตาชั่งจะอ่านค่าได้ 187.5 นิวตัน เพราะว่า เมื่อลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้น แรงลัพธ์ที่กระทำต่อตาชั่ง ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันมีค่า = R

โดย $R = ma$

เมื่อแทนค่าแล้ว $R = 187.5$ นิวตัน

ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมีสาเหตุมาจากนักเรียนอาจรู้แต่เพียงว่า $\Sigma F = ma$ ในกฎการเคลื่อนข้อที่ 2 ของนิวตันอาจไม่ทราบว่า ΣF ในที่นี้ คือ แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ ดังนั้นเมื่อโจทย์กำหนดมวลของวัตถุมาเป็น 75 กิโลกรัม และความเร่งมีค่าเท่ากับ 2.5 เมตร/วินาที^{2} ดังนั้นค่า

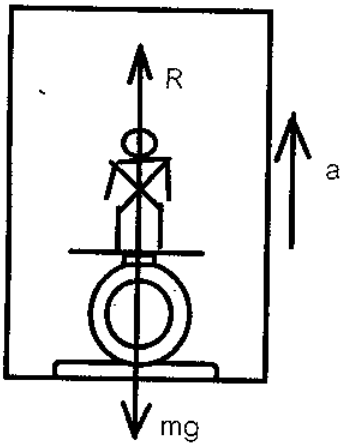
ที่ตาชั่งอ่านได้ จึงมีค่าเท่ากับ ผลคูณของมวลและความเร่งเลย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 75x2.5 =187.5 นิวตัน

36.2 นักเรียนจำนวน 22.74% ตอบว่า จะอ่านค่าน้ำหนักของชายคนนี้จากตาชั่งได้ 526.5 นิวตัน เพราะว่าเมื่อลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง ดังนั้น ค่าที่อ่านได้จากตาชั่ง มีค่า = R

$$R = mg - ma$$

เมื่อแทนค่าแล้วจะได้ $R = 562.5$ นิวตัน

คลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมีสาเหตุมาจาก เมื่อโจทย์บอกว่า ลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง สามารถเขียนทิศของแรงที่กระทำต่อตาชั่งได้ดังนี้



เมื่อเขียนสมการของแรงลัพธ์ ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน แล้วทำให้เขียนได้เป็น

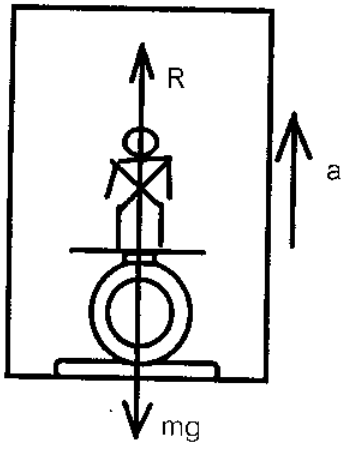
$$R + ma = mg$$

และ $R = mg - ma$

ดังนั้นเมื่อแทนค่าแล้วจึงได้

$R = 562.5$ นิวตัน ดังกล่าว

36.3 นักเรียนจำนวน 13.04% ตอบว่า จะอ่านค่าน้ำหนักของชายคนนี้จากตาชั่งได้ 750 นิวตัน เพราะว่า เมื่อลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นค่าที่อ่านได้จากตาชั่ง จะมีค่าเท่ากับ R = mg เมื่อแทนค่าแล้วจะได้ R = 750 นิวตัน ความคลาดเคลื่อนใน ข้อนี้ น่าจะมีสาเหตุมาจาก เมื่อลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง อาจเขียนแรงที่กระทำต่อตาชั่งได้ ดังนี้



แต่นักเรียนอาจคิดว่า ความเร่งจะไม่มีผลต่อการอ่านค่าน้ำหนักจากตาชั่ง นั่นคือ ค่าที่อ่านได้จากตาชั่งนี้ จะมีค่าเท่ากับค่าที่อ่านได้จากตาชั่งขณะลิฟต์อยู่นิ่งกับที่

จากรูปจึงได้ว่า

$$R = mg$$

เมื่อแทนค่าแล้ว

ค่า $R = 750$ นิวตัน ดังกล่าว

มโนมติที่ 16 "การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน" ซึ่งวัดในข้อ 37 – 40

คำถามในข้อ 37 – 40 เป็นการวัดมโนมติเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 3 ของนิวตัน ที่ว่า" ทุกแรงกิริยา จะต้องมีแรงปฏิกิริยา ที่มีขนาดเท่ากัน และมีทิศทางตรงกันข้าม " โดยคำถามข้อ 37 ถามว่า เมื่อวัวลากเกวียนให้เคลื่อนที่ แรงที่ทำให้วัวลากเกวียนเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเป็นแรงในข้อใด คำตอบที่ถูกต้อง คือ แรงที่พื้นดินกระทำต่อวัว เพราะว่า ขณะที่วัวลากเกวียน วัวใช้เท้ากดลงบนพื้นดินมีทิศไปข้างหลัง พื้นดินจะออกแรงกระทำต่อเท้าวัวมีทิศไปข้างหน้า ทำให้วัวสามารถลากเกวียนเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้อง จำนวน 19.40 % ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้อง จำนวน 14.05 % และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

37.1 นักเรียนจำนวน 14.38 % ตอบว่า เป็นแรงที่วัวกระทำต่อเกวียน เพราะว่า วัวออกแรงลากเกวียนไปในแนวระดับ จึงทำให้เกวียนเคลื่อนที่ได้ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมีสาเหตุมาจากนักเรียนอาจคิดว่า ในเมื่อวัวออกแรงลากเกวียนไปข้างหน้า ดังนั้นแรงที่ทำให้วัวและเกวียนเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ ก็คือ แรงที่วัวกระทำต่อเกวียนนั่นเอง ยิ่งวัวออกแรงมากเกวียนก็ยิ่งเคลื่อนที่เร็วขึ้น ซึ่งที่จริงแล้ว แรงที่วัวกระทำต่อเกวียน จะมีค่าเท่ากับแรงที่เกวียนกระทำต่อวัว

37.2 นักเรียนจำนวน 12.04 % ตอบว่า แรงที่วัวกระทำต่อเกวียน เพราะว่า วัวใช้เท้ากดพื้นในขณะลากเกวียน จึงทำให้วัวลากเกวียนเคลื่อนที่ไปได้ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมีสาเหตุคล้ายกับข้อ 37.1 และดูจากพฤติกรรมที่วัวกระทำขณะลากเกวียน นักเรียนอาจคิดว่า เมื่อวัวออกแรงลากเกวียนให้เกวียนเคลื่อนที่ แรงที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ ก็ควรจะเป็นแรงที่วัวกระทำต่อเกวียน โดยการใช้เท้าที่แข็งแรงกดลงที่พื้นดิน ลากให้เกวียนเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

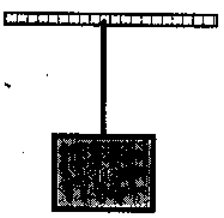
37.3 นักเรียนจำนวน 10.70 % ตอบว่า แรงที่วัวกระทำต่อเกวียน เพราะว่า เมื่อวัวออกแรงลากเกวียน เกวียนก็จะออกแรงกระทำต่อวัวมีทิศไปข้างหน้า จึงทำให้เกวียนเคลื่อนที่ได้ ความคลาดเคลื่อนใน ข้อนี้ ถ้าดูจากเหตุผลแล้ว นักเรียนควรจะตอบว่า แรงที่กระทำให้วัวลากเกวียนไปข้างหน้าได้ คือ แรงที่เกวียนกระทำต่อวัว

37.4 นักเรียนจำนวน 10.37% ตอบว่า แรงที่ทำให้วัวลากเกวียนเคลื่อนที่ไปข้างหน้า คือ แรงที่วัวกระทำต่อพื้นดิน เพราะว่า ขณะวัวลากเกวียน วัวจะใช้เท้ากดลงบนพื้นดินที่มีทิศไปข้างหลัง พื้นดิน ก็ออกแรงกระทำต่อเท้าวัวมีทิศไปข้างหน้า ทำให้วัวลากเกวียนเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ ถ้าดูจากเหตุผลแล้วนักเรียนควรจะตอบว่า แรงที่ทำให้วัวลากเกวียนเคลื่อนที่ไปข้าง หน้าได้ คือ แรงที่พื้นดินกระทำต่อวัว เมื่อสรุปโดยรวมจากข้อ 37.1 , 37.2 , 37.3 และ 37.4 พบว่า นักเรียนยังสับสนในเรื่องของแรงคู่กิริยาอยู่มาก โดยเฉพาะ 37.1 , 37.2

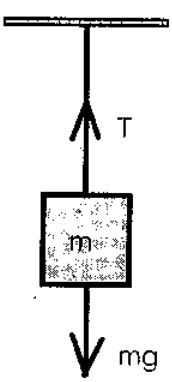
และ 37.3 นักเรียนมักจะคิด ถึงแรงที่กระทำต่อวัตถุทั้งระบบ เหมือนกับการใช้แรงลากวัตถุ สามารถแสดงได้ดังรูป

โดยจะมีแรง 2 แรง กระทำในแนวระดับ คือแรงฉุด F และแรงต้าน f ซึ่งในที่นี้ แรงฉุดก็จะเป็นแรงที่วัวกระทำต่อเกวียน และอาจทำให้นักเรียนคิดว่า เป็นแรงที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัวและเกวียนไปข้างหน้า ซึ่งเป็นหน้าที่ของครูที่จะช่วยเน้นย้ำให้นักเรียนเข้าใจ และรับรู้ในสิ่งที่ถูกต้องดังกล่าว

คำถามข้อ 38 กำหนดวัตถุมวล m ถูกแขวนด้วยเชือก ดังรูป แล้วถามว่า แรงใดคือแรงปฏิกิริยาของแรงดึงในเส้นเชือกที่กระทำต่อวัตถุ คำตอบที่ถูกต้อง คือ แรงที่วัตถุกระทำต่อเชือก เพราะว่า ต่างเป็นแรงคู่กิริยาที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งที่เชือกผูกกับวัตถุ โดยมีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงกันข้ามและกระทำต่อวัตถุคนละก้อน พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 43.48% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 15.72% และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้



38.1 นักเรียนจำนวน15.73% ตอบว่า แรงปฏิกิริยาของแรงดึงในเส้นเชือกที่กระทำต่อวัตถุ คือ น้ำหนักของวัตถุ เพราะว่า ต่างเป็นแรงคู่กิริยาที่กระทำต่อวัตถุมวล m โดยมีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศตรงกันข้าม สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมาจาก นักเรียนไม่สามารถแยกข้อแตกต่างระหว่างแรงคู่กิริยา ณ.ตำแหน่งใดๆ กับแรงที่กระทำต่อระบบใดๆได้ สำหรับข้อนี้ เมื่อวัตถุมวล m ถูกแขวนด้วยเชือก ดังรูป เมื่อระบบอยู่นิ่ง นักเรียนอาจคิดว่า เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน คือ แรงที่เชือก T จะมีค่าเท่ากับ mg เมื่อ T คือ แรงดึงในเชือกที่กระทำต่อวัตถุ ดังนั้นน้ำหนัก mg ก็จะเป็นแรงคู่กิริยาของแรง T เนื่องจากมีขนาดเท่ากัน และทิศทางตรงกันข้าม

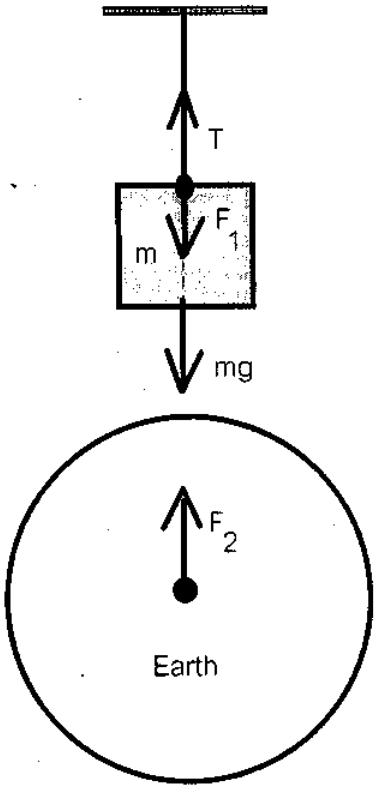


38.2 นักเรียนจำนวน 15.38 % ตอบว่า แรงปฏิกิริยาของแรงดึงในเส้นเชือกที่กระทำต่อวัตถุ คือ แรงที่วัตถุกระทำต่อเส้นเชือก เพราะว่า ต่างเป็นแรงคู่กิริยาที่เกิดขึ้นในเส้นเชือก อันเนื่องมาจาก การออกแรงต้านแรงเนื่องจากน้ำหนักของเส้นเชือก ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมาจาก นักเรียนตอบคำถามโดยการเดาสุ่ม เนื่องจากการให้เหตุผลไม่ถูกต้องและไม่สอดคล้องกับคำตอบที่เลือก

38.3 นักเรียนจำนวน 13.05 % ตอบว่า แรงปฏิกิริยาของแรงดึงในเชือกที่กระทำต่อวัตถุ คือ แรงดึงดูดของโลก เพราะว่า ต่างเป็นแรงคู่กิริยาที่เกิดขึ้นในเส้นเชือก เนื่องจากเชือกออกแรงต้านแรงดึงดูดของโลก ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมีสาเหตุคล้ายกับข้อ 38.1 โดยที่

นักเรียนอาจคิดว่า เมื่อระบบถูกแขวนในสภาวะนิ่ง จะเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน โดยที่โลกจะส่งแรงไปดึงดูดวัตถุมีทิศทางลงเข้าหาศูนย์กลางของโลก ในขณะเดียวกัน เชือกออกแรงต้านการดึงดูดของโลกในทิศขึ้นข้างบน มีขนาดเท่ากับแรงดึงดูดของโลก นักเรียนจึงสรุปว่า แรงดึงดูดของโลก เป็นแรงคู่กิริยากับแรงที่เชือกกระทำต่อวัตถุ

สำหรับข้อ 38 ครูผู้สอนสามารถอธิบายให้นักเรียนเข้าใจ โดยการเขียนภาพพร้อมคำอธิบายโดยละเอียด ได้ตามรูปต่อไปนี้



ให้ T เป็น แรงที่เชือกดึงวัตถุ

F_1 เป็น แรงที่วัตถุดึงเชือก

โดยที่ แรง T และแรง F_1 เป็นแรงคู่กิริยากัน

mg เป็น แรงที่โลกส่งมาดึงดูดวัตถุ

F_2 เป็น แรงที่วัตถุส่งไปดึงดูดโลก

โดยที่ แรง mg และแรง F_2 เป็นแรงคู่กิริยากัน

และครูผู้สอนควรจะเน้นให้นักเรียนทราบว่า แรงคู่กิริยาทั้งสองคู่ คือ แรง T กับแรง F_1 และ แรง mg กับแรง F_2 แต่ละคู่จะมีขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงกันข้าม และเป็นแรงที่กระทำต่อวัตถุคนละก้อนเสมอ คือ T เป็นแรงที่เชือกกระทำต่อวัตถุ ในขณะที่ F_1 เป็นแรงที่วัตถุกระทำต่อเชือก และ mg เป็นแรงที่โลกส่งมาดึงดูดวัตถุ ในขณะที่ F_2 เป็นแรงที่วัตถุส่งมาดึงดูดโลก

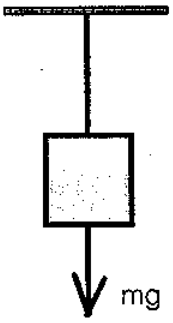
คำถามข้อ 39 ถามว่า ในการพายเรือนั้น เราต้องออกแรงพายเรือไปข้างหลัง แต่เรือกลับแล่นไปข้างหน้า ดังนั้น การที่เรือแล่นไปได้นั้น เป็นเพราะแรงในข้อใด คำตอบที่ถูกต้อง คือ เรือแล่นไปข้างหน้าได้เนื่องจากแรงที่น้ำกระทำต่อไม้พาย เพราะว่า เป็นแรงคู่กิริยากับแรงที่ไม้พายกระทำต่อน้ำ โดยมีทิศทางไปข้างหน้า มีผลทำให้ เรือเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ พบว่ามีผู้ที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 21.40% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 10.70% และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

39.1 นักเรียนจำนวน 27.09% ตอบว่า แรงที่ทำให้เรือแล่นไปข้างหน้าได้ คือ แรงของไม้พายกระทำต่อน้ำ เพราะว่า เมื่อผู้พายออกแรงให้ไม้พายกระทำต่อน้ำ น้ำก็จะออกแรงส่งให้เรือเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมี สาเหตุมาจาก นักเรียนตอบโดยอาศัยการสังเกตจากสิ่งที่เกิดขึ้นแต่ไม่ได้อาศัยหลักการทางฟิสิกส์ โดยสังเกตว่าเมื่อคนใช้ไม้พาย พาย

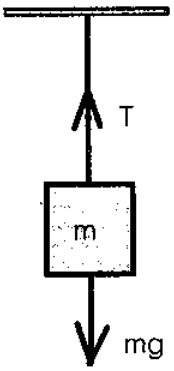
ลงไปในน้ำก็จะทำให้เรือเคลื่อนที่ เลยสรุปว่า แรงที่ทำให้เรือเคลื่อนที่ จึงน่าจะเป็นแรงของไม้พายที่กระทำต่อน้ำ

39.2 นักเรียนจำนวน 11.37% ตอบว่า แรงที่ทำให้เรือแล่นไปข้างหน้าได้คือ แรงของไม้พายที่กระทำต่อน้ำ เพราะว่า เป็นแรงคู่กิริยากับแรงของไม้พายกระทำต่อน้ำ ซึ่งมีทิศไปข้างหน้า มีผลทำให้เรือเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมีสาเหตุมาจาก ความสับสนในมโนมติของแรงคู่กิริยา อาจไม่ทราบว่า แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาจะเกิดที่ตำแหน่งไหนอย่างไร และ มีผลอย่างไร เนื่องจากเมื่อดูที่เหตุผลในการเลือกตอบถูกต้อง แต่เวลาเลือกตอบตอบในส่วนของแรงกิริยาแทน หรือไม่ก็ นักเรียนตอบโดยการเดาสุ่ม

คำถามข้อ 40 กำหนดว่า ถ้าแขวนวัตถุก้อนหนึ่งหนัก mg กับเพดานด้วยเชือกดังรูป ถามว่าแรงปฏิกิริยาของน้ำหนักของวัตถุ คือแรงในข้อใด คำตอบที่ถูกต้อง แรงปฏิกิริยาของน้ำหนักของวัตถุ คือ แรงที่วัตถุดึงดูดโลก เพราะว่า น้ำหนักเป็นแรงที่โลกส่งมาดึงดูดวัตถุ แรงคู่กิริยา จึงเป็นแรงวัตถุส่งมาเพื่อดึงดูดโลกนั่นเอง พบว่า มีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องจำนวน 19.40% ซึ่งในจำนวนนี้มีผู้ที่มีมโนมติถูกต้องจำนวน 13.71% และมีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

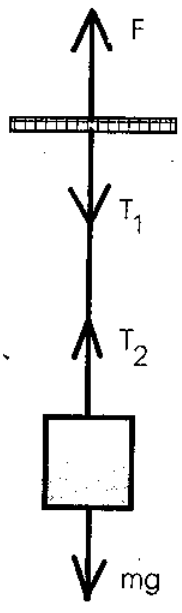


40.1 นักเรียนจำนวน 26.42% ตอบว่า แรงปฏิกิริยาของน้ำหนักของวัตถุคือ แรงตึงเชือก เพราะว่า แรงตึงเชือกจะ มีขนาดเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ และมีทิศทางตรงกันข้าม ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะมีสาเหตุคล้ายกับข้อ 38.1 คือ นักเรียนไม่สามารถแยกข้อแตกต่างระหว่างคู่กิริยา ณ ตำแหน่งใดๆ กับแรงที่กระทำต่อระบบใดๆ ได้ สำหรับข้อนี้เมื่อระบบ มวล m แขวนในสภาพนิ่ง ดังรูป ทำให้นักเรียนอาจคิดว่า จะเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน คือ แรงตึงเชือก T จะมีขนาดเท่ากับน้ำหนัก mg และมีทิศทางตรงกันข้าม นั่นคือ แรง T จึงเป็นแรงคู่กิริยาของแรงเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุ



40.2 นักเรียนจำนวน 14.72% ตอบว่า แรงปฏิกิริยาของน้ำหนักของวัตถุ คือ แรงที่เชือกดึงวัตถุ เพราะว่า แรงที่เชือกดึงวัตถุนั้น เป็นแรงคู่กิริยากับแรงที่วัตถุดึงเชือก โดยแรงที่วัตถุดึงเชือก จะมีขนาดเท่ากับ mg และมีทิศทางตรงกันข้าม ความคลาดเคลื่อนในข้อนี้ น่าจะมีสาเหตุคล้ายกับข้อ 40.1 แต่ถ้าดูในส่วนของเหตุผล นั้นนักเรียนพอจะมีมโนมติเกี่ยวกับแรงคู่กิริยาของแรงที่เกิดขึ้นในเส้นเชือก แต่อาจจะมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับน้ำหนักของวัตถุ

สำหรับข้อนี้ ครูอาจอธิบายให้ได้ โดยการเขียนภาพแสดง พร้อมการอธิบายเพิ่มเติม ดังข้อ 38



40.3 นักเรียนจำนวน 11.04% ตอบว่า แรงปฏิกิริยาของน้ำหนักของวัตถุ คือ แรงที่เพดานดึงเชือก เพราะว่า แรงที่เพดานดึงเชือกจะมีทิศขึ้นข้างบน โดยมีขนาดเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ แต่มีทิศทางตรงกันข้าม จึงเป็นแรงคู่กิริยากัน โดยมีเส้นเชือกเป็นตัวส่งผ่านแรง สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในข้อนี้น่าจะคล้ายกับข้อ 38.1 โดยนักเรียนอาจคิดว่า เมื่อ ระบบมวล m ถูกแขวนนิ่ง ดังรูป แรงตึงเชือกเส้น T_2 จะมีขนาดเท่ากับน้ำหนัก (mg) ของวัตถุ และแรงตึงเชือก T_1 มีขนาดเท่ากับ T_2 เพราะเป็นเชือกเส้นเดียวกัน โดยที่แรง T_1 เป็นแรงตึงเชือกซึ่งเชือกออกแรงดึงเพดาน และแรง T_1 จะเป็น แรงคู่กิริยากับแรงที่เพดานดึงเชือก (F) ดังนั้น นักเรียนจึงอาจสรุปว่า แรงที่เพดานดึงเชือก (F) ก็จะเป็นแรงคู่กิริยากับแรงเนื่อง จากน้ำหนักของวัตถุ (mg) ด้วย

โดยภาพรวม จากการศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ ทั้ง 16 มโนมติ พบว่า นักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. มโนมติที่คลาดเคลื่อนที่มีสาเหตุมาจากความรู้พื้นฐานไม่ดีพอ เช่น การจะมีมโนมติที่ถูกต้องในเรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ นักเรียนควรจะมีมโนมติที่ที่ถูกต้องในเรื่อง ปริมาณต่างๆทางฟิสิกส์ การบวก ลบเวคเตอร์ การแยกเวคเตอร์ต่างๆเข้าสู่แกนที่ตั้งฉากกัน การหาเวคเตอร์ลัพธ์โดยวิธีต่างๆ สภาวะนิ่งและสภาวะความเร็วคงตัวของวัตถุ การรักษาสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ กรณีความเร็วคงตัว และกรณีความเร่งคงตัว การอ่านค่าและแปลค่าของปริมาณต่างๆจากกราฟระยะทาง - เวลา กราฟความเร็ว - เวลา กราฟแรง - ความเร่ง แรงลัพธ์เป็นศูนย์ แรงลัพธ์มากกว่าศูนย์ การแปลความหมายสมการการแปรผัน กรณีแปรผันตรง และกรณีแปรผกผัน สนามโน้มถ่วง การเปลี่ยนค่าสนามโน้มถ่วงของโลก แรงคู่กิริยา แรงกิริยา แรงปฏิกิริยา แรงดึงดูด มาก่อน เช่น

- การมีมโนมติพื้นฐานในเรื่อง ปริมาณ และหน่วยของปริมาณทางฟิสิกส์ต่างๆไม่ดีพอ อาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการพิจารณาความแตกต่างของปริมาณเวคเตอร์ ปริมาณสเกลาร์ ตลอดจนหน่วยของปริมาณต่างๆดังกล่าวได้ เช่น การไม่มีมโนมติเกี่ยวกับปริมาณต่างๆ จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการแยกประเภทของปริมาณทางฟิสิกส์ได้ ดังข้อ 2.1 - 2.3

และ 17.1 และการให้ความหมายของปริมาณทางฟิสิกส์บางอย่าง เช่น การให้ความหมายของคำว่า แรง ส่วนใหญ่ มุ่งเน้นไปที่การทำให้วัตถุเกิดการเลื่อนตำแหน่ง จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน ดังข้อ 1.1 ที่ว่า ผลของแรงทำให้วัตถุที่อยู่นิ่งเคลื่อนที่ได้ หรือ 1.2 ที่ว่า ผลของแรง ทำให้เกิดพลังงาน วัตถุจึงเคลื่อนที่ได้

- การมีมโนมติพื้นฐานไม่ดีพอในเรื่อง การบวก ลบเวคเตอร์ การแยกเวคเตอร์เข้าสู่แกนที่ตั้งฉากกัน และการหาเวคเตอร์ลัพธ์โดยวิธีต่างๆ โดยสนใจเพียงคำนิยาม ไม่สนใจแสดงวิธีเขียนเวคเตอร์ที่ถูกต้อง อาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ ดังข้อ 3.1 ,3.2 .4.1 ,5.1, 5.2, และ 31.1

- การมีมโนมติพื้นฐานไม่ดีพอในเรื่อง แรงลัพธ์ สภาวะนิ่ง สภาวะการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว การรักษาสภาพการเคลื่อนที่ และแรงลัพธ์เป็นศูนย์ อาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในเรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่1 ของนิวตัน ตลอดจนการนำกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันไปประยุกต์ใช้ อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ดังข้อ 6.1, 7.1, 7.2, 8.1, 13.2, 17.1, 17.2, 29.1, 29.3, 30.1, 31.1 - 31.3, 32.1,และ 33.1 - 33.3

- การมีมโนมติพื้นฐานไม่ดีพอในเรื่อง การแปลข้อมูลจากกราฟต่างๆ การแปลความสัมพันธ์ต่างๆ และกรณีแรงลัพธ์มีค่ามากกว่าศูนย์ อาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อน ในการศึกษาเรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ตลอดจนการนำกฎการเคลื่อนที่นี้ไปประยุกต์ให้อธิบายในเหตุการณ์ต่างๆ ได้ ดังข้อ 12.1, 13.1, 13.2, 14.1 ,15.1 - 15.3, 16.1, 18.1, 18.2 ,34.1, 34.3, 35.1 และ 36.1 - 36.3

- การมีมโนมติพื้นฐานไม่ดีพอในเรื่อง แรงกิริยา, แรงปฏิกิริยา การเขียนทิศทางของแรงดังกล่าว ณ. ตำแหน่งใดๆ ทำให้นักเรียนเกิดความคลาดเคลื่อนในการศึกษา น้ำหนัก ดังข้อ 19.1, 19.2, 20.1 และ 20.2 เรื่องแรงดึงดูดระหว่างมวล ดังข้อ 24.1, 24.2, 25.1,25.2 เรื่องแรงคู่กิริยาดังข้อ 26.1, 26.2, 27.1 - 27.3,และ 28.1 - 28.3 การศึกษาเรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน ตลอดจนการนำกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ไปประยุกต์ใช้ ดังข้อ 37.1 - 37.3, 38.1 - 38.3, 39.1, 39.2, 40.1, และ 40.2

2. มโนมติคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการที่หนังสือเรียนให้ข้อมูลที่ไม่ครบถ้วนเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดต่อไปในทางที่ผิดได้ เช่น

- จากหนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ ว 422 มีข้อความว่า " วัตถุจะไม่เปลี่ยนสภาพ การเคลื่อนถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ " (กระทรวงศึกษาธิการ,2540:46) จากข้อความดังกล่าว อาจทำให้นักเรียนเข้าใจผิดว่า แรงลัพธ์เป็นศูนย์ คือ ไม่มีแรงใดๆ มากระทำและวัตถุจะอยู่ในสภาพนิ่งดังกรณีข้อ 8.1 และ 16.1 อาจจะยากที่จะแก้ไขได้ในภายหลัง ดังที่ ฟิชเชอร์

(Fisher:1985 อ้างถึง สุวิมล เขี้ยวแก้ว, 2540: 55)ได้สรุปลักษณะของมโนมติที่คลาดเคลื่อนไว้ประการหนึ่งว่า มีความคงทน ไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการสอนแบบธรรมดา ซึ่งความคลาดเคลื่อนในลักษณะนี้สอดคล้องกับที่ สุวิมล เขี้ยวแก้ว (Suwimon Kiokaew , 1989: 15-18) ได้สรุปถึง การเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนไว้ข้อหนึ่งว่า มีสาเหตุมาจากความบกพร่องของตำราเรียน ชมิดท์ (Schmidt, 1987 ;396-404 quoted in Suwimon Kiokaew , 1989:15)

3. มโนมติคลาดเคลื่อนที่มีสาเหตุมาจากกระบวนการคิดที่ผิด ขาดความสามารถในการใช้เหตุผลที่ดี เช่น

- จากฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันที่ว่า วัตถุจะรักษาสภาพหยุดนิ่ง หรือสภาพการเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นตรง นอกจากจะมีแรงที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์มากระทำ นักเรียนใช้กระบวนการคิดในทางกลับว่า เมื่อมีแรงลัพธ์มีค่ามากกว่าศูนย์มากระทำต่อวัตถุเมื่อไรแล้ว วัตถุจะสามารถรักษามีสภาพหยุดนิ่งหรือสามารถรักษาสภาพการเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นตรง ดังข้อ 18.1 ซึ่งความคลาดเคลื่อนในลักษณะนี้สอดคล้องกับที่ สุวิมล เขี้ยวแก้ว (Suwimon Kiokeaw, 1989:15-18) ได้สรุปถึงการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนไว้ข้อหนึ่งว่า มีสาเหตุมาจากการพัฒนาการทางด้านสติปัญญา ที่ยังไม่ดีพอ

4. มโนมติที่คลาดเคลื่อนที่เกิดจากการตีความหมายศัพท์ในทางฟิสิกส์ ซึ่งมีรูปคำคล้ายแต่ความหมายเฉพาะทางที่ต่างจากความหมายทั่วไป ที่นักเรียนมีความคุ้นเคยอยู่ก่อน หรือเป็นคำซึ่งในชีวิตประจำวัน กับในทางวิทยาศาสตร์ใช้คำเดียวกันแต่ความหมายไม่เหมือนกัน เช่น

- นักเรียนเข้าใจในคำว่า "เป็นศูนย์" ว่าหมายถึง ไม่มีอะไร จึงคิดว่า เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ แสดงว่า ไม่มีแรงอะไรมากระทำต่อวัตถุนั้น ดังกรณีข้อ 16.1

ความคลาดเคลื่อนในลักษณะนี้ สอดคล้องกับที่ สุวิมล เขี้ยวแก้ว (Suwimon Kiokeaw, 1989:15-18) ได้สรุปถึงการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนได้ประการหนึ่งว่า มีสาเหตุมาจากภาษา โดยนักเรียน มักนำภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวัน มาปะปนกับศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นหน้าที่ของครูผู้สอน ที่จะช่วยอธิบายหรือเน้นย้ำให้ทราบถึงข้อแตกต่าง และให้นักเรียนได้เข้าใจ มีมโนมติที่ถูกต้องในคำเหล่านั้น

5. มโนมติที่คลาดเคลื่อนที่มีสาเหตุเกี่ยวกับ หน่วยที่ไม่คุ้นเคย ในชีวิตประจำวัน เช่น หน่วยของมวลเป็นกิโลกรัม หน่วยของแรง,และน้ำหนักเป็นนิวตัน ซึ่งเป็นปริมาณและหน่วยของปริมาณทางฟิสิกส์ ส่วนในชีวิตประจำวันการใช้ตาชั่งเพื่อการซื้อขาย เป็นการชั่งน้ำหนักซื้อขายใช้หน่วยเป็นกิโลกรัม ดังกรณีข้อ 21.1, 21.2 ซึ่งบ่อยครั้งที่นักเรียนเกิดความสับสน ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้

นอกจากนั้นครูผู้สอนก็เป็นส่วนหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ซึ่งนอกจากครูผู้สอนจะต้องมีมโนมติที่ถูกต้อง ในเรื่องที่จะสอนแล้ว ยังจำเป็นต้องมีความรู้เรื่องมโนมติที่คลาดเคลื่อนในรูปแบบต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในตัวของนักเรียนได้เพื่อจะได้นำมาเป็นข้อมูลใช้ในการวางแผนการสอน เพื่อป้องกันการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน ซึ่งสอดคล้องกับที่ แกเนียล และไอดาร์ (Ganial and Idar,1985 อ้างถึงสุวิมล เขียวแก้ว,2540: 60) ได้เสนอแนะแนวทางที่เป็นไปได้ในการขจัดมโนมติที่คลาดเคลื่อนดังนี้

1. ครูต้องมีความรู้ในเนื้อหาที่สอนเป็นอย่างดี

2. ครูต้องมีความเข้าใจในเรื่อง แนวคิด ความรู้พื้นฐาน ประสบการณ์เดิม ของนักเรียนที่ติดตัวมาในชั้นเรียน และมีสามารถในการค้นหาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้

3. ครูต้องใช้ความพยายาม โดยใช้วิธีการที่มีประสิทธิภาพ ในการชี้ให้นักเรียนเห็นความคลาดเคลื่อนของแนวคิดที่มีอยู่ แล้วครูจึงพยายามจัดการให้นักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งที่ถูกต้อง ซึ่งอาจทำได้โดย

3.1 ครูพยายามใช้คำถามเพื่อสำรวจมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ซึ่งแน่นอนว่า ต้องไม่ใช่คำถามที่ต้องการคำตอบจากความจำ แต่เป็นคำถามที่ต้องใช้ความสามารถระดับสูงขึ้นไป เช่น ถามว่า อย่างไร เพราะเหตุใด ตลอดจนคำถามให้ประเมินค่า

3.2 ให้การตอบสนองแก่นักเรียนโดยทันทีว่า แนวความคิดของเขาในเรื่องดังกล่าวนั้น มีความถูกต้องแม่นยำเพียงใด

2. ผลการเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อน จำแนกตามเพศ

จากผลการวิจัยพบว่า โดยภาพรวม นักเรียนชายและนักเรียนหญิง ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดพัทลุง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง มวล แรงและกฎการเคลื่อนที่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนหญิงมีมโนมติที่ถูกต้องมากกว่านักเรียนชาย ($\overline{X}_{\text{หญิง}}$ = .2694 , $\overline{X}_{\text{ชาย}}$ = .2401) และพิจารณาแยกในแต่ละมโนมติ พบว่า มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันระหว่างนักเรียนชายกับนักเรียนหญิงอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ที่ระดับ .05 จำนวน 2 มโนมติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ไกรรักษ์ โชติรัตน์ (2537 : บทคัดย่อ) และ ชลิดา พลแสน (2533 : บทคัดย่อ) ที่พบว่า นักเรียนชายมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนหญิง เช่นกัน ซึ่งสาเหตุที่เป็นเช่นนี้ อาจเป็นเพราะในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย นักเรียนจะเป็นช่วงการเป็นวัยรุ่นที่สมบูรณ์ นักเรียนชายจะมีส่วนร่วมกิจกรรมต่างๆ ชอบโลดโผน คึกคะนอง ดังที่ ศรีเรือน แก้วกังวาล (2540: 363) ได้กล่าวไว้ว่า " ชายวัยรุ่นชอบการเล่นที่ผาดโผน ตื่นเต้น ใช้พละกำลังมากๆ หญิงชอบเล่นที่ไม่หักโหมรุนแรงมาก และอยู่ใน

กรอบระเบียบมากกว่าชาย " และอุบลรัตน์ เพ็งสถิตย์ (2532: 235) กล่าวไว้ว่า " เพศจะทำให้เกิดความแตกต่างในลักษณะของการฝึกทักษะ เช่น เพศชาย จะสามารถฝึกทักษะในลักษณะที่ใช้พลังงานมากได้ดีกว่าเพศหญิง หรือเพศหญิงจะสามารถฝึกหัดในสิ่งที่ละเอียดอ่อนได้ดีกว่าชาย " ดังนั้น ผู้ชายจึงมีความตั้งใจ มีความอดทนที่จะศึกษาและทำความเข้าใจมโนมติต่างๆน้อยกว่าผู้หญิง โอกาสที่จะรับรู้ข้อมูล ความรู้ต่างๆอย่างมีลำดับขั้น มีขั้นตอน ก็จะน้อยกว่าผู้หญิงด้วย

จากผลการวิจัยยังพบว่า นักเรียนจำนวนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกันจำนวน 14 มโนมติ ซึ่งมีบางมโนมติที่ทีค่า $\bar{X}$ ค่อนข้างต่ำ คือ มโนมติที่ 4,9,16 และ 12 โดยรวมแล้วอาจกล่าวได้ว่าโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนในนักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีได้เท่าๆกัน โดยไม่เลือกว่าเป็นนักเรียนเก่งมากหรือน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนภาพร แถวโนนงิ้ว (2537: บทคัดย่อ) และ ฐิติมา สุขภิมนตรี (2531 :บทคัดย่อ) ที่พบว่า ในมโนมติบางเรื่องนักเรียนชายกับ นักเรียนหญิง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

3. ผลการเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อน จำแนกตามขนาดโรงเรียน

จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ในจังหวัดพัทลุง ที่ศึกษาในโรงเรียนที่มีขนาดต่างกัน มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยเมื่อพิจารณาในแต่ละมโนมติแล้วพบว่า นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนที่มีขนาดต่างกัน มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกัน จำนวน 6 มโนมติ และเมื่อเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีการของเชฟเฟ พบว่า นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดกลาง และขนาดใหญ่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดเล็ก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จำนวน 3 มโนมติ นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่า นักเรียนที่ศึกษาขนาดเล็ก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 จำนวน 1 มโนมติ และที่ระดับ .01 จำนวน 2 มโนมติ นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่ มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 จำนวน 1 มโนมติ นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่ และโรงเรียนขนาดกลาง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ และโรงเรียนขนาดเล็ก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 จำนวน 1 มโนมติ นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่ มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ และโรงเรียนขนาดกลาง อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ที่ระดับ .01 จำนวน 1 มโนมติ และนักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษและโรงเรียนขนาดกลาง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่ และโรงเรียนขนาดเล็ก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 จำนวน 1 มโนมติ

จะเห็นได้ว่า นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดเล็ก มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนค่อนข้างน้อยกว่า นักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดอื่นๆ เพราะ ในโรงเรียนขนาดเล็ก นักเรียนมีจำนวนน้อย ระดับสติปัญญาก็ไม่สูงมากนัก การเรียนการสอนก็จะไม่มุ่งเพื่อการสอบเข้ามหาวิทยาลัยมากนัก ดังนั้น การเรียนการสอน การออกข้อสอบ การวัดผลประเมินผล ก็จะเน้นหรือยึดตามในแบบเรียนเป็นส่วนมาก และเนื้อหาตามในแบบเรียน ก็จะเป็นเนื้อหาที่สอดแทรกมโนมติไว้เป็นส่วนใหญ่ ทำให้นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดเล็ก ได้มีโอกาสที่จะซึมซาบ แนวคิด และทักษะกระบวนการต่างๆทางวิทยาศาสตร์ และมีมโนมติที่ถูกต้องมากกว่า ในขณะที่นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดอื่นๆนั้น การเรียนการสอนของครู มักมุ่งเน้น เพื่อการแข่งขันทุกรูปแบบ เพื่อการสอบเข้ามหาวิทยาลัย โดยส่วนใหญ่ของการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์ จะมุ่งเน้นไปทางด้านฝึกทักษะการคำนวณ เพื่อการนำไปแก้ปัญหาโจทย์ แบบฝึกหัด และนักเรียนส่วนใหญ่ก็ต้องการเช่นนั้น ทำให้นักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจที่ สอดคล้องกับแต่ละมโนมติ ในวิชาฟิสิกส์ จึงทำให้นักเรียนเหล่านี้มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมาก ดังที่ สมนึก บุญพาไสว (2534: 19) ได้กล่าวไว้ว่า" วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ทำให้ผู้เรียนประสบความล้มเหลว เพราะ การเรียนการสอน ครูเน้นผลสุดท้าย คือ การนำไปแก้ปัญหาโจทย์ แบบฝึกหัด ครูส่วนใหญ่มักจะใช้วิธีการสอนโดยเฉพาะทางด้านการคำนวณ โดยไม่มีการสอนความรู้ ความเข้าใจที่สอดคล้องกับมโนมติในวิชาฟิสิกส์ เรื่องนั้นๆอย่างแท้จริง โดยข้ามขั้นตอนที่จะทำให้นักเรียนมีความซึมซาบ แนวคิด หรือมโนมติทางฟิสิกส์เรื่องนั้นๆ "

สำหรับอีก 10 มโนมติ คือ มโนมติที่ 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11,และ 16 นั้น นักเรียนที่ศึกษาในแต่ละขนาดโรงเรียน มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ น่าจะเป็นเพราะเป็นมโนมติที่เกิดการคลาดเคลื่อนได้ง่าย และมีโอกาสที่จะเกิดการคลาดเคลื่อนได้กับนักเรียนที่เก่งมากหรือน้อยได้ในโอกาสที่เท่าๆกันทุกขนาดโรงเรียน ผลการวิจัยที่พบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ฐิติมา สุขภิมนตรี (2521 : บทคัดย่อ) ที่พบว่า ในมโนมติบางเรื่อง ไม่พบความแตกต่างระหว่างนักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

ควรนำผลที่พบจากการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนมติที่คลาดเคลื่อนเรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ มาเป็นข้อมูลในการวางแผน เพื่อป้องกันและแก้ไขสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องดังนี้

จากผลการวิจัยครั้งนี้ทำให้เราทราบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ในจังหวัดพัทลุง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ เรื่องมวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ ค่อนข้างสูง ดังนั้นเพื่อเป็นเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1.1 ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ควรจะนำผลการวิจัยที่พบว่า มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในลักษณะใดบ้างมาเป็นข้อมูลในการวางแผนการสอน คิดค้นวิธีการสอน ปฏิบัติการสอน จัดกิจกรรมและสร้างสื่อประกอบการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ ในการป้องกันไม่ให้นักเรียนเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน โดยเฉพาะมโนมติที่พบว่ามีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ มโนมติที่ 4, 9, 16,12, และ 6 ตามลำดับ ดังนั้น ในการเรียนการสอน ครูผู้สอนควรบอกให้นักเรียนทราบว่า เนื้อหาที่นักเรียนกำลังเรียนอยู่นั้น เคยมีผู้ที่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในลักษณะใดบ้าง โดยยกตัวอย่างเกี่ยวกับมโนมติที่คลาดเคลื่อนในลักษณะต่างๆ และอธิบายถึงมโนมติที่ถูกต้องให้นักเรียนเข้าใจชัดเจน โดยอาจใช้สื่อประกอบการเรียนการสอนในลักษณะเป็นภาพจำลอง ตลอดจนการทดลองปฏิบัติการทดลอง เพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างมโนมติได้ถูกต้องตามที่ครูต้องการ ควรหลีกเลี่ยงการบรรยายโดยปล่อยให้ นักเรียนเป็นฝ่ายสร้างจินตนาการด้วยตนเอง เพราะว่านักเรียนจะสร้างภาพที่ผิดหรือถูกอย่างไรนั้น ยากที่ครูจะทราบได้ในขณะที่ทำการสอน

1.2 ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ควรทดสอบตนเองเพื่อจะได้ทราบว่า ตนเองมีมโนมติที่ถูกต้องในเนื้อหาที่จะสอนหรือไม่ อาจจะทำการทดสอบได้ด้วยตนเองโดยใช้เครื่องมือวัดที่มีคุณภาพ และมีเฉลยและวิเคราะห์คำตอบโดยละเอียด เพื่อให้ครูสามารถทำความเข้าใจได้ด้วยตนเอง

1.3 ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ ควรมีวิธีการนำแบบทดสอบ มโนมติที่คลาดเลื่อนในวิชาฟิสิกส์ไปใช้ในการเรียนการสอน เป็นการประเมินผลนักเรียน ถ้าพบว่ามีมโนมติที่นักเรียนไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อนอยู่ ก็จะได้หาแนวทางในการป้องกันและแก้ไขไม่ให้เกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน โดยครูอาจใช้วิธีการดังนี้

1.3.1 ในการเรียนเนื้อหาในบทเรียนต่างๆ เมื่อจบบทเรียนแต่ละเรื่อง หรือแต่ละเนื้อหาครูควรทำการทดสอบมโนมติวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน และเมื่อเสร็จสิ้นการสอบ ควรเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียนทราบ เพื่อให้นักเรียนจะได้ทราบว่า สิ่งที่เขาคิดและกระทำลงไปนั้น ถูกหรือผิดอย่างไร และครูจะได้ทำการแก้ไขให้นักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้อง ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องนั้น และสนใจที่จะเรียนเรื่องต่อไป โดยมีพื้นฐานที่ถูกต้อง ทำให้นักเรียนเรียนรู้เรื่องใหม่ได้รวดเร็ว และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาฟิสิกส์ด้วย

1.3.2 นักเรียนส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยกับแบบทดสอบแบบเลือกตอบ ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เดาสุ่มในตัวเลือก ทำให้ครูไม่สามารถทราบได้ว่า นักเรียนมีมโนมติในวิชาฟิสิกส์ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อนเพียงใด และลักษณะข้อสอบแบบนี้ ยังมีผลทำให้นักเรียนขาดทักษะในการเขียน การอธิบายหรือการบรรยายวิธีการหาคำตอบหรือแสดงที่มาของคำตอบนั้น ดังนั้น ครูผู้สอน ควรเพิ่มทักษะในการเขียน อธิบายคำตอบหรือให้นักเรียนแสดงวิธีอย่างละเอียด โดยการออกข้อสอบแบบอัตนัยบ้าง ซึ่งโดยวิธีนี้จะทำให้ครูเข้าใจนักเรียน และทำให้ทราบว่า นักเรียนมีความรู้ มากน้อยเพียงใด มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องใดบ้าง จะได้หาวิธีการแก้ไขให้นักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้อง

1.4 จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนชายและนักเรียนหญิง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกัน โดยนักเรียนชายมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนสูงกว่านักเรียนหญิง ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอน ครูผู้สอนควรดูแลและเอาใจใส่กับนักเรียนชายให้มากขึ้น เพื่อจะได้ลดการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน ในนักเรียนชาย

1.5 จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนจากโรงเรียนขนาดต่างกันมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนต่างกัน โดยเฉพาะนักเรียนจากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ขนาดใหญ่ และขนาดกลาง มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนจากโรงเรียนขนาดเล็ก ฉะนั้นผู้บริหารโรงเรียนและผู้มีส่วนรับผิดชอบควรให้ความสำคัญต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น ส่งเสริมกิจกรรมทางวิชาการแก่นักเรียนเพื่อพัฒนาความสามารถของนักเรียนให้เท่าเทียมกัน

1.6 ผู้บริหารโรงเรียนควรให้การสนับสนุน ส่งเสริมและพัฒนาสมรรถภาพการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของครู โดยอาจให้เข้ารับการอบรมสัมนาเกี่ยวกับการสอนวิยาศาสตร์ การใช้อุปกรณ์ประกอบการสอน การนิเทศภายใน เทคนิควิธีการสอนให้นักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้อง ตลอดจนการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม เพื่อให้ความความเข้าใจในมโนมติต่างๆอย่างชัดเจนและถูกต้อง

1.7 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ควรจัดให้มีการอบรมครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ในระดับต่างๆ เพื่อเน้นให้เห็นถึงความสำคัญของการเรียนการสอน เพื่อ

ให้ตระหนักถึงการเกิดมโนมติที่ถูกต้องในวิชาฟิสิกส์ ตลอดจนลำดับขั้นในการสอนเพื่อให้เกิดมโนมติที่ถูกต้อง

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรทำการศึกษาถึงปัจจัย และสาเหตุของการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเพื่อหาแนวทางป้องกันและแก้ไข นอกจากนั้นอาจจะทำการวิจัยทดลองใช้มาตรการต่างๆ ที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันไม่ให้เกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน

2.2 ควรทำการศึกษาเรื่องเดียวกันนี้กับกลุ่มประชากรอื่นๆ เพื่อจะได้เปรียบเทียบผลการวิจัยว่าแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

2.3 ควรทำการศึกษามโนมติอื่นๆ ในวิชาฟิสิกส์ นอกเหนือจากที่ได้ศึกษามาแล้วเพื่อจะได้ผลการวิจัยที่กว้าง และครอบคลุมยิ่งขึ้น

2.4 ควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมโนมติวิชาฟิสิกส์ กับเรื่องต่างๆ เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ วิธีการสอนของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ สภาพทางเศรษฐกิจ สังคม และอาชีพของผู้ปกครองของนักเรียน และประสบการณ์การสอนของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์