

การศึกษาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องพลังงานและโมเมนตัม โดยใช้แบบทดสอบความเข้าใจเรื่องพลังงานและโมเมนตัม

ชาณวิทย์ คำเจริญ*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องพลังงานและโมเมนตัมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในอำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ รวมทั้งสิ้น 129 คน โดยใช้แบบทดสอบความเข้าใจเรื่องพลังงานและโมเมนตัม (Energy and Momentum Conceptual Survey; EMCS) ซึ่งแบบทดสอบ EMCS เป็นแบบทดสอบที่มีมาตรฐานและได้รับการยอมรับในวงกว้างในงานวิจัยทางฟิสิกส์ศึกษา (Physics Education Research; PER) ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเคยผ่านการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานเรื่อง งาน พลังงาน และโมเมนตัม มาแล้ว การวิเคราะห์ผล ได้วิเคราะห์จากตัวเลือกของข้อความที่นักเรียนตอบ โดยแบ่งกลุ่มคำถามออกเป็น 7 กลุ่มตามบริบทของเนื้อหาเรื่องพลังงานและโมเมนตัมคือ หลักการอนุรักษ์พลังงาน งานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก งานที่เกิดจากแรงไม่อนุรักษ์ กฎอนุรักษ์โมเมนตัมของการชน การชนกันของวัตถุแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมและ โมเมนตัมเชิงเส้น จากการวิจัยพบว่ากลุ่มเป้าหมาย มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของงานที่กระทำต่อวัตถุ กฎการอนุรักษ์พลังงาน กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมสำหรับการชนในแบบต่างๆ

คำสำคัญ : ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน, พลังงานและโมเมนตัม, แบบทดสอบมโนคติเรื่องพลังงาน, โมเมนตัม

* อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Corresponding author, email: chancharean.doc@gmail.com, Tel. 081-5957106

Received : May 30, 2019; Revised : August 13, 2019; Accepted : September 12, 2019

Study of the Misconceptions about the Energy and Momentum by Using Energy and Momentum Conceptual Survey

Chanwit Kamcharean*

Abstract

This research aimed to study the understanding of high school students in Chiangmai about energy and momentum. The participants were 129 students. The instrument used in this study was Energy and Momentum Conceptual Survey (EMCS) which is standardized and widely accepted in Physics Education Research (PER). The samples used to study fundamental physics on the topic of work, energy and momentum in high-school. The analytic data came from the students who response toward 7 clusters of EMCS. It consisted of the conservation of energy, work done by gravitational force, work done by non-conservative forces, momentum conservation in collision, elastic-inelastic collision and change of momentum and Linear momentum. The study found that the students have a misconception about the factors of magnitude of work on an object, the conservation of energy and the momentum conservation in collision.

Keywords : Misconception Evaluation, Energy and Momentum, Energy and Momentum Conceptual Survey, Momentum

* Instructor, Faculty of Science and Technology, Chiangmai Rajabhat University

Corresponding author, email: chancharean.doc@gmail.com, Tel. 081-5957106

Received : May 30, 2019; **Revised** : August 13, 2019; **Accepted** : September 12, 2019

ความสำคัญของปัญหาการวิจัย

แบบทดสอบแบบปรนัยที่มีคุณภาพดี สามารถใช้ตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นทางเลือกที่ประหยัดสะดวก และง่ายต่อการบริหารจัดการ สามารถตรวจและให้คะแนนตามวัตถุประสงค์ที่สอดคล้องกับการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อนำมาใช้เพื่อเปรียบเทียบและแบ่งระดับความเข้าใจของผู้เรียนหรือใช้ประเมินรูปแบบวิธีการสอนได้ แต่มีจุดอ่อนที่สำคัญประการหนึ่งคือไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงกระบวนการคิดและเหตุผลในการให้คำตอบทั้งหมดได้ แบบทดสอบแบบปรนัยที่ได้รับการพัฒนาแล้วจึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและสามารถนำไปประเมินความเข้าใจของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาหนึ่งทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญ เป็นวิชาที่ศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ทางธรรมชาติ เพื่อให้เข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น สำหรับวิชาฟิสิกส์ผู้เรียนส่วนใหญ่คิดว่าเป็นวิชาที่ยากและยากที่ผู้เรียนบางคนจะทำความเข้าใจ ผู้เรียนมักจะมีการแยกองค์ความรู้ออกเป็นเรื่องๆ ขึ้นอยู่กับบริบทที่สอดคล้องกัน ผู้เรียนบางคนคิดว่าเนื้อหาในวิชาฟิสิกส์เป็นเนื้อหาและข้อมูลที่เชื่อมโยงกันแต่เรียนรู้เนื้อหาในแต่ละเรื่องแยกออกจากกันทำให้ผู้เรียนบางคนรับรู้และมีความเข้าใจในการเรียนฟิสิกส์โดยใช้การท่องจำสูตรเพื่อแก้โจทย์ปัญหาทำให้ขาดความเข้าใจเชิงลึก และขาดการประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งเป็นปัญหาที่พบมากโดยทั่วไป ในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ (Hammer, 1994) รวมไปถึงการเรียนการสอนฟิสิกส์ในเรื่องพลังงานและโมเมนตัม ซึ่งจากงานวิจัยพบว่า ผู้เรียนยังขาดความสามารถในการให้เหตุผลและประยุกต์หลักการต่างๆ เพื่อแก้โจทย์ปัญหา ผู้เรียนส่วนใหญ่จะเลือกใช้สูตรที่เหมาะสมโดยไม่สามารถบอกเหตุผลได้ว่า ทำไมจึงเลือกเช่นนั้น ทำให้ผู้เรียนขาดความเข้าใจในแนวคิดที่สำคัญ (ลลิตา สารสุวรรณ และ วิมล สำราญวานิช, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่า นักเรียนจะใช้ความคิดหรือประสบการณ์เดิมในการอธิบายคำตอบและมักจะยึดติดกับความเข้าใจที่ตนเองสร้างขึ้นตามประสบการณ์และการเรียนการสอนในอดีต (น้ำค้าง จันเสริม, 2551) ซึ่งถ้าหากผู้เรียนขาดความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดก็อาจจะเป็นปัญหาในการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นไปและทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวความคิดเกี่ยวกับฟิสิกส์ที่แตกต่างจากผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญทางด้านฟิสิกส์ (Redish, Saul and Steinberg, 1998)

จากงานวิจัยที่ผ่านมา มีการนำแบบทดสอบความเข้าใจเรื่องพลังงานและโมเมนตัม (Energy and Momentum Conceptual Survey; EMCS) ไปใช้ในการศึกษาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเช่น งานวิจัยของ Bekele Gashe Dega ได้นำแบบทดสอบ EMCS ไปทดสอบกับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 108 คน ที่เพิ่งเข้ามาเรียนในมหาวิทยาลัยในประเทศเอธิโอเปีย ผลการวิจัยค้นพบว่า นักศึกษายังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพลังงานและโมเมนตัม และยังขาดความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับการเปลี่ยนรูปพลังงานและการถ่ายเทโมเมนตัม (Bekele Gashe Dega, 2019) และงานวิจัยของ Semih, Neşet และ AyşeGül ได้นำแบบทดสอบ EMCS ไปทดสอบหาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนกับนักเรียนเกรด 11 พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพลังงานและโมเมนตัม และจากการวิเคราะห์ผลการวิจัยยังพบว่า นักเรียนประสบปัญหาเกี่ยวกับการนำความรู้เกี่ยวกับกฎอนุรักษ์พลังงานและกฎอนุรักษ์โมเมนตัมไปประยุกต์ใช้ร่วมกัน (Semih, Neşet and AyşeGül, 2015)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิด ที่ต้องการศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนในเรื่องพลังงานและโมเมนตัม โดยใช้แบบทดสอบ EMCS ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่มีมาตรฐานและได้รับการยอมรับในวงกว้างในงานวิจัยทางฟิสิกส์ศึกษา (Singh and Rosengrant, 2003) โดยแบบทดสอบ EMCS ที่นำมาใช้ในครั้งนี้แปลโดยผู้วิจัย และให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องและ ใช้สำรวจความเข้าใจกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในอำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ รวมทั้งสิ้น 129 คน โดยนักเรียนได้ผ่านการเรียนวิชาฟิสิกส์ในหัวข้อเรื่องพลังงานและโมเมนตัม โดยผลจากการวิจัยที่ได้จะนำมาวิเคราะห์หาความเข้าใจของนักเรียน

และนำไปวางแผน ออกแบบ วิธีการจัดการเรียนการสอน เพื่อปรับปรุงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้ถูกต้อง

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องพลังงานและโมเมนตัมของนักเรียน ในอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้แบบทดสอบ EMCS

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในอำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ปี รวมทั้งสิ้น 129 คน โดยขอบเขตด้านเนื้อหาคือเรื่องพลังงานและโมเมนตัม ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยตัวแปรต้นของการวิจัยในครั้งนี้คือ แบบทดสอบ EMCS และตัวแปรตาม คือ ความเข้าใจของนักเรียนเรื่อง พลังงานและโมเมนตัม

นิยามศัพท์เฉพาะ

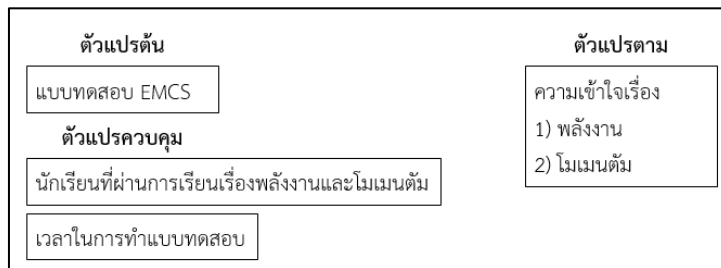
1. แบบทดสอบเรื่องพลังงานและโมเมนตัม (Energy and Momentum Conceptual Survey : EMCS) คือ เครื่องมือที่ใช้สำรวจความเข้าใจเรื่อง พลังงานและโมเมนตัม ประกอบด้วยข้อสอบแบบปรนัย จำนวน 25 ข้อ ซึ่งมีเนื้อหาเรื่อง พลังงานและโมเมนตัม
2. พลังงาน คือ ปริมาณที่เกิดขึ้นจากแรงกระทำที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ พลังงานศักย์ และพลังงานจลน์
3. โมเมนตัม คือ ปริมาณที่บ่งบอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลกับความเร็วของวัตถุ

การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มเป้าหมาย

ผู้วิจัยคำนึงถึงการพิทักษ์สิทธิของกลุ่มเป้าหมายโดยทำหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลวิจัยต่อผู้อำนวยการสถานศึกษาทั้งสอง ต่อจากนั้น ผู้วิจัยได้เข้าพบกลุ่มเป้าหมายก่อนการเก็บข้อมูลวิจัย โดยได้ชี้แจงและอธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยให้กลุ่มเป้าหมายทราบ พร้อมทั้งแจ้งกลุ่มเป้าหมายให้ทราบว่า ผลการวิจัยที่ได้จากกลุ่มเป้าหมายจะถือเป็นความลับและไม่มีผลต่อการประเมินผลการเรียนของกลุ่มเป้าหมาย โดยผลการวิจัยจะนำไปใช้ประโยชน์ในทางวิชาการเท่านั้น ผลการวิจัยจะไม่เปิดเผยชื่อของกลุ่มเป้าหมาย และ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกทำลายภายในระยะเวลา 1 ปี เมื่องานวิจัยได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่แล้ว

กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยเรื่อง การสำรวจความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องพลังงานและโมเมนตัมโดยใช้แบบทดสอบความเข้าใจเรื่องพลังงานและโมเมนตัม ดังแสดงในภาพ 1



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยเรื่อง การสำรวจความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องพลังงานและโมเมนตัม โดยใช้แบบทดสอบความเข้าใจเรื่องพลังงานและโมเมนตัม

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงพรรณนา (Descriptive Research) ศึกษาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องพลังงานและโมเมนตัมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ด้วยแบบทดสอบ EMCS โดยแบบทดสอบ EMCS ที่นำมาใช้ในครั้งนี้นำมาจากแบบทดสอบ Energy and Momentum Conceptual Survey ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ได้มาตรฐานและเป็นที่ยอมรับในงานวิจัยทางด้านฟิสิกส์ศึกษา (Singh and Rosengrant, 2003) แบบทดสอบที่แปลเรียบร้อยแล้วได้นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นอาจารย์ของภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จำนวน 5 ท่านเป็นผู้ตรวจสอบและประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของการแปลแบบทดสอบเป็นภาษาไทย (The Index of Item Objective Congruence; IOC) ได้ค่า IOC เท่ากับ 0.87 แบบทดสอบ EMCS เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 5 ตัวเลือก ประกอบด้วยคำถามทั้งหมดจำนวน 25 ข้อ กลุ่มคำถามของแบบทดสอบแบ่งออกเป็น 7 กลุ่มตาม บริบทของเนื้อหาเรื่อง พลังงานและโมเมนตัม รายละเอียดของกลุ่มคำถามของแบบทดสอบทั้ง 7 กลุ่มแสดงรายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1 ข้อมูลแสดงรายละเอียดของกลุ่มคำถามของแบบทดสอบทั้ง 7 กลุ่ม

กลุ่มคำถาม	เนื้อหาของกลุ่มคำถาม	คำถามข้อที่	จำนวนข้อคำถาม
1	หลักการอนุรักษ์พลังงาน	2, 4, 15, 22, 13, 17	6
2	งานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก	1, 6, 8, 20	4
3	งานที่เกิดจากแรงไม่อนุรักษ์	9, 12, 24, 25	4
4	กฎอนุรักษ์โมเมนตัมของการชน	5, 10, 21	3
5	การชนกันของวัตถุแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น	3, 11, 14	3
6	การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม	16, 19, 23	3
7	โมเมนตัมเชิงเส้น	7, 18	2

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบ EMCS สำรวจความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที (Singh and Rosengrant, 2003) โดยที่กระดาษคำตอบมีช่องว่างให้ใส่เหตุผลในการตอบของแต่ละข้อคำถาม เพื่อทราบเหตุผลในการตอบคำถามข้อนั้นๆ ของนักเรียนแล้ว

นำคำตอบที่ได้มาวิเคราะห์ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) วิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่ได้จากแบบทดสอบ EMCS โดยใช้ สถิติพรรณนา คือ ค่าร้อยละ ตามกลุ่มคำถามของแบบทดสอบ และ 2) วิเคราะห์ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่างจากเหตุผลในการตอบโดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ของคำตอบในแต่ละกลุ่มคำถาม

ผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาจากคำตอบของกลุ่มเป้าหมายที่ตอบคำถามของแต่ละกลุ่มคำถาม แสดงผลร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบคำถามในแต่ละข้อแสดงได้ดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบคำถามในแต่ละกลุ่มคำถาม

กลุ่มคำถาม	ข้อคำถาม	ร้อยละของนักเรียนที่ตอบในแต่ละตัวเลือก				
		ก	ข	ค	ง	จ
1 หลักการอนุรักษ์พลังงาน	2	17.05	13.18	24.03	16.28	<u>29.46*</u>
	4	<u>23.26*</u>	20.93	15.50	27.13	13.18
	13	12.40	47.29	<u>24.03*</u>	11.63	4.65
	15	<u>27.91*</u>	8.53	29.46	27.12	6.98
	17	17.05	<u>41.09*</u>	20.93	15.50	5.43
	22	17.83	12.41	28.68	<u>15.50*</u>	25.58
2 งานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก	1	8.53	<u>12.40*</u>	52.71	24.03	2.33
	6	10.08	10.08	<u>17.05*</u>	55.04	7.75
	8	24.81	8.53	<u>30.23*</u>	24.03	12.40
	20	<u>17.05*</u>	20.93	18.60	34.88	8.54
3 งานที่เกิดจากแรงไม่อนุรักษ์	9	8.53	<u>12.40*</u>	52.71	24.03	2.33
	12	10.08	10.08	17.05	<u>55.04*</u>	7.75
	24	24.81	8.53	<u>30.23*</u>	24.03	12.40
	25	<u>17.05*</u>	20.93	18.60	34.88	8.53
4 กฎอนุรักษ์โมเมนตัมของการชน	5	20.93	6.20	14.73	<u>32.56*</u>	25.58
	10	24.81	36.43	19.38	<u>17.05*</u>	2.33
	21	24.81	32.56	<u>24.03*</u>	12.40	6.20
5 การชนกันของวัตถุแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น	3	41.09	<u>24.81*</u>	15.5	11.63	6.97
	11	13.68	25.58	23.29	25.78	<u>11.67*</u>
	14	11.63	18.6	18.6	<u>41.86*</u>	9.31
6 การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม	16	21.70	31.78	<u>27.91*</u>	11.63	6.98
	19	8.53	<u>20.93*</u>	28.68	24.81	17.05
	23	13.18	<u>18.60*</u>	38.76	20.16	9.30
7 โมเมนตัมเชิงเส้น	7	18.60	14.73	10.08	42.64	<u>13.95*</u>
	18	24.81	19.38	20.15	10.85	<u>24.81*</u>

*จำนวนร้อยละของนักเรียนที่ตอบคำถามถูกในแต่ละข้อของแต่ละกลุ่มคำถาม

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียน ส่วนใหญ่ยังตอบคำถามถูกในแต่ละข้อไม่ถึง ร้อยละ 50 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพลังงานและโมเมนตัม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตัวเลือกที่ผิดสรุปเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในแต่ละกลุ่มคำถามคือ คำถามกลุ่มที่ 1 มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ หลักการอนุรักษ์พลังงาน จากผลการวิจัยพบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนคือ ความชันของพื้นเอียงและน้ำหนักที่มากกว่ามีผลทำให้มีอัตราเร็วมากกว่า ระยะทางและเวลาที่สั้นกว่ามีผลทำให้มีอัตราเร็วที่มากกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในข้อ 13 จำนวนนักเรียนที่เลือกตอบข้อ ข. พลังงานจลน์ของระบบในกรณี (i) มีค่ามากกว่า กรณี (ii) มีจำนวนถึง ร้อยละ 47.29 และในข้อ 22 จำนวนนักเรียนที่เลือกตอบข้อ ค. มีจำนวนถึงร้อยละ 28.68 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า นักเรียนพิจารณาเฉพาะ ความสูง ความชันและระยะทางเท่านั้นที่มีผลต่ออัตราเร็วโดยไม่ได้คำนึงถึงกฎอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้ เกิดจากกลุ่มเป้าหมายมีความสับสนในการใช้หลักอนุรักษ์พลังงานในการพิจารณาการเปลี่ยนรูปพลังงาน

คำถามกลุ่มที่ 2 มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ งานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก จากผลการวิจัย พบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนคือ งานที่ทำโดยแรงโน้มถ่วงนั้นขึ้นอยู่กับระยะทางหรือความสูง ซึ่งพบได้อย่างชัดเจนในข้อ 1 ตัวเลือก ค. มีจำนวนถึงร้อยละ 52.71 ที่นักเรียนเข้าใจว่าเส้นทางการเคลื่อนที่มีผลต่องานที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงโดยนักเรียนไม่ได้ตระหนักว่างานมีค่าเท่ากับศูนย์ เกิดขึ้นเมื่อมุมระหว่างแรงและการกระจัดเท่ากับ 90° และในกรณีที่ตั้งกล่องขึ้นตามแนวพื้นเอียงแรงดึงเชือกที่กระทำกับกล่องมีค่าน้อยกว่าน้ำหนักของกล่อง แล้วนักเรียนก็สรุปว่า เกิดงานน้อยกว่างานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก โดยนักเรียนไม่ได้คำนึงถึงระยะทางตามแนวพื้นเอียงซึ่งมีค่ามากกว่าความสูงของพื้นเอียง และ งานที่ทำโดยแรงโน้มถ่วงของการเคลื่อนที่บนพื้นเอียงที่มีความชันมากมีค่ามากกว่าการเคลื่อนที่บนพื้นเอียงที่มีความชันน้อย ซึ่งความชันของพื้นเอียงไม่ได้มีผลต่องานที่เกิดขึ้นจากแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่บนพื้นเอียงที่ความสูงเท่ากัน

คำถามกลุ่มที่ 3 มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ งานที่เกิดจากแรงไม่อนุรักษ์ จากผลการวิจัย พบว่ากรณีที่ไม่มีแรงเสียดทานนักเรียน มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกันคือ เมื่ออัตราเร็วคงตัวและความเร็วคงตัว ทำให้พลังงานกลรวมคงตัวเช่นกัน ซึ่งพบได้จากการที่นักเรียนเลือกตัวเลือก ค. ของข้อ 9 ที่มีจำนวนมากถึงร้อยละ 52.71 และ นักเรียนต้องการทราบค่ามวลที่แท้จริงของวัตถุทั้งสองเพื่อเปรียบเทียบพลังงานจลน์ ซึ่งไม่มีความจำเป็นต้องทราบมวลเพราะการเคลื่อนที่ของมวลทั้งสองใช้แรงและได้ระยะกระจัดเท่ากัน ทำให้เกิดพลังงานจลน์เท่ากันโดยไม่จำเป็นต้องทราบมวลของวัตถุทั้งก่อนก็สามารถทำการเปรียบเทียบพลังงานจลน์ที่เกิดจากการเปลี่ยนรูปพลังงานได้ และในกรณีที่ไม่มีแรงเสียดทานนักเรียน มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนคือ ขนาดของแรงคงตัวที่กระทำกับวัตถุมีค่ามากกว่าขนาดของแรงเสียดทาน งานเนื่องจากแรงเสียดทานที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นบวก

โมเมนตัมของวัตถุคุณความหวังของวัตถุ ซึ่งพบได้ในตัวเลือก ง ข้อ 25 ที่มีจำนวนนักเรียนตอบมากถึงร้อยละ 34.88 โดยนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนคือ โมเมนตัมของวัตถุคุณกับระยะทางที่กล่องเคลื่อนที่ได้ก่อนจะหยุดนิ่งมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของวัตถุ ซึ่งผลคูณของปริมาณดังกล่าวไม่เท่ากับการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์

คำถามกลุ่มที่ 4 มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ กฎอนุรักษ์โมเมนตัมของการชน จากผลการวิจัย พบว่านักเรียน มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนคือ การชนแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่นทำให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากัน และการชนแบบยืดหยุ่นจะมีการส่งผ่านโมเมนตัมในขณะที่การชนแบบไม่ยืดหยุ่นไม่มีการ

ส่งผ่านโมเมนตัม การชนแบบยืดหยุ่นของวัตถุที่เคลื่อนที่เข้าไปชนวัตถุอยู่นิ่งจะมีค่าพลังงานจลน์คงตัว พลังงานจลน์ก่อนชนและพลังงานจลน์หลังชนมีค่าเท่ากัน และเมื่อพิจารณาตัวเลือก ข ในข้อ 10 ซึ่งมีนักเรียนตอบมากถึงร้อยละ 36.43 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการรวมโมเมนตัม โดยไม่ได้คำนึงถึงทิศทางของโมเมนตัมและคิดว่าโมเมนตัมไม่มีทิศทาง จึงทำให้พิจารณาค่าผลรวมโมเมนตัมผิดพลาด และนักเรียนมีความเชื่อว่าโมเมนตัมและพลังงานจลน์จะถูกอนุรักษ์ไว้ในวัตถุแต่ละก้อน และในระบบโมเมนตัมของระบบวัตถุที่อยู่สูงกว่าเคลื่อนที่ลงมาชนกับวัตถุที่อยู่นิ่งมีค่าเท่ากับการเคลื่อนที่ของวัตถุสองก้อนจากความสูงน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของกรณีแรกเคลื่อนที่ลงมาชนกัน และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของวัตถุในระบบไม่มีผลต่อความเร็วเพราะพลังงานกลรวมของระบบมีค่าคงตัว

คำถามกลุ่มที่ 5 มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ การชนกันของวัตถุแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น จากผลการวิจัยพบว่านักเรียน มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนคือ การชนกันแบบยืดหยุ่นของวัตถุที่เคลื่อนที่เข้าไปชนวัตถุที่อยู่นิ่งจะมีค่าพลังงานจลน์ของการชนที่คงตัว พลังงานจลน์ก่อนชนและหลังชนมีค่าเท่ากัน ดังแสดงในตัวเลือก ก ในข้อ 3 ซึ่งมีนักเรียนตอบมากถึงร้อยละ 41.09 ซึ่งนักเรียนไม่ได้คำนึงถึงผลของการถ่ายเทพลังงานจลน์ และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า โมเมนตัมและพลังงานจลน์จะถูกอนุรักษ์ไว้ในวัตถุแต่ละก้อนในระบบ โดยไม่มีการถ่ายเทโมเมนตัมระหว่างวัตถุแต่ละก้อน

คำถามกลุ่มที่ 6 มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม จากผลการวิจัยพบว่านักเรียน มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนคือ การพิจารณาการชนของวัตถุแล้ววัตถุมีการเปลี่ยนรูปพลังงานจากการชน ซึ่งต้องอาศัยหลักของความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนรูปพลังงานมาเชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ภายหลังการชนกันของวัตถุ ซึ่งแสดงให้เห็นจากการที่นักเรียนเลือกตัวเลือก ข ในข้อ 16 ซึ่งมีจำนวนสูงถึงร้อยละ 31.78 และ การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์น้อยกว่าจะทำให้การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมที่น้อยกว่า แรงเฉลี่ยของการชนแล้วอยู่นิ่งมีค่าน้อยกว่าแรงเฉลี่ยของการชนที่มีการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้น ดังจะเห็นได้จากการที่นักเรียนเลือกตอบตัวเลือก ค ในข้อ 23 มากถึงร้อยละ 38.76

คำถามกลุ่มที่ 7 มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ โมเมนตัมเชิงเส้น จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนคือ ขนาดของโมเมนตัมไม่ขึ้นกับน้ำหนักของวัตถุ ซึ่งแสดงให้เห็นจากการที่นักเรียนเลือกตัวเลือก ง ในข้อ 7 มีจำนวนร้อยละ 42.64 ซึ่งมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนคือ มวลไม่มีผลต่อโมเมนตัมของวัตถุ นักเรียนพิจารณาเฉพาะความเร็วของวัตถุแต่เพียงอย่างเดียว และยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนคือ โมเมนตัมไม่พิจารณาทิศทางและโมเมนตัมเป็นปริมาณสเกลาร์

จากผลการวิเคราะห์โดยรวมทั้ง 7 กลุ่มคำถามพบว่า ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนมีสาเหตุหลักมาจากการที่นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงเหตุการณ์จริงที่เกิดขึ้นกับหลักการทางพลังงานและโมเมนตัม จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถอธิบายและตอบคำถามโดยการประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและโมเมนตัมได้ถูกต้อง ซึ่งได้ผลการวิจัยสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Mehmet Sahin ที่ศึกษาผลการใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานได้ค้นพบว่า นักเรียนโดยส่วนใหญ่ประสบปัญหาในการตีความและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทางพลังงานและโมเมนตัมกับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน (Mehmet Sahin, 2010)

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่ากลุ่มเป้าหมายมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอยู่มากในเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของงานที่กระทำต่อวัตถุ กฎการอนุรักษ์พลังงาน กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมสำหรับการชนในแบบต่างๆ ซึ่งความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้มีความสอดคล้องกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่พบในงานวิจัยของ Chandralekha Singh และ David Rosengrant (Singh and Rosengrant, 2003) ซึ่งความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้

ทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเข้ากับหลักการเปลี่ยนแปลงพลังงานของระบบวัตถุ และทำให้นักเรียนไม่สามารถประยุกต์ใช้เรื่องการเปลี่ยนแปลงพลังงานของระบบวัตถุไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ได้ นอกจากนี้แล้วในแบบทดสอบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับโมเมนตัมและการดล(Misconception Diagnostic test in Momentum and Impulse Using Isomorphic Problem) ที่พัฒนาโดย Nadiyah El-Haq Diyanahesa, Sentot Kusairi และ Eny Latifah ได้ค้นพบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในลักษณะเดียวกันคือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมในการชนกันของวัตถุ (Diyanahesa, Kusairi and Latifah, 2017)

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

การค้นพบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้มีประโยชน์ในการนำมาวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อลดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน หรือ เปลี่ยนความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้ถูกต้อง และยังช่วยให้ผู้สอนออกแบบวิธีการสอนตลอดจนใช้สื่อการสอนที่ช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพได้เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนยังสามารถนำมาพัฒนาแบบทดสอบให้เป็นแบบทดสอบชนิด 2 ทาง (Two-tier Test) เพื่อที่จะทราบเหตุผลของการตอบคำถามในแต่ละข้อ ซึ่งแบบทดสอบชนิด 2 ทางมีความสะดวกและรวดเร็วในการวิเคราะห์รูปแบบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนมากๆ ได้ สำหรับข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในครั้งนี้คือ การเก็บข้อมูลจากนักเรียนควรมีการประสานงานกับอาจารย์ผู้สอนในแต่ละครั้งเพื่อขอความร่วมมือกับนักเรียนให้ตอบแบบทดสอบด้วยความเข้าใจของนักเรียนจริงๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำมากที่สุดและแจ้งกับนักเรียนว่า ข้อมูลที่นักเรียนตอบนั้นมีความสำคัญอย่างมากในการพัฒนาการเรียนการสอนฟิสิกส์

ข้อเสนอแนะการทำวิจัยในครั้งต่อไป

ศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้แบบต่างๆ เพื่อแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเรื่องพลังงานและโมเมนตัมที่ค้นพบจากงานวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนฟิสิกส์ นอกจากนี้แล้ว ควรศึกษาแบบทดสอบที่ใช้ในการศึกษาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในหัวข้ออื่นๆ เพื่อที่จะได้มีฐานข้อมูลเกี่ยวกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนครอบคลุมในหลายหัวข้อ ซึ่งจะเป็ประโยชน์ต่อการวางแผนการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ (ศฟ.) สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สบว.) ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่สนับสนุนสถานที่และวัสดุอุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้

.....

เอกสารอ้างอิง

- น้ำค้าง จันเสริม. (2551). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องงานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้วิธี PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN (POE). (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- ลลิตา สารสุวรรณและวิมล สำราญวานิช. (2557). ตัวแทนความคิดเรื่องงานและพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย. *วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. 8(3), 155-163.
- Bekele Gashe Dega. (2019). Cognitive Diagnostic Assessment of Students' responses: An example from energy and momentum concepts. *European J of Physics Education*. 10(1), 13-23.
- Diyanahesa, N.E., Kusairi, S. & Latifah E. (2017). Development of Misconception Diagnostic Test in Momentum and Impulse Using Isomorphic Problem. *Journal of Physics: Theories and Applications*. 1(2), 145-156.
- Hammer, D. (1994). Epistemological beliefs in introductory physics. *Cognition and Instruction*. 12 (2), 151-183.
- Mehmet, S. (2010). The impact of problem-based learning on engineering students' beliefs about physics and conceptual understanding of energy and momentum. *European Journal of Engineering Education*. 35 (5), 519-537.
- Redish, E.F., Saul, J.M. & Steinberg, R.N. (1998). Student expectation in introductory physics. *American Journal of Physics*. 66(3), 212-224.
- Semih, D., Neşet D. & AyşeGül, S. (2015). Eleven grade students' difficulties and misconception about energy and momentum concepts. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*. 6(1), 13-21.
- Singh, C. & Rosengrant, D. (2003). Multiple-choice test of energy and momentum concepts. *American journal of Physics*. 71(6), 607-619.

