

บทความวิจัย (Research Article)

การศึกษาแนวคิดของนักเรียนเรื่องทวิภาวะของคลื่นและอนุภาคตามกรอบ การมองแบบพหุมิติของการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด EXPLORING STUDENTS' CONCEPTION IN WAVE-PARTICLE DUALITY THROUGH MULTIDIMENSIONAL FRAMEWORK OF CONCEPTUAL CHANGE APPROACH

Received: February 15, 2017

Revised: April 15, 2017

Accepted: April 20, 2017

สุทธิพันธุ์ จันทราศรี^{1*} และชาตรี ฝ้ายคำตา²

Suthipan Chanthrasre^{1*} and Chatree Faikhamta²

^{1,2}คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

^{1,2}Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok, 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: suthipan.c@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพจริงก่อนการสอนเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องทวิภาวะของคลื่นและอนุภาคของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามกรอบการมองแบบพหุมิติของการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแนวคิดและธรรมชาติของแนวคิดของนักเรียนไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ 4 หัวข้อ คือ 1) นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนตั้งแต่แนวคิดฟิสิกส์พื้นฐาน 2) นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงสมบัติของคลื่นกับสมบัติของอนุภาคได้ 3) นักเรียนประสบปัญหาเกี่ยวกับการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในการทดลอง 4) นักเรียนยังคงมีแนวคิดแบบเดิมที่แสดงว่าแสงเป็นคลื่นและอิเล็กตรอนเป็นอนุภาคในบริบทการทดลองของฟิสิกส์ยุคใหม่ สำหรับมุมมองทางด้านจิตใจพบว่านักเรียนบางส่วนมีแรงจูงใจเกี่ยวกับความเชื่ออยู่ในระดับต่ำ โดยเฉพาะทางด้านเป้าหมายการเรียนรู้ ด้านความสนใจ/การให้คุณค่า และด้านการรับรู้ความสามารถของตนเอง ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นอุปสรรคต่อการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียนไปสู่แนวคิดทางวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงแนวคิด กรอบการมองแบบพหุมิติ สมบัติทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค
ฟิสิกส์อะตอม

Abstract

This research is qualitative research which is aimed to explore grade 12 students' conceptions in wave-particle duality through multidimensional framework of conceptual change approach. The findings show that students' conceptions and nature of the conceptions are not consistent with the scientific concepts, particularly 1) students have misconception about the fundamental concepts of physics, 2) students cannot link the concepts between the properties of wave and particles, 3) students have difficulties in explaining what happened in the experiments, and 4) students still have classical physics concepts in that light is a wave and electrons are particles in the context of modern physics experiments. In term of affective perspective, students' motivation beliefs are at low level, especially in aspect of goal orientation, interest value and self-efficiency. The findings show that there are many obstacles in changing students' conception to scientific concepts.

Keywords: Conceptual Change, Multidimensional Framework, Wave-particle Duality, Atomic Physics

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เมื่อศึกษางานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาตั้งแต่ปี 1990 จนถึง 2015 พบว่า มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดและการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง (Treagust & Duit, 2008, 2009) ผลจากงานวิจัยเหล่านี้เป็นแนวทางในการเปลี่ยนแปลงแนวคิด ทางเลือก (alternative conception) ให้มีความสอดคล้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ก็ยังพบว่า นักเรียนในทุกระดับชั้นยังคงมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนไปจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (scientific conception) โดยเฉพาะเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ที่มีความซับซ้อนและเป็นนามธรรม เช่น นักเรียนเกิดความสับสนระหว่างปริมาณสองปริมาณ ปัญหาในการตีความและการประยุกต์ใช้กฎ ทฤษฎี และหลักฟิสิกส์พื้นฐาน

สาเหตุที่สำคัญที่ทำให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงแนวคิดในเนื้อหาฟิสิกส์ยากเป็นเพราะแนวคิดเดิมของนักเรียนที่ฝังรากลึกมาจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน เป็นสาเหตุให้แนวคิดที่ได้รับมาจากรับประสบการณ์เหล่านั้นแตกต่างกับแนวคิดทางฟิสิกส์โดยสิ้นเชิง จึงเป็นเรื่องยากที่จะทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดเดิมนี้ได้ (Lederman & Abell, 2014) จากงานวิจัยของ Cheong and Song (2014)

พบว่าในการเรียนเรื่องสมบัติทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค นักเรียนส่วนใหญ่ประสบปัญหาในการอธิบายกระบวนการที่ซ่อนอยู่เบื้องหลังปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทวิภาวะ และนักเรียนส่วนมากใช้ทฤษฎีหลากหลายผสมกันเพื่ออธิบายการทดลองใดการทดลองหนึ่ง นอกจากนี้ ยังพบว่า นักเรียนต้องเผชิญกับปัญหาในการอธิบายคำถามทางควอนตัมที่ต้องตีความมากกว่าคำถามทางฟิสิกส์แบบเดิม

การจะพัฒนาแนวคิดเดิมของนักเรียนไปสู่แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ต้องเข้าไปจัดการกับความรู้เดิม หรือแนวคิดเดิมของนักเรียนอย่างค่อยเป็นค่อยไปจนกระทั่งนักเรียนเกิดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Tyson, et al., 1996) ซึ่งที่ผ่านมาตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาได้มีการศึกษา พัฒนา และถกเถียงเกี่ยวกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนไว้มากมาย จนสามารถแบ่งกลุ่มนักวิจัยได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ตามพื้นฐานมุมมองทางปรัชญา (philosophy perspective) โดยกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มองแนวคิดด้วยมุมมองทางปรัชญาด้านญาณวิทยา (epistemology aspect) ซึ่ง “เป็นการมองความรู้ของนักเรียนว่าเป็นอย่างไร (นักเรียนรู้อะไร รู้ได้อย่างไร)” ดังเช่นงานวิจัยของ Posner, et al. (1982) กลุ่มนักวิจัยที่สนใจศึกษาแนวคิดกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่มองแนวคิดบนพื้นฐานของปรัชญาด้านภววิทยา (ontology aspect) ซึ่งอยู่บนพื้นฐานความเชื่อเกี่ยวกับประเภท (categories) และคุณสมบัติ (properties) ของสิ่งต่างๆ ของโลก กล่าวคือ “เป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับโลกว่า บุคคลต่างๆ มองธรรมชาติของวัตถุและเหตุการณ์ต่างๆ ของโลกเป็นอย่างไร” เช่นงานวิจัยของ Chi, et al. (2008) และกลุ่มสุดท้ายกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่ศึกษาแนวคิดด้วยมุมมองทางด้านสังคม/ทางด้านจิตใจ (social/affective aspect) ซึ่งมีความเชื่อว่าการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของบุคคลไม่ใช่ใช้เพียงมุมมองทางด้านของสติปัญญาเท่านั้น แต่น่าจะได้รับอิทธิพลมาจากปัจจัยทางด้านจิตใจ และปัจจัยทางสังคมต่างๆ อีกด้วย โดยเห็นได้จากงานของ Pintrich, et al. (1993) การมีมุมมองทางทฤษฎีเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงแนวคิดที่แตกต่างกันนำมาซึ่งการออกแบบวิธีการสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงแนวคิดที่แตกต่างกัน มุมมองต่างๆ เหล่านี้ ถือเป็นรากฐานที่สำคัญในการแสวงหาความจริงต่างๆ เกี่ยวกับแนวคิด และการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักวิจัยและนักการศึกษาในปัจจุบัน

จากที่กล่าวมาข้างต้นเป็นความท้าทายที่นักการศึกษาและนักวิจัยต้องเผชิญในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงแนวคิดฟิสิกส์ของนักเรียน โดย Treagust and Duit (2009) ได้แนะนำให้ผู้วิจัยคำนึงถึงมุมมองแบบพหุมิติ (multiple perspectives) ตลอดจนความรู้ในการกำหนดองค์ประกอบที่สำคัญของกรอบทฤษฎีและตัวแปรทางด้านจิตใจ ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงแนวคิด ซึ่งจากที่กล่าวมาข้างต้นตามแนวคิดของ Tyson, et al. (1996) พบว่า มุมมองทางทฤษฎีต่างๆ นั้นพิจารณาแนวคิดของนักเรียนแตกต่างกันออกไป ดังนั้นเพื่อเป็นการช่วยให้ผู้วิจัยสามารถตีความ วิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น การใช้มุมมองทั้ง 3 ด้านร่วมกัน จะเป็นส่วนช่วยในการสนับสนุนให้ผู้วิจัยสามารถเข้าใจลักษณะแนวคิดของนักเรียนได้สมบูรณ์และลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น นำมาซึ่งกรอบแนวคิดทางทฤษฎีของงานวิจัยครั้งนี้ดังแสดงในแผนภาพ 1

ด้วยเหตุนี้งานวิจัยจึงมีเป้าหมาย เพื่อศึกษาแนวคิดฟิสิกส์อะตอม เรื่องทวิภาวะของคลื่นและอนุภาคของนักเรียนโดยอาศัยกรอบการมองแบบพหุมิติ เพื่อนำไปสู่การออกแบบและพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ดีในห้องเรียนต่อไป



ภาพ 1 แสดงกรอบแนวคิดทางทฤษฎีของงานวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาแนวคิดฟิสิกส์อะตอมเรื่องทวิภาวะของคลื่นและอนุภาคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 บนพื้นฐานกรอบการมองแบบพหุมิติของการจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด

ขอบเขตของการวิจัย

สถานที่ดำเนินการวิจัย เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษที่เปิดทำการเรียนการสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษา แห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 มีคะแนน O-NET ของโรงเรียนในรายวิชา วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สูงกว่าคะแนนในระดับประเทศนับตั้งแต่ปี 2555-2558 อย่างต่อเนื่อง และไม่มี ความแตกต่างกับคะแนน O-NET ในระดับจังหวัดอย่างมีนัยสำคัญ (ข้อมูลจากผลการประเมิน O-NET ของ โรงเรียน) มีนักเรียนเฉลี่ยต่อห้องประมาณ 50 คน

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประจำปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 45 คน โดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) นักเรียนในห้องที่มีผลการเรียน หลากหลายในทุกรายวิชา

สิ่งที่ศึกษา คือ แนวคิดของนักเรียนและองค์ประกอบของแรงจูงใจเกี่ยวกับความเชื่อ (motivation belief) ของนักเรียน โดยแนวคิดประกอบด้วยแนวคิดหลัก 4 แนวคิด คือ แนวคิดเรื่องปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ปรากฏการณ์คอมป์ตัน และสมมติฐานของเดอบรอยล์ และแนวคิดของทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้อยู่บนพื้นฐานของกระบวนทัศน์แบบการตีความหมาย (interpretivism) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบสภาพจริงเกี่ยวกับแนวคิดของนักเรียนก่อนการเรียนการสอนโดยอาศัยกรอบการมองแบบพหุมิติที่ประกอบด้วยมุมมองทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ มุมมองด้านญาณวิทยา (epistemology aspect) ซึ่งมุ่งเน้นศึกษาลักษณะ และการได้มาซึ่งแนวคิดของนักเรียน มุมมองด้านภววิทยา (ontology aspect) ซึ่งเน้นศึกษาที่ลักษณะธรรมชาติของแนวคิดของนักเรียน และมุมมองทางด้านจิตใจ (affective aspect) ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียน โดยในที่นี้คือแรงจูงใจเกี่ยวกับความเชื่อ (motivational belief) ของนักเรียน ดังนั้นเมื่อถึงขั้นตอนของการวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัยจึงจำเป็นต้องใช้การตีความจากคำอธิบาย หรือคำตอบของนักเรียน เพื่อให้นำมาซึ่งข้อสรุปของงานวิจัย จากที่กล่าวมาข้างต้นงานวิจัยนี้จึงใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงสำรวจ (survey research) เพื่อศึกษาลักษณะแนวคิดเรื่องทวิภาวะของคลื่นและอนุภาคของนักเรียนในเชิงลึก โดยมีรายละเอียดของเครื่องมือวิจัยดังต่อไปนี้

เครื่องมือวิจัย

1. แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะแนวคิดฟิสิกส์อะตอมเรื่องทวิภาวะของคลื่นและอนุภาคก่อนการสอนของนักเรียน แบบทดสอบนี้มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด จำนวน 12 ข้อ ผู้วิจัยกำหนดคำถามเพื่อทำความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนตามมุมมองด้านญาณวิทยา และภววิทยาโดยให้นักเรียนอธิบายตามความเข้าใจของนักเรียนเพื่อใช้วัดแนวคิด 4 แนวคิด ได้แก่ แนวคิดเรื่อง ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค เรื่อง ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก เรื่อง ปรากฏการณ์คอมป์ตัน และเรื่อง สมมติฐานของเดอบรอยล์

เมื่อผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยนำแบบทดสอบดังกล่าวไปตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) และเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ (content validity) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของข้อคำถามกับตัวบ่งชี้ของแนวคิด (group peer review) ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญจากคณะศึกษาศาสตร์จำนวน 2 ท่าน คณะวิทยาศาสตร์จำนวน 2 ท่าน และครูฟิสิกส์ประจำการ 1 ท่าน และจึงนำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามจนได้ฉบับสมบูรณ์

จากนั้นจึงนำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มที่มีความคล้ายคลึงกันกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา จำนวน 30 คน เพื่อดูความชัดเจนของข้อคำถาม ความเหมาะสมของภาษา ระยะเวลา และข้อควรปรับปรุงต่างๆ ทำให้แบบทดสอบเกิดความตรงเชิงประจักษ์ (empirical validity) ก่อนที่จะนำไปใช้จริง

2. แบบวัดแรงจูงใจเกี่ยวกับความเชื่อ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาปัจจัยทางด้านจิตใจของนักเรียน โดยแรงจูงใจเกี่ยวกับความเชื่อ (motivation beliefs) ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ เป้าหมายการเรียนรู้ (goal orientation) ความเชื่อเกี่ยวกับความรู้หรือการได้มาซึ่งความรู้ (epistemological beliefs) ความสนใจหรือการให้คุณค่า (interest value) การรับรู้ความสามารถของตนเอง (self-efficiency) และความเชื่อ

เกี่ยวกับความสามารถในการควบคุมตัวเอง (control beliefs) มีข้อคำถามจำนวน 53 ข้อ ตัวแบบวัดเป็นแบบ Likert scale 5 ระดับ

การหาคุณภาพของเครื่องมือดำเนินการโดยนำแบบวัดแรงจูงใจเกี่ยวกับความเชื่อที่สร้างขึ้นไปตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) และเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ (content validity) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เช่นเดียวกับแบบทดสอบวัดแนวคิดดังที่กล่าวในข้างต้น เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของข้อคำถามกับตัวบ่งชี้ของสิ่งที่ต้องการศึกษา (group peer review) และจึงนำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามจนได้ฉบับสมบูรณ์ จากนั้นจึงนำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มที่มีความคล้ายคลึงกันกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 228 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (reliability) โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach's alpha) ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่น .869 พร้อมทั้งดูความชัดเจนของข้อคำถาม ความเหมาะสมของภาษา ระยะเวลา และข้อควรปรับปรุงต่างๆ ทำให้แบบทดสอบเกิดความตรงเชิงประจักษ์ (empirical validity) ก่อนที่จะนำไปใช้จริง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ลักษณะแนวคิดก่อนการเรียนการสอนของนักเรียนจากแบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องทวิภาวะของคลื่นและอะตอม โดยผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการตอบแบบทดสอบวัดแนวคิด และการสัมภาษณ์มาทำการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) โดยวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนแบบรายข้อ ผ่านการอ่านคำตอบและการอธิบายเหตุผลของนักเรียนทุกคนในแต่ละข้อคำถาม เพื่อดูภาพรวมของคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดอย่างละเอียด ทำการตีความและจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียน โดยจัดกลุ่มแนวคิดที่มีลักษณะคลาดเคลื่อนไปจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใกล้เคียงกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน จากนั้นตั้งชื่อกลุ่มแนวคิดทางเลือกตามลักษณะเด่นร่วมกันของแนวคิด เมื่อจัดกลุ่มแนวคิดเรียบร้อยแล้วทำการตรวจสอบคำตอบและคำอธิบายของนักเรียนอีกครั้งเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการจัดกลุ่ม จากนั้นวิเคราะห์โดยการพิจารณาลักษณะแนวคิดของนักเรียนแต่ละกลุ่ม และหาค่าความถี่ของจำนวนนักเรียน และรายงานผลโดยใช้ค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนตามกลุ่มแนวคิด

2. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดแรงจูงใจเกี่ยวกับความเชื่อ ผู้วิจัยวิเคราะห์แบบวัดเป็นรายบุคคล โดยพิจารณารวมคะแนนของแต่ละองค์ประกอบจากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ย และตีความหมายจากค่าเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบเป็น 5 ระดับ สุดท้ายจึงนำผลที่ได้ของนักเรียนแต่ละคนลงตารางแจกแจงความถี่ และแสดงค่าความถี่เป็นร้อยละในแต่ละระดับดังตารางที่ 1 เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือได้ (credibility) ของงานวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบแบบสามเส้า (triangulation) เพื่อไม่ให้ผลวิเคราะห์นั้นเกิดขึ้นจากมุมมองของผู้วิจัยเพียงคนเดียว ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบผลการจัดกลุ่มลักษณะแนวคิดของนักเรียน ผลการวิเคราะห์แรงจูงใจเกี่ยวกับความเชื่อร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย และเพื่อนเพื่อลงความเห็นต่อการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนของผู้วิจัยก่อนหาข้อสรุป รวมถึงการตรวจสอบข้อสรุปของงานวิจัย (member checking) ผ่านการอภิปรายและตรวจสอบกับครูผู้สอนซึ่งอยู่ในฐานะผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผลการวิจัย

เนื้อหาผลการวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค และแรงจูงใจเกี่ยวกับความเชื่อของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาตามกรอบการมองแบบพหุมิติ โดยใช้แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องทวิภาวะของคลื่นและอนุภาคเพื่อพิจารณาแนวคิดของนักเรียนตามมุมมองทางด้านญาณวิทยาและภววิทยา และแบบวัดแรงจูงใจเกี่ยวกับความเชื่อตามมุมมองทางด้านจิตใจ โดยผลการวิจัยจะถูกนำเสนอผ่าน 5 หัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. แนวคิดเรื่องปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ในแบบทดสอบเกี่ยวกับปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ประกอบด้วย ข้อคำถามที่ให้นักเรียนแสดงแนวคิดของตนเองโดยการอธิบายเกี่ยวกับกระบวนการ หรือบทบาทของแสงที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากขั้วแคโทด หรือปัจจัยของแสงที่มีผลต่อการหลุดออกของอิเล็กตรอน ซึ่งจากการอธิบายของนักเรียนพบว่า

1.1 แนวคิดตามมุมมองทางด้านญาณวิทยา มุ่งเน้นศึกษาลักษณะแนวคิดของนักเรียนที่มีต่อปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกนั้น นักเรียนร้อยละ 90 สามารถระบุได้ว่าแสงเป็นสาเหตุที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออก แต่มีนักเรียนเพียงร้อยละ 20 เท่านั้น ที่สามารถอธิบายกระบวนการเกิดของปรากฏการณ์นั้นได้ กล่าวคือ นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าแสงถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนจนทำให้อิเล็กตรอนหลุดออก นอกจากนี้ ยังพบว่า มีนักเรียนร้อยละ 80 ที่อธิบายได้เพียงว่า แสงเป็นปัจจัยหรือมีส่วนช่วยในการทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากขั้วแคโทดเท่านั้น แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าแสงทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมาได้อย่างไร โดยสังเกตจากคำอธิบายของนักเรียนเมื่อถูกถามว่า “นักเรียนคิดว่าปัจจัยใดเป็นตัวการทำให้หลอดไฟสว่าง และเกิดได้อย่างไร” นักเรียนรหัส DJS2502 อธิบายว่า “ปัจจัยที่ทำให้หลอดไฟสว่างคือแสงที่มาตกกระทบขั้วแคโทด ส่งผลให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปยังขั้วแอโนดแล้วทำให้หลอดไฟสว่าง” นักเรียนรหัส DJS0401 อธิบายว่า “แสงเป็นตัวกลางทำให้เกิดปฏิกิริยาที่ดันอิเล็กตรอนไปหาขั้วแอโนดจึงทำให้เกิดวงจรไฟฟ้าทำให้หลอดไฟสว่าง”

1.2 แนวคิดมุมมองทางด้านภววิทยา มุ่งเน้นศึกษาธรรมชาติของแนวคิดเกี่ยวกับแสงของนักเรียน ซึ่งจากการถามเพื่อให้นักเรียนอธิบายการทดลอง หรือกระบวนการที่แสงทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกดังที่กล่าวมาข้างต้น รวมถึงการใช้ข้อคำถามเพื่อตรวจสอบธรรมชาติของแนวคิดเกี่ยวกับแสงของนักเรียนโดยการถามว่า “จากการทดลองนักเรียนอธิบายผลของแสงที่มีต่ออิเล็กตรอนที่ขั้วแคโทดด้วยการมองแสงเป็นอนุภาคหรือแสงเป็นคลื่น” พบว่า นักเรียนร้อยละ 67 ไม่สามารถระบุได้ว่าแสงในปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้มีสมบัติเป็นคลื่น หรือเป็นอนุภาค ในจำนวนนักเรียนที่สามารถระบุสมบัติของแสงได้นั้นก็พบว่า มีนักเรียนร้อยละ 70 ที่ยังคงมีแนวคิดที่แสงเป็นคลื่นซึ่งไม่สอดคล้องกับธรรมชาติของแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่มองว่าแสงในปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกนั้นเป็นอนุภาค เช่น นักเรียนรหัส DJS0701 อธิบายว่า “แสงเป็นคลื่นเพราะแสงมีความถี่มาก มากระทำที่ขั้วแคโทดทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากขั้วแคโทด” นักเรียนรหัส DJS1301 อธิบายว่า “แสงเป็นคลื่น เพราะอนุภาคไม่สามารถเคลื่อนที่ได้”

สำหรับนักเรียนกลุ่มที่ระบุว่าแสงเป็นอนุภาคนั้นมีประมาณร้อยละ 10 ของนักเรียนทั้งหมด แต่ก็ยังพบว่านักเรียนกลุ่มนี้มีแนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ คือ นักเรียนมีแนวคิดที่อิเล็กตรอนเป็น

ส่วนประกอบของแสง เช่น นักเรียน DJS2402 อธิบายว่า “แสงเป็นอนุภาคเกิดจากการรวมตัวของอิเล็กตรอนจำนวนมาก”

2. แนวคิดเรื่องปรากฏการณ์คอมป์ตัน แนวคิดดังกล่าวนี้ได้ใช้การทดลองของคอมป์ตัน เพื่อศึกษาแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการแสดงสมบัติเป็นอนุภาคของแสง โดยถามนักเรียนเกี่ยวกับลักษณะของความยาวคลื่นที่เกิดขึ้นที่มุมต่างๆ ซึ่งได้ผลดังนี้

2.1 แนวคิดตามมุมมองทางด้านภูวนวิทยา เกี่ยวกับแสงในปรากฏการณ์คอมป์ตันของนักเรียนนั้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยพบว่าการอธิบายการทดลองของปรากฏการณ์คอมป์ตันนั้น นักเรียนร้อยละ 80 ไม่สามารถบอกลักษณะของความยาวคลื่นที่มุมต่างๆ ได้ตรงตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ ในขณะที่นักเรียนร้อยละ 20 สามารถตอบได้ แต่ถึงอย่างนั้นก็ยังคงพบว่ามีนักเรียนทั้งหมดไม่สามารถอธิบายรายละเอียดต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการทดลองดังกล่าวได้ โดยเฉพาะการอธิบายถึงสิ่งที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์ภายในแท่งแกรไฟต์ นักเรียนได้แต่เพียงอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เห็นจากจอทึบเท่านั้น เช่น นักเรียนรหัส DJS1802 อธิบายว่า “ความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น เพราะยิ่งองศาเพิ่มมากขึ้น ความยาวของคลื่นจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามองศาการหมุน” นักเรียนรหัส DJS0401 อธิบายว่า “ความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น เพราะการหมุนทำให้ความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น” เป็นต้น

นอกจากนี้ ยังพบอีกว่าแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนนั้นไม่ได้เกิดขึ้นที่แนวคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์คอมป์ตันเท่านั้น แต่เกิดขึ้นที่แนวคิดเกี่ยวกับตัวแปรพื้นฐานของคลื่น เช่น แนวคิดเรื่องความยาวคลื่น โดยนักเรียนเข้าใจว่าการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นนั้นเกี่ยวข้องกับระยะทางที่แสงเคลื่อนที่ ยังมีระยะทางการเคลื่อนที่ของแสงมากจะทำให้ความยาวคลื่นของแสงลดลง ดังจะเห็นจากคำอธิบายของนักเรียนรหัส DJS2502 อธิบายว่า “ความยาวคลื่นไม่เท่าเดิม เพราะเนื่องจากแท่งแกรไฟต์ไม่ได้อยู่ตรงกลางระหว่างเครื่องวัดความยาวคลื่นและหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์” ซึ่งตามแนวคิดวิทยาศาสตร์แสงเมื่อเคลื่อนที่ในตัวกลางเดิมจะมีความยาวคลื่นเดียวตลอดการเคลื่อนที่

2.2 แนวคิดตามมุมมองทางด้านภาววิทยา ในทางวิทยาศาสตร์นั้นจะอธิบายการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์โดยใช้สมบัติความเป็นอนุภาคของแสง แต่จากการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนพบว่านักเรียนทั้งหมดยังคงอธิบายการทดลองของปรากฏการณ์คอมป์ตัน โดยใช้สมบัติความเป็นคลื่น (ความยาวคลื่น ความถี่) ในการอธิบาย เช่น นักเรียน รหัส DJS1301 อธิบายว่า “ความยาวคลื่นเท่าเดิม เพราะความยาวคลื่นจะเปลี่ยนแปลงเมื่อถูกหักเห” นักเรียนรหัส DJS1301 อธิบายว่า “ความยาวคลื่นเท่าเดิม เพราะแต่ละลูกคลื่นมีความถี่เท่ากัน และแต่ละลูกคลื่นมีความยาวคลื่นเท่ากัน” เป็นต้น ซึ่งไม่พบว่ามีนักเรียนคนใดที่ใช้แนวคิดเรื่องโมเมนตัมอันเป็นสมบัติของอนุภาคมาอธิบายการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นในการทดลองนี้

3. แนวคิดเรื่องสมมติฐานของเดอบรอยล์ แนวคิดเรื่องสมมติฐานของเดอบรอยล์นั้นกล่าวว่าอนุภาคสามารถแสดงสมบัติของคลื่นได้ โดยได้รับการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานดังกล่าวจากนักวิทยาศาสตร์มากมาย ซึ่งหนึ่งในนั้นคือการทดลองของเดวิสสันและเจอร์เมอร์ ดังนั้นข้อคำถามของแนวคิดนี้จึงใช้การทดลองนี้ เพื่อศึกษา

แนวคิดที่มีต่ออิเล็กทรอนิกส์และธรรมชาติของแนวคิดเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์ของนักเรียน ซึ่งจากคำอธิบายของนักเรียนได้ผลดังนี้

3.1 แนวคิดตามมุมมองทางด้านญาณวิทยา พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายการเกิดแถบมืดแถบสว่างบนฉากรับภาพที่เกิดจากการยิงรังสีเอกซ์ใส่ฟิล์มเกิดโดยใช้หลักการของคลื่นได้ แต่นักเรียนทั้งหมดกลับหลีกเลี่ยงการอธิบายแถบมืดแถบสว่างบนฉากอันเนื่องมาจากการยิงลำอิเล็กตรอน นอกจากนี้ยังพบอีกว่านักเรียนร้อยละ 83 ของนักเรียนทั้งหมดที่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าแถบที่ปรากฏนั้นเป็นผลมาจากสมบัติการแทรกสอด โดยนักเรียนอธิบายด้วยเหตุผลอื่นที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เช่น นักเรียนรหัส DJS2602 อธิบายว่า “ภาพที่เกิดบนฉากเป็นผลมาจากความยาวคลื่นแต่ละช่วง และการเดินทางของแสงมุมต่างกัน” ซึ่งในนักเรียนจำนวนนี้มีนักเรียนครึ่งหนึ่งมองว่าภาพที่ปรากฏบนฉากของรังสีเอกซ์ และอิเล็กตรอนแตกต่างกัน โดยใช้คำอธิบายเกี่ยวกับความสามารถในการทะลุทะลวงที่แตกต่างกันของแหล่งกำเนิด และความถี่ที่ไม่เท่ากันของแหล่งกำเนิดในการอธิบาย เช่น นักเรียนรหัส DJS2702 อธิบายว่า “ความยาวคลื่นอาจจะเท่ากันก็จริง แต่อาจจะเป็นฟิล์มเกิดที่มีผลทำให้ภาพที่ฉากรับภาพมีความแตกต่างกันเล็กน้อย” และในส่วนของนักเรียนอีกครั้งหนึ่งที่มีมองว่าภาพที่ปรากฏบนฉากนั้นมีความเหมือนกัน แต่นักเรียนกลุ่มนี้กลับอธิบายโดยใช้แนวคิดเกี่ยวกับการกระจายของแสง และความยาวคลื่น มากกว่าการใช้สมบัติการแทรกสอดของคลื่นในการอธิบาย เช่น นักเรียนรหัส DJS2302 อธิบายว่า “เกิดจากการกระจายแสงที่ทำมุมต่างกัน” จากข้อมูลของแนวคิดนี้ มีนักเรียนเพียงไม่กี่คนที่อธิบายภาพบนฉากโดยใช้สมบัติการแทรกสอดของคลื่น เช่น นักเรียนรหัส DJS1602 อธิบายว่า “ภาพที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการแทรกสอด แล้วเกิดจุดปฏิบัติ และจุดบัพคล้ายสมบัติของแสง”

3.2 แนวคิดตามมุมมองทางด้านภววิทยา ในกรณีการทดลองของเดวิสสันและเจอร์เมอร์ จำเป็นต้องใช้สมบัติความเป็นคลื่นของอิเล็กตรอนในการอธิบายภาพที่ปรากฏบนฉาก ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนใหญ่เป็นเช่นนั้นเฉพาะภาพของรังสีเอกซ์ แต่กลับไม่พบแนวคิดของนักเรียนที่แสดงถึงการมองอิเล็กตรอนเป็นคลื่นในกรณีของลำอิเล็กตรอน อย่างชัดเจน เช่น นักเรียน รหัส DJS1602 อธิบายว่า “ภาพที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการแทรกสอด เกิดจุดปฏิบัติ และจุดบัพคล้ายสมบัติของแสง” นอกจากนี้เมื่อถามคำถามว่า “นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดผลการทดลองบนฉากของทั้ง 2 กรณีจึงเหมือนกัน” พบว่านักเรียนร้อยละ 87 ไม่สามารถให้คำอธิบายที่มีเหตุผลได้ แต่มีนักเรียนเพียงร้อยละ 13 ที่สามารถระบุเหตุผลได้ แต่ในจำนวนนี้กลับพบว่า มีนักเรียนบางส่วนที่มีความเข้าใจว่ารังสีเอกซ์ และลำอิเล็กตรอนเหมือนกันเพราะประกอบด้วยอนุภาคชนิดเดียวกัน เช่น นักเรียนรหัส DJS2302 อธิบายว่า “ทั้งสองอย่างมีอนุภาคคล้ายๆ กัน” เป็นต้น

4. แนวคิดเรื่องลักษณะทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค ข้อคำถามเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องลักษณะทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค นั้นต้องการศึกษาแนวคิดของนักเรียนเรื่องสมบัติของแสงและอิเล็กตรอน ซึ่งพบลักษณะแนวคิดของนักเรียนดังนี้

4.1 แนวคิดตามมุมมองทางด้านญาณวิทยา เมื่อถามคำถามนักเรียนว่า “นักเรียนคิดว่าอิเล็กตรอน และแสงมีความเหมือนกัน หรือแตกต่างกันอย่างไร” พบว่า นักเรียนร้อยละ 33 มีความเข้าใจว่าแสงกับ

อิเล็กทรอนิกส์นั้นมีความแตกต่างกัน โดยใช้เกณฑ์ในการบ่งบอกความแตกต่าง เช่น ขั้วไฟฟ้า ความสามารถในการทะลุผ่าน ความถี่ จำนวนอนุภาค และความสว่าง เป็นต้น ในขณะที่นักเรียนร้อยละ 27 มีแนวคิดที่ว่าทั้งแสง และอิเล็กทรอนิกส์นั้นเหมือนกัน

โดยในกลุ่มที่มองว่าแสงกับอิเล็กทรอนิกส์แตกต่างกันนั้น นักเรียนมีแนวคิดที่ว่าอิเล็กทรอนิกส์เป็นอนุภาคและแสงเป็นคลื่นเท่านั้น ซึ่งเป็นแนวคิดของฟิสิกส์ยุคเก่า เช่น นักเรียนรหัส DJS2102 อธิบายว่า “แสง กับอิเล็กทรอนิกส์แตกต่างกัน เพราะสมบัติของคลื่น เช่น แสงมีความยาวคลื่น มีความต่อเนื่อง แต่อิเล็กทรอนิกส์ โปรตอน นิวตรอน ไม่มีความยาวคลื่น แต่มีคุณสมบัติเป็นอนุภาคที่สามารถแทรกผ่านได้” แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่านักเรียนจะอธิบายโดยมองว่าแสงและอิเล็กทรอนิกส์เหมือนกันตามแนวคิดฟิสิกส์ยุคใหม่ แต่กลับพบว่านักเรียนมีแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับแสงและอิเล็กทรอนิกส์ที่คลาดเคลื่อนไปจากแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน นั่นคือนักเรียนในกลุ่มนี้มีแนวคิดที่ว่าความเหมือนกันดังกล่าวเป็นเพราะแสงประกอบไปด้วยอนุภาคที่เรียกว่าอิเล็กทรอนิกส์ เช่น นักเรียน DJS1001 อธิบายว่า “อิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนหนึ่งของแสง ในแสงมีอิเล็กทรอนิกส์ โปรตอน นิวตรอน” นักเรียน DJS2402 อธิบายว่า “แสงจะเป็นการรวมตัวของอิเล็กทรอนิกส์” หรือแม้แต่ในกรณีที่มองว่าแสงแตกต่างจากอิเล็กทรอนิกส์ก็พบว่านักเรียนอธิบายในลักษณะเดียวกัน เช่น นักเรียน DJS2802 กล่าวว่า “แตกต่างกันเพราะอิเล็กทรอนิกส์มีอนุภาคน้อยกว่าแสง” ซึ่งคำอธิบายของนักเรียนนั้นไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เพราะตามแนวคิดวิทยาศาสตร์แสงมีสมบัติเป็นคลื่น และบางสถานการณ์สามารถแสดงสมบัติเป็นอนุภาคได้ที่เรียกว่า โฟตอน หรือควอนตัมของพลังงาน

4.2 แนวคิดตามมุมมองทางด้านภววิทยา จากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนทั้งหมดนั้นมีแนวคิดที่ว่าแสง หรืออิเล็กทรอนิกส์ มีสมบัติเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับธรรมชาติของแนวคิดของฟิสิกส์ยุคเก่า นั่นคือแสงมีสมบัติเป็นคลื่น และอิเล็กทรอนิกส์มีสมบัติเป็นอนุภาค และที่สำคัญนักเรียนส่วนใหญ่มักยังใช้แนวคิดเหล่านี้ในการพยายามอธิบายการทดลองต่างๆ โดยไม่เกิดความเคลือบแคลงใจในการอธิบายการทดลองที่อยู่ในข้อคำถาม นักเรียนดูเหมือนยังคงเข้าใจว่าคำอธิบายของนักเรียนนั้นมีความถูกต้องอยู่ แม้จะลองใช้คำถามเพื่อยืนยันแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับสมบัติของแสงและอิเล็กทรอนิกส์ผ่านการยกตัวอย่างคำอธิบายของนักวิทยาศาสตร์ยุคเก่า และนักวิทยาศาสตร์ยุคใหม่ที่มีต่อการทดลองโฟโตอิเล็กทริกแล้วก็ตาม ก็ยังคงพบว่ามีนักเรียนร้อยละ 77 ที่ยังคงเลือกแนวคิดในแบบของฟิสิกส์ยุคเก่า หรือเลือกทั้งสองอย่างโดยให้เหตุผลว่าวิทยาศาสตร์สามารถอธิบายหรือตอบได้หลายมุม

นอกจากนี้ เมื่อนักเรียนถูกถามคำถามที่ชวนให้พิจารณาถึงธรรมชาติของแสง และอิเล็กทรอนิกส์ ผ่านการเชื่อมโยงกับการทดลอง ก็พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจการทดลองและไม่สามารถอธิบายการทดลองได้ หรือไม่พบว่านักเรียนคนใดที่สามารถยกตัวอย่างหลักฐานจากการทดลองมาประกอบคำอธิบายของตนเองได้ กล่าวคือนักเรียนยังมีแนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่แนวคิดเกี่ยวกับการทดลอง จนไม่สามารถนำมาซึ่งข้อสรุปเรื่องสมบัติทวิภาวะของคลื่นและอนุภาคได้

5. มุมมองทางด้านจิตใจ พิจารณาจากแบบวัดแรงจูงใจเกี่ยวกับความเชื่อ (motivation beliefs test) ซึ่งประกอบด้วย 5 องค์ประกอบดังที่กล่าวไว้ในส่วนของเครื่องมือ จากแบบวัดพบว่านักเรียนมีระดับองค์ประกอบต่างๆ ของแรงจูงใจเกี่ยวกับความเชื่อดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ตารางแสดงค่าร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับของแต่ละองค์ประกอบของแรงจูงใจเกี่ยวกับความเชื่อ

องค์ประกอบของแรงจูงใจเกี่ยวกับความเชื่อ	ค่าร้อยละของนักเรียนทั้งหมดในแต่ละระดับ				
	สูงมาก	สูง	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำมาก
Goal Orientation	0.00	10.53	86.84	2.63	0.00
Epistemological Beliefs	18.42	78.95	2.63	0.00	0.00
Interest Value	10.53	68.42	15.79	5.26	0.00
Self-Efficacy	2.63	23.68	71.05	2.63	0.00
Control Beliefs	26.32	55.26	18.42	0.00	0.00

ด้านเป้าหมายการเรียนรู้ (Goal Orientation) มีนักเรียน ร้อยละ 10.53 อยู่ในระดับ “สูง” และร้อยละ 86.84 อยู่ในระดับ “ปานกลาง” นั้นแสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความคาดหวัง หรือมีเป้าหมายอย่างชัดเจนในการเรียนฟิสิกส์ เช่น เกรด การได้รับการยอมรับจากเพื่อนและครู การแข่งขัน ความท้าทาย เป็นต้น ในขณะที่มีนักเรียนบางส่วน คือ ร้อยละ 2.63 ที่ไม่ทราบว่าตนเองเรียนฟิสิกส์ไปเพื่ออะไร

ด้านความเชื่อในการได้มาซึ่งความรู้ (Epistemological Beliefs) มีนักเรียน ร้อยละ 18.42 อยู่ในระดับ “สูงมาก” และร้อยละ 78.95 อยู่ระดับ “สูง” นั้นแสดงว่านักเรียนกลุ่มที่ศึกษา มีความเชื่อเกี่ยวกับความรู้ฟิสิกส์ที่นักเรียนได้รับในห้องเรียน หรือวิธีการได้มาซึ่งความรู้ของนักเรียน เช่น จากครู จากนักวิทยาศาสตร์ จากหนังสือ จากการทดลอง เป็นต้น ความเชื่อเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เช่น ความรู้ทางฟิสิกส์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ การหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทำได้หลายวิธี เป็นต้น

ด้านความสนใจ/การให้คุณค่า (Interest Value) มีนักเรียนร้อยละ 10.53 อยู่ในระดับ “สูงมาก” 68.42 อยู่ในระดับ “สูง” และร้อยละ 15.79 อยู่ในระดับ “ปานกลาง” ซึ่งแสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการเรียนฟิสิกส์ หรือเห็นประโยชน์ของความรู้และการเรียนวิชาฟิสิกส์ เช่น การนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน การพัฒนาความคิดหรือมุมมองของตน เป็นต้น และมีความสนใจในวิชาฟิสิกส์อยู่แล้วอาจเป็นเพราะการได้ทำการทดลองด้วยตนเอง การแก้โจทย์ปัญหา ที่เป็นเพราะนักเรียนเข้าใจในเนื้อหาฟิสิกส์เป็นอย่างดี แต่ก็พบว่านักเรียนร้อยละ 5.26 ที่ไม่มีความสนใจ หรือมองไม่เห็นคุณค่าของวิชาฟิสิกส์

ด้านการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self-Efficacy) มีนักเรียนร้อยละ 2.63 อยู่ในระดับ “สูงมาก” ร้อยละ 23.68 อยู่ในระดับ “สูง” และร้อยละ 71.05 อยู่ในระดับ “ปานกลาง” นั้นแสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่รู้ความสามารถของตนเองเกี่ยวกับการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเชื่อว่าตนสามารถเรียน

ฟิสิกส์ได้ดี ซึ่งมากกว่าความเชื่อว่าตนไม่สามารถเรียนฟิสิกส์ได้ แต่มีนักเรียนร้อยละ 2.63 ที่ไม่รู้จักความสามารถของตน

ด้านความเชื่อเกี่ยวกับความสามารถในการควบคุมตนเอง (Control Beliefs) มีนักเรียนร้อยละ 26.32 อยู่ในระดับ “สูงมาก” ร้อยละ 55.26 อยู่ในระดับ “สูง” และร้อยละ 18.42 ที่อยู่ในระดับ “ปานกลาง” นั้น แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่รู้สาเหตุที่ทำให้นักเรียนสามารถเรียนฟิสิกส์ได้ไม่ดีเท่าที่ควร นำมาซึ่งการควบคุมสาเหตุเหล่านั้นเพื่อส่งเสริมให้ตนเองสามารถเรียนฟิสิกส์ได้ดีขึ้น เช่น ความตั้งใจ ความพยายามทำความใจ ความขยัน และความเอาใจใส่ เป็นต้น

การอภิปรายผลการวิจัย

เมื่อพิจารณาลักษณะแนวคิดของนักเรียนตามมุมมองทางด้านญาณวิทยาพบว่านักเรียนมีแนวคิดที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจากการพิจารณาคำอธิบายของนักเรียนในแต่ละแนวคิดก็พบว่า มีประเด็นของแนวคิดส่วนหนึ่งที่สอดคล้องกับงานของ Cheong and Song (2014) ซึ่งพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสมบัติทวิภาวะของคลื่นและอนุภาคอยู่ใน 3 ประเด็น ดังนี้

1. นักเรียนไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนถึงกระบวนการที่ซ่อนอยู่เบื้องหลังของปรากฏการณ์ที่มีความสัมพันธ์กับสมบัติทวิภาวะ เช่น ปรากฏการณ์การแทรกสอดของโปรตอน หรืออิเล็กตรอนผ่านสลิตคู่ โดยนักเรียนส่วนมากจะใช้กระบวนการของการเลี้ยวเบนแทนที่จะใช้หลักการซ้อนทับกันของคลื่นมาอธิบาย เป็นต้น

2. นักเรียนมีการใช้ทฤษฎีต่างๆ มาผสมกันเพื่อใช้เป็นคำอธิบายการทดลอง หรือปรากฏการณ์ต่างๆ เช่น การอธิบายการทดลองยิงอิเล็กตรอนผ่านสลิตคู่ นักเรียนส่วนมากได้ผสมแนวคิดเกี่ยวกับวิธีการเคลื่อนที่ในฟิสิกส์กลศาสตร์ กับฟังก์ชันคลื่นในฟิสิกส์ควอนตัมในการอธิบายการทดลองดังกล่าว

3. นักเรียนต้องเผชิญกับความยากลำบากอย่างมากในการอธิบายคำถามทาง ควอนตัมที่ต้องการตีความ มากกว่าคำถามที่ไม่ต้องตีความ เช่น นักเรียนให้เหตุผลได้ไม่ดีเกี่ยวกับสมบัติทวิภาวะ และหลักการความไม่แน่นอน หรือนักเรียนยากที่จะเชื่อมโยงธรรมชาติของสมบัติทวิภาวะของแสงให้สัมพันธ์กับการทดลอง

แต่อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังได้ข้อค้นพบเพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะความคลาดเคลื่อนของแนวคิดเรื่องทวิภาวะอีก 3 ประเด็น คือ

1. นักเรียนประสบปัญหาเกี่ยวกับแนวคิดพื้นฐานของฟิสิกส์ ในที่นี้คือสมบัติของคลื่น หรือสมบัติของอนุภาค กล่าวคือ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าภาพที่เกิดขึ้นในการทดลองนั้นคือการแทรกสอดของคลื่น แต่กลับอธิบายโดยใช้ความสามารถในการทะลุทะลวง การกระจายของแสง และความยาวคลื่น หรือแม้แต่การที่นักเรียนมีความเข้าใจอิเล็กตรอนเป็นส่วนประกอบของทุกสิ่งรวมถึงแสงด้วย

2. นักเรียนไม่สามารถอธิบายความเชื่อมโยงของตัวแปรที่เกี่ยวกับสมบัติของคลื่น กับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของอนุภาคได้ กล่าวคือนักเรียนไม่ทราบว่าพลังงานของคลื่นนั้นแปรผันตรงกับความถี่ และ

โมเมนตัมแปรผกผันกับความยาวคลื่น ซึ่งสังเกตได้จากการทดลองปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกในคำถามข้อที่ 1 ถึง 3 พบว่านักเรียนกว่าร้อยละ 90 ไม่สามารถระบุความสัมพันธ์ของพลังงานกับความถี่ได้อย่างถูกต้อง และในการทดลองปรากฏการณ์คอมป์ตัน ก็ไม่พบว่า นักเรียนคนใดที่กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเลยแม้แต่คนเดียว

3. นักเรียนประสบปัญหากับการอธิบายการทดลองที่นักเรียนไม่เคยพบเห็นมาก่อน จึงส่งผลให้นักเรียนไม่เกิดแนวคิดเกี่ยวกับสมบัติทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค โดยสังเกตได้จากการทดลองของปรากฏการณ์คอมป์ตัน ซึ่งนักเรียนไม่เคยเห็นมาก่อนในชั้นเรียนอย่างแน่นอน นั่นจึงทำให้นักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่าผลของการหมุนเครื่องวัดความยาวคลื่นไปที่มุมต่างๆ นั้น ทำให้ความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงอย่างไร ยกเว้นปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก นักเรียนสามารถอธิบายในส่วนของการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามไฟฟ้าได้ ซึ่งอยู่ในการทดลองของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 และการทดลองของเดวิสสันและเจอร์เมอร์ นักเรียนบางส่วนยังสามารถบอกได้ว่าแสงเดินทางผ่านช่องเล็กมากจะเกิดการแทรกสอด ซึ่งอยู่ในการทดลองของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2

ตามมุมมองทางด้านภววิทยา พบว่า นักเรียนใช้แนวคิดของฟิสิกส์ยุคเก่าที่มองธรรมชาติของแสงเป็นคลื่น ซึ่งนักเรียนเคยเรียนมาในสมัยชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 และธรรมชาติของแนวคิดเกี่ยวกับอิเล็กตรอน โปรตอน และนิวตรอน ซึ่งมีสมบัติเป็นอนุภาค ที่ได้จากการเรียนในรายวิชาเคมีในชั้นเรียนก่อนหน้าเช่นเดียวกัน หรือแม้แต่การที่นักเรียนได้เห็นจากสื่อต่างๆ ที่แสดงอย่างชัดเจนว่าอนุภาคเหล่านี้มีลักษณะเป็นก้อนกลม นั่นทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดว่าสิ่งเหล่านี้เป็นอนุภาคมากกว่าเป็นคลื่น ธรรมชาติของแนวคิดทางเลือกของนักเรียนที่สังเกตได้จากผลการวิจัยนั้นแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเกิดขึ้นจากการสะสมประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน ผ่านการเน้นย้ำจนกลายเป็นแนวคิดที่ฝังอยู่ในตัวของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยมากมาย (Posner, et al., 1982; Treagust & Duit, 2008, 2009)

จากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าแนวคิดที่เกิดจากการสะสมประสบการณ์ของนักเรียนนอกจากจะเป็นตัวการทำให้แนวคิดทางเลือกของนักเรียนไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้ว ยังพบอีกว่า แนวคิดที่เกิดจากการสะสมประสบการณ์ดังกล่าวนั้นยังส่งผลต่อธรรมชาติของแนวคิดนั้นอีกด้วย นักเรียนมีแนวคิดว่าอิเล็กตรอนเป็นอนุภาค แสงเป็นคลื่น หรือทั้งสองสิ่งไม่สามารถมีสมบัติเหมือนกันได้ และอิเล็กตรอนหรือคลื่นต้องเป็นอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้นไม่สามารถเป็นสองอย่างได้ ซึ่งสามารถเห็นได้จากคำอธิบายของนักเรียนในคำถามเรื่องสมบัติทวิภาวะของคลื่นและอนุภาคข้อที่ 1 ถึง 3 และหากลองพิจารณาถึงการเรียนการสอนในห้องเรียน หรือสิ่งต่างๆ ที่นักเรียนสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งยากต่อการพบเห็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค เพราะสมบัติต่างๆ เหล่านี้นั้นจะเห็นได้ชัดเจนจากการทดลองในห้องทดลองเท่านั้น และชุดการทดลองดังกล่าวยังหาได้ยากและมีราคาสูงอีกด้วย นั่นจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้นักเรียนยังคงมีธรรมชาติของแนวคิดตามธรรมชาติของแนวคิดที่นักเรียนได้รับมาจากประสบการณ์เดิมของนักเรียน

สำหรับมุมมองทางด้านสังคมหรือทางด้านจิตใจ เมื่อพิจารณาทั้ง 5 องค์ประกอบของแรงจูงใจเกี่ยวกับความเชื่อร่วมกัน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับแรงจูงใจเกี่ยวกับความเชื่ออยู่ในระดับ ปานกลางถึงดี ซึ่งมีความ

เหมาะสมต่อการสนับสนุนให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิด แต่ก็มีนักเรียนบางส่วนที่อยู่ในระดับต่ำ ซึ่งเห็นได้จากที่มีนักเรียนบางส่วนที่องค์ประกอบดังต่อไปนี้อยู่ในระดับต่ำ ได้แก่ ด้านเป้าหมายการเรียนรู้ (Goal Orientation) ด้านความสนใจ/การให้คุณค่า (Interest Value) และด้านการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self-Efficacy) ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนขาดเป้าหมายในการเรียน ขาดความสนใจหรือไม่เห็นคุณค่าของการเรียนฟิสิกส์ และขาดความมั่นใจในตนเอง หรือไม่เชื่อมั่นว่าตนเองสามารถเรียนวิชาฟิสิกส์ได้ นั่นอาจเป็นอุปสรรคที่ทำให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของตนเองไปสู่แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ (Pintrich, et al., 1993)

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

จากการอภิปรายผลการวิจัยทำให้ได้มาซึ่งข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเรื่องทวิภาวะของคลื่นและอนุภาคที่สำคัญต่างๆ ดังนี้

1.1 ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค นั้นควรให้ความสำคัญกับ 4 สิ่งต่อไปนี้

1.1.1 ควรจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับสมบัติของคลื่น และสมบัติของอนุภาค ให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เสียก่อน

1.1.2 ควรจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดแนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในสมบัติของคลื่น กับตัวแปรในสมบัติของอนุภาค

1.1.3 การจัดการเรียนการสอนจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญกับการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์ของการทดลองและนำไปประยุกต์ใช้ในการอธิบายการทดลองที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะเรื่องทวิภาวะ ซึ่งเป็นแนวคิดที่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจนจากการทดลองเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

1.1.4 ในการจัดการเรียนการสอนนอกจากจะให้ความสำคัญกับความรู้ หรือแนวคิดที่นักเรียนจะได้รับแล้ว ครูควรให้ความสำคัญกับองค์ประกอบทางด้านจิตใจอีกด้วย ดังจะเห็นได้จากการอภิปรายผลการวิจัย พบว่า ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิดนั้น หากคำนึงถึงแต่เพียงองค์ประกอบทางด้านสติปัญญา และละทิ้งองค์ประกอบทางด้านจิตใจ ก็ยากที่จะทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิด เพราะนักเรียนอาจพบกับอุปสรรคทางด้านจิตใจที่เข้าไปถึงขีดขวางการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียน เช่นการขาดเป้าหมายในการเรียน การขาดความสนใจหรือไม่เห็นคุณค่าของการเรียนฟิสิกส์ การขาดความมั่นใจในตนเอง นั้นหมายความว่าแม้จะจัดการเรียนการสอนได้อย่างไร อาจพบว่า นักเรียนบางส่วนยังคงมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอยู่นั้นเพราะครูไม่ได้จัดการเรียนการสอนที่ทำให้นักเรียนมีเป้าหมายในการเรียน หรือไม่ได้จัดการเรียนการสอนที่น่าสนใจ หรือชวนนักเรียนให้เข้าใจถึงประโยชน์ของแนวคิด เป็นต้น

1.2 ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องทวิภาวะ ครูต้องตระหนักอยู่เสมอว่านักเรียนไม่ได้มีแค่แนวคิดที่คลาดเคลื่อนไปจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์แต่เพียงเท่านั้น แต่นักเรียนยังมีธรรมชาติของแนวคิดนั้นๆ ที่คลาดเคลื่อนไปจากธรรมชาติของแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์จัดไว้อีกด้วย ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนจึงควรให้ความสำคัญกับการเปลี่ยนแปลงธรรมชาติของแนวคิดของนักเรียนด้วยเช่นกัน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากหัวข้อการอภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะทั่วไป พบว่า มีความท้าทายอย่างมากเกี่ยวกับวิธีการสอนที่ส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องสมบัติทวิภาวะนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึง 4 ด้าน ได้แก่ 1) เป็นแนวคิดที่ต้องอาศัยแนวคิดพื้นฐานทางฟิสิกส์มากมาย เช่น สมบัติของคลื่น สมบัติของอนุภาค และแนวคิดของฟิสิกส์ยุคใหม่ที่เป็นตัวเชื่อมความสัมพันธ์สมบัติทั้งสองเข้าด้วยกัน 2) เป็นแนวคิดที่มีความเป็นนามธรรมสูงยากที่จะพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน หรือในห้องเรียนทั่วไป แนวคิดนี้สามารถพบเห็นได้จากการทดลองเท่านั้นซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองค่อนข้างมีความซับซ้อนจึงต้องการความชำนาญของผู้ทดลอง อีกทั้งยังมีราคาสูงจึงยากที่จะมีอยู่ในโรงเรียนทั่วไป 3) ธรรมชาติของแนวคิด (ความเป็นคลื่นหรือเป็นอนุภาค) ที่เปลี่ยนแปลงตามบริบทของการทดลองหรือปรากฏการณ์ ไม่ได้แสดงความเป็นอย่างใดอย่างหนึ่งเหมือนดังแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมา และ 4) ครู หรือผู้วิจัยเลี้ยงไม่ได้ที่ต้องเผชิญกับปัญหาการขาดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งของแรงจูงใจเกี่ยวกับความเชื่อของนักเรียนที่มีต่อวิชาฟิสิกส์ ซึ่งจะเข้าไปขัดขวางการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียนอย่างแน่นอน กล่าวคือ การวิจัยครั้งต่อไปควรมุ่งศึกษาวิธีการสอนที่จะเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียนให้ประสบความสำเร็จในห้องเรียนทั่วไปภายใต้กรอบการมองแบบพหุมิติ

References

- Cheong, Y. W., & Song, J. (2014). Different levels of the meaning of wave-particle duality and a suspensive perspective on the interpretation of quantum theory. *Science & Education*, 23, 1011-1030.
- Chi, M. T. H. (2008). *Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift*. In: Vosniadou, S., Ed., *International Handbook of Research on Conceptual Change*, Routledge, New York, 61-82.
- Lederman, N. G., & Abell, S. K. (2014). *Handbook of research on science education*. London: Routledge.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199.

- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Treagust, D., & Duit, R. (2008). Conceptual change: A discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*, 3, 297-328.
- Treagust, D., & Duit, R. (2009). Multiple perspectives of conceptual change in science and the challenges ahead. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 32(2), 89-104.
- Tyson, L. M., Venville, G. J., & Harrison, A. G. (1996). A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education*, 81, 387-404.