



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการพัฒนาความรู้ของครูวิทยาศาสตร์ด้าน
ศาสตร์การสอน เนื้อหา และบริบทโดยใช้โครงงาน
วิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยเป็นฐาน

โดย ผศ.ดร.สุระ วุฒิพรหม

เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559

สัญญาเลขที่ MRG5580059

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการพัฒนาความรู้ของครูวิทยาศาสตร์ด้านศาสตร์
การสอน เนื้อหา และบริบทโดยใช้โครงงาน
วิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยเป็นฐาน

ผศ.ดร.สุระ วุฒิพรหม
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย
สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

รายละเอียดโครงการ

Project Code : MRG5680121

Project Title : โครงการการพัฒนาความรู้ของครูวิทยาศาสตร์ด้านศาสตร์การสอน เนื้อหา และ
บริบทโดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยเป็นฐาน

Investigator : ผศ.ดร.สุระ วุฒิพรหม

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

E-mail Address : sura.w@ubu.ac.th

Project Period : มิถุนายน 2555 – พฤศจิกายน 2559

Keywords : Professional Development Program, Research Skill, Research-based
Learning

Output จากโครงการวิจัยที่ได้รับทุนจาก สกว.

1. ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ
Wuttiprom, S., Wuttisela, K., Phonchaiya, S., Athiwaspong, W., Chitaree, R., & Sharma, M. D. (2016). Preliminary Results of Professional Development Program for School Science Research. Universal Journal of Educational Research 4(4): 842-848. **ไม่มี impact factor อยู่ใน ERIC**
2. ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติ
 - (1) สุระ วุฒิพรหม กานต์ตระกูล วุฒิสเลา รัชภาคย์ จิตต์อารี (2557). โครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์และการประเมินศักยภาพครู วิทยาศาสตร์ในบทบาทของผู้ประเมินโครงการวิทยาศาสตร์. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 5(1), 66-75. **ฐาน TCI กลุ่ม 1 Impact factor ปี 2558 = 0.523**
 - (2) สุระ วุฒิพรหม กานต์ตระกูล วุฒิสเลา รัชภาคย์ จิตต์อารี (2559). ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยของครู ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์เครือข่ายภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 7(2), อยู่ระหว่างตีพิมพ์. **ฐาน TCI กลุ่ม 1 Impact factor ปี 2558 = 0.523**
3. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์
 - เชิงวิชาการ การนำผลงานวิจัยไปวิจัยต่อยอดเรื่อง Implementation of Online Peer Assessment in a Design for Learning and Portfolio (D4L+ P) Program to Help Students Complete Science Projects

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการพัฒนาความรู้ของครูวิทยาศาสตร์ด้านศาสตร์การสอน เนื้อหา และบริบท โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยเป็นฐานสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจากทีมนักวิจัย ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.รัชภักย์ จิตต์อารี และ ที่ปรึกษานักวิจัยที่ให้คำแนะนำเรื่องการจัดทำโครงการวิจัยและการตีพิมพ์งานวิจัย ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ ขอขอบคุณศูนย์ฟิสิกส์ศึกษาแห่งประเทศไทย (Physics Education Network of Thailand; PENThai) และศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ (Thailand Center of Excellence in Physics; ThEP)

ขอกราบขอบพระคุณ Manjula Devi Sharma, Associate Professor, School of Physics, Faculty of Science at the University of Sydney, Australia ผู้ให้ข้อเสนอแนะในการตีพิมพ์งานวิจัย ขอขอบคุณ Mr.Bob Tremayne งานวิเทศสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ผู้ให้คำปรึกษาด้านภาษาอังกฤษ

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา(สกอ.) และมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่สนับสนุนทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่

ขอขอบคุณโรงเรียนและครู พร้อมทั้งนักเรียนทุกคนที่เสียสละเวลาในการเข้าร่วมโครงการวิจัย ขอขอบใจครูที่มาเรียนในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาที่นำเอาโครงการวิจัยนี้ไปปรับเป็นโครงงานวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนได้ฝึกเป็นนักวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณพ่อแม่และญาติมิตรที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจ ครูอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาแก่นักวิจัย

คุณค่าอันพึงมีของโครงการนี้ ขอมอบงานวิจัยนี้เป็นแหล่งเรียนรู้แก่วงการวิทยาศาสตร์และวงการการศึกษาของประเทศไทย

สุระ วุฒิพรหม
หัวหน้าโครงการวิจัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกโครงการวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ของการประกวดโครงการของนักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์ประจำปี 2555 ประเมินคุณภาพของโครงการวิทยาศาสตร์ ประเมินศักยภาพของครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ในบทบาทของผู้ประเมินโครงการวิทยาศาสตร์ และเปรียบเทียบการให้ข้อมูลย้อนกลับของครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์กับผู้เชี่ยวชาญ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโครงการห้องเรียนพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ จำนวน 131 คน และครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินโครงการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น วิเคราะห์ข้อมูลโดยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ ความสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน จากการศึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ 51 เรื่องที่เข้าร่วมในงานวิจัยนี้ พบว่า โครงการวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์พืชมีจำนวนมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 45 โครงการ ผลการประเมินโครงการวิทยาศาสตร์โดยครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับปานกลาง ความสัมพันธ์ระหว่างการให้คะแนนโครงการวิทยาศาสตร์ของครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์กับผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับปานกลาง และการให้ข้อมูลย้อนกลับของครูส่วนใหญ่เป็นแบบเสริมแรง ส่วนผู้เชี่ยวชาญเป็นแบบให้ข้อเสนอแนะ

การเรียนรู้ที่แท้จริงอยู่ในชีวิตจริง การเรียนวิชาในห้องเรียนยังเป็นการเรียนแบบสมมติ ดังนั้นครูจึงต้องออกแบบการเรียนรู้ให้นักเรียนได้เรียนในสภาพที่ใกล้เคียงชีวิตจริงมากที่สุด การจัดการเรียนรู้แบบโครงการฐานวิจัยเป็นอีกหนึ่งการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ผ่านกระบวนการทำงานเป็นทีม ซึ่งเป็นอีกหนึ่งการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ควบคู่กัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบทักษะวิจัยที่ได้จากการประเมินตนเองและจากแบบทดสอบก่อนและหลังการอบรม กลุ่มตัวอย่างคือครูวิทยาศาสตร์ จำนวน 71 คน ในภาคอีสานตอนล่าง ที่สมัครใจเข้าร่วมอบรมในโปรแกรมพัฒนาครูสำหรับการทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยกระบวนการวิจัย ผลการวิจัยพบว่าระดับความรู้ด้านทักษะวิจัยจากการประเมินตนเองมีความสัมพันธ์กับระดับความรู้ด้านทักษะวิจัยที่ได้จากการทำแบบทดสอบในระดับสูง

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอปัจจัยที่มีผลต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงการฐานวิจัยในสอง ประเด็นย่อยได้แก่ ปัญหาและอุปสรรคที่ทำให้การจัดการเรียนรู้แบบโครงการฐานวิจัยไม่ประสบความสำเร็จจากมุมมองของครู และความเข้าใจด้านทักษะวิจัยของครู กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้จากการเลือกอย่างเจาะจง ได้แก่ครูวิทยาศาสตร์ที่ทำหน้าที่เป็นครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์เครือข่ายภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 71 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบสอบถามปลายเปิด เพื่อให้ครูระบุสาเหตุที่ทำให้การจัดการเรียนรู้แบบโครงการ

ฐานวิจัยไม่ประสบความสำเร็จ และแบบประเมินขีดความสามารถด้านทักษะวิจัย เป็นข้อสอบแบบ 4 ตัวเลือกจำนวน 24 ข้อ วัดทักษะวิจัย 6 ทักษะ ได้แก่ ระบุและควบคุมตัวแปร ตั้งสมมติฐาน กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ กราฟและการตีความหมายข้อมูล การออกแบบการทดลอง และการตั้งคำถามวิจัย ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ร้อยละ 50 ที่ทำให้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยไม่ประสบความสำเร็จเกิดความไม่มั่นใจในศักยภาพตนเองของครู และความเข้าใจด้านทักษะวิจัยของครูมีค่าเท่ากับร้อยละ 69

Abstract

The purposes of this research were to categorize the types of science fair projects based on the 2012 criteria of Young Scientist Competitions, assess the quality of science fair projects, evaluate the science teachers' performance as assessors of science fair projects, and compare the feedback given by science teachers and experts. The study involved 131 high school students in the Enrich Science Classroom and 15 science teachers, and the research tool was the science fair project evaluation Rubric. The data were analyzed by the use of average, standard deviation, percentage, and Spearman rank correlation coefficient. Fifty-one science fair projects were investigated, and it was found that 45 percents of the projects related to plant science topics, the assessment results by science teachers and experts was moderate. There was a moderate level of correlation between the scores provided by science teachers and experts. The majority of the feedback obtained from science teachers and experts was of a reinforcing nature and made suggestions.

Teachers need to design their courses to be as similar to real-life situations as possible as genuine learning emerges in real life as opposed to studying in class. Research-based learning is an innovative approach exploring many critical strategies for success in the twenty-first century. In it, students drive their own learning through inquiry, research, and projects that reflect their knowledge. This study aimed to compare research skills resulting from self-evaluations and from tests before and after a training program. The participants included 71 science teachers from the lower north-eastern part of Thailand who attended the Professional Development Program for School Science Research. The results from the self-evaluations indicated that the knowledge levels of research skills were highly relevant to the knowledge levels of research skills shown in the completion of the tests.

The aim of this article was to identify two factors affecting the success of research based learning, i.e., teachers' perspectives of difficulties using research-based learning and teachers' understanding of science research. A purposive study group of 71 science teachers was drawn from Enrichment Science Classroom teachers in the lower part of North-Eastern Thailand who fulfilled roles as science fair project advisers. The research tools consisted of open-ended questions that asked the teachers to identify reasons why research-based learning was not successful, and the research skill

competency test (RSC test) containing 24 multiple-choice items with four options that assessed teachers' performances of research skills associated with identifying and controlling variables, formulating hypotheses, defining operationally, graphing and interpreting data, designing investigations, and formulating researchable questions. The findings revealed that 50% of the respondents did not have confidence in their ability. The average teachers' performance in the RSC test was 69%

Executive Summary

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ความมั่นคงของชาติไทยขึ้นอยู่กับความสามารถของคนไทยในการดำรงตนอย่างมี วิจารณ์ญาณในทุกโอกาส เมื่อมีการงาน ปัญหา อุปสรรคผ่านเข้ามาในชีวิต คนไทยต้อง สามารถคิด วิเคราะห์ ประพฤติ สร้าง พัฒนา ประเมิน ตัดสินใจและแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ ช่วงเวลาที่ดียิ่งที่สุดต่อการพัฒนาทักษะต่างๆ นั้นก็คือ “วัยเรียน” เมื่อผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะ ที่เอื้อต่อการคิด วิเคราะห์ ฯลฯ ได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว คุณลักษณะเหล่านี้จะติดตัวผู้เรียน ไปตลอด ดังนั้นเมื่อผู้เรียนเข้าสู่วัยทำงานก็จะเปลี่ยนสภาพเป็นคนไทยที่สามารถดำรงตนได้ อย่างมีวิจารณ์ญาณ เสริมความมั่นคงของชาติดังกล่าวในขั้นต้น ระยะเวลาในการผลิตคนไทยที่ สามารถดำรงตนอย่างมีวิจารณ์ญาณได้อย่างยั่งยืนต้องใช้เวลายาวนาน 16-20 ปี โดยมี “ครู แม่แบบ” ที่มีคุณภาพและประสบการณ์ในการ “วิจัย” จึงเป็นผู้สร้างสรรค์ ด้วยเหตุนี้ประเทศไทย ไม่สามารถละเลยการพัฒนาครูได้ เพื่อให้สามารถเป็นครูต้นแบบยุคใหม่ที่จะถ่ายทอดสู่ “นักเรียน” ในภูมิภาคเพื่อเป็นเยาวชนยุคใหม่ต่อไป

ปี พ.ศ. 2548 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เปิดหลักสูตรวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา เพื่อตอบสนองภารกิจหลักของมหาวิทยาลัย อุบลราชธานีในพันธกิจที่ 1 คือ “การผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพมาตรฐานในระดับสากล มีคุณธรรม นำความรู้ คิดเป็น ทำเป็น มีการเรียนรู้ต่อเนื่องตลอดชีวิตและดำรงชีวิตบนพื้นฐานของความ พอเพียง” และสอดคล้องกับความต้องการของสังคมและการพัฒนาทฤษฎีพื้นฐานและสามารถนำ ความรู้ไปคิดแก้ปัญหาในพื้นที่ได้จริง โดยครุวิทยาศาสตรที่จะเข้ามาเรียนในหลักสูตรนี้จะต้องมี ประสบการณ์อย่างน้อย 2 ปี ทั้งนี้เพราะหลักสูตรต้องการให้ครูทำวิจัยกับนักเรียนของตนเอง ใน รูปแบบของการทำ “โครงการวิทยาศาสตรแบบงานวิจัย (school science research, SSR) ถึงแม้ตลอดหลักสูตรได้มีการจัดการเรียนการสอนโดยกระตุ้นให้ครูเห็นความสำคัญ เกิดสำนึกที่ดี และนำเอาประเด็นปัญหาของชุมชน รวมทั้งทรัพยากรของชุมชนในทุกรูปแบบไม่ว่าจะเป็น ทรัพยากรบุคคล ทรัพยากรธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์ประจำชุมชน ผลผลิตทางการเกษตร อุตสาหกรรม ฯลฯ มาเป็นส่วนหนึ่งในการเรียนการสอน เพื่อให้ครูได้นำไปเป็นต้นแบบในการ จัดการเรียนการสอน โดยมีเป้าหมายคือ นักเรียนเป็นผู้ตั้งโจทย์วิจัยและดำเนินการวิจัยจนได้ องค์ความรู้ด้วยตนเองและมีครูเป็นผู้ชี้แนะ (facilitator) แต่อย่างไรก็ตามหัวข้อวิทยานิพนธ์ / การ ค้นคว้าอิสระ ของนักศึกษาในหลักสูตรที่สำเร็จการศึกษาไปแล้วจำนวน 3 รุ่น ทั้งหมด 54 คน พบว่ามีเพียง 2 คนเท่านั้น (คิดเป็นร้อยละ 3.7) ที่นักเรียนสามารถนำเอาประเด็นปัญหาของ ชุมชนมาตั้งเป็นหัวข้อวิจัย และค้นคว้าหาคำตอบด้วยกระบวนการวิจัยด้วยตัวของนักเรียนเอง นอกนั้นเป็นงานวิจัยที่เรียกว่า “วิจัยในชั้นเรียน (classroom action research)” คือ การศึกษา ปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จะเห็นได้ว่า งานวิจัยของครูต่างจากงานวิจัยของ

นักวิทยาศาสตร์ สาเหตุอาจเนื่องมาจากครูและนักวิทยาศาสตร์ถูกสอนให้รู้จักกับคำว่าวิจัยในรูปแบบที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดมุมมองและการใช้ประโยชน์จากงานวิจัยแตกต่างกัน ดังนั้นในฐานะที่ผู้วิจัยได้เรียนรู้งานวิจัยทั้งในรูปแบบของนักวิทยาศาสตร์และวิชาชีพครู จึงอยากพัฒนางานวิจัยในชั้นเรียนของครูวิทยาศาสตร์ด้วย “กระบวนการวิจัยทางวิทยาศาสตร์” เพราะเป็นกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับธรรมชาติวิชาวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของสมองและจิตใจของผู้เรียน และเป็นประโยชน์ทั้งครูและนักเรียนในหลายแง่มุม

การทำวิจัยด้วยกระบวนการวิจัยทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการปฏิรูปการศึกษาในปัจจุบัน เห็นได้จากโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในประเทศไทยเริ่มมีหลักสูตรโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นโครงการในความร่วมมือระหว่าง สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) หนึ่งในข้อบังคับของนักเรียนที่จะจบหลักสูตรนี้จะต้องได้รับการส่งเสริมการทำโครงการวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี จากข้อมูลงานบริการวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในปี 2553-2554 พบว่ามีจำนวนโรงเรียนในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ จำนวน 12 โรงเรียน ในเขตพื้นที่ 6 จังหวัด ได้แก่ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ ยโสธร อำนาจเจริญ สุรินทร์ และ มหาสารคาม มาขอความอนุเคราะห์ให้อาจารย์จากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จัดอบรมเชิงปฏิบัติการการทำโครงการวิทยาศาสตร์ระดับโรงเรียนสำหรับนักเรียน ระยะสั้น 3-5 วัน โดยมีเป้าหมายคือ นักเรียนต้องสามารถ คิด วางแผน ทำ และ นำเสนอ โครงการวิทยาศาสตร์ได้ และนักเรียนสามารถนำองค์ความรู้นี้ไปต่อยอดการทำโครงการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองต่อไป จากการสัมภาษณ์ครูที่ดูแลนักเรียนในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ พบว่าสาเหตุที่ครูไม่สามารถเป็นผู้นำนักเรียนในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ได้นั้น ได้แก่ ครูไม่เคยทำงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์มาก่อน จึงไม่มีความมั่นใจในศักยภาพของตนเอง (ร้อยละ 93) ครูมีความเชื่อว่าการทำโครงการวิทยาศาสตร์ ต้องอาศัยวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี หรือความร่วมมือจากอาจารย์ระดับมหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน (ร้อยละ 75) และ ไม่สามารถทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญ ประโยชน์ของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 67)

การทำโครงการวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัย คือเครื่องมือช่วยปฏิรูปการศึกษาของทั้งของครูและนักเรียน ดังนั้นครูและนักเรียนต้องได้รับการพัฒนาไปในทิศทางเดียวกัน เช่น การตั้งและตอบโจทย์ในเชิงวิจัย จากประเด็นปัญหาในชุมชน และพัฒนาร่วมกัน เพื่อให้ได้กำลังคนที่มีความสามารถทางความคิดและมีฝีมือจำนวนมากพอที่จะสร้างผลกระทบ (impact) ต่อการพัฒนาชาติได้ต่อไป

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (literature review) และเอกสารอ้างอิง

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ Pedagogical Content Contextual Knowledge และ School Science Research

Pedagogical Content Contextual Knowledge

Lee Shulman (1986) เสนอแนวคิดในการพัฒนาครู (professional development) ว่าต้องประกอบไปด้วย 2 องค์ประกอบ คือ ความรู้ด้านการสอน (Pedagogical Knowledge) และความรู้ด้านเนื้อหาวิชา (Content Knowledge) ซึ่งเรียกว่า Pedagogical Content Knowledge, PCK แต่ปัจจุบันแนวคิดของ PCK มีหลายองค์ประกอบ เช่น Technological Pedagogical Content Knowledge; TPCK (Mishra, & Koehler, 2006; Arnold, Padilla & Tunhikorn, 2009) ที่เพิ่มความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technological Knowledge) และ PCK ตามแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท, 2552) ที่เพิ่มความรู้ด้านบริบท (Contextual Knowledge) เช่น นโยบายประเทศ สภาพแวดล้อมและชุมชน เอกลักษณ์และสภาพแวดล้อมของโรงเรียน รวมทั้งศิษย์เก่าของโรงเรียน และบริบทเฉพาะต่างๆ จากแผนภาพ PCK คือบริเวณที่ความรู้แต่ละด้านซ้อนทับกัน (intersect) ความรู้ในแต่ละด้านมีความสำคัญเท่าเทียมกันและต้องมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันเพื่อนำไปสู่นักเรียน เมื่อครูขาดความรู้ด้านใดด้านหนึ่งหรือไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ทั้งสามด้านได้อย่างเหมาะสม ก็จะส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ของนักเรียน (Blonder, Mamlok-Naaman & Hofstein, 2008) วิธีการที่จะช่วยให้ครูพัฒนาตนเองให้มีความรู้ครบทั้งสามด้านนั้น สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสะท้อนความคิด การรับการอบรมหรือสัมมนา peer review หรือ ทำวิจัยในชั้นเรียน (Newsome & Lederman, 1999; Penso, 2002; Goodnough, 2008)

Van Driel และคณะ (2002) และ De Jong และคณะ (2005) ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการทำงานวิจัยด้าน PCCK เพื่อพัฒนาครูว่าจะต้องมีการวิจัยด้านการเรียนรู้ของนักเรียน (research on student learning) รองรับ เพราะการพัฒนาความรู้ด้านการสอน และ ความรู้ด้านเนื้อหาเป็นกระบวนการสองทาง (bi-directional process) ดังนั้นต้องศึกษาความสัมพันธ์ของความรู้ทั้งสองด้านควบคู่กันไป ตลอดระยะเวลาเกือบ 30 ปีที่แนวคิดเกี่ยวกับ PCCK ได้ถูกพัฒนาขึ้น วิจัยต่างๆชี้ให้เห็นว่ามีประโยชน์ต่อการพัฒนาครูและนักเรียน (Abell Sandra, 2008)



แผนภาพแสดงองค์ประกอบที่สำคัญและความสัมพันธ์ของ PCK

จะเห็นว่า PCK ตามแนวคิดของ สสวท. ทั้งชื่อย่อและชื่อเต็มตามภาษาอังกฤษ ไม่มีคำใดที่แสดงให้เห็นว่า PCK มีองค์ประกอบของ Contextual Knowledge ดังนั้นผู้วิจัยจึง เรียกใหม่เป็น PCCK (Pedagogical Content Contextual Knowledge) คือความรู้ด้านศาสตร์การสอน เนื้อหา และบริบท

School Science Research

การพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันเน้นไปที่กระบวนการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับธรรมชาติวิชาวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของสมองและจิตใจของผู้เรียน (AAAS, 1993; Anderson, 2002) ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากการตั้งคำถาม แล้วให้ผู้เรียนสร้างแผนการเรียนรู้ หรือกำหนดทางเลือกในการอธิบายสิ่งที่ปรากฏด้วยวิธีการที่หลากหลาย และการให้น้ำหนักความเชื่อถือจากหลักฐานที่ปรากฏ โดยคำถามที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากผู้เรียนตั้งขึ้นเองด้วยความอยากรู้ หรือผู้สอนเป็นผู้ชักนำให้เกิดคำถามแล้วให้ผู้เรียนเลือกคำถาม (National Research Council, 2000) การจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยเป็นฐาน (**school science research based-learning, SSR**) (การจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้มีหลายชื่อ เช่น Problem based learning, science inquiry)

การรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) เป็นสิ่งที่สำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ (knowledge based learning) ในปัจจุบัน เนื่องจากวิทยาศาสตร์ทำให้คนได้พัฒนาความคิด และมีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ และมีความสามารถในการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องให้

ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ มีทักษะกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้สามารถนำความรู้และกระบวนการที่ได้ ใช้นำในการแก้ไขปัญหา ตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผล และพัฒนาตนเองได้อย่างต่อเนื่อง สอดรับกับการจัดการเรียนรู้ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 ในมาตรา 24 ที่กล่าวไว้ว่า การจัดการกระบวนการเรียนรู้ต้องให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อใช้ป้องกันและแก้ไขปัญหา และเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2546) ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ตลอดชีวิต (life-long learning)

การจัดการเรียนรู้แบบ SSR มีลักษณะเช่นเดียวกับการค้นคว้าหาความจริงของนักวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอน มีเหตุผล เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนรู้ และผลตอบแทนในรูปแบบต่างๆ ที่มนุษย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การทำโครงการวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยเป็นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skills) และทักษะกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ (scientific thinking skills) อย่างเต็มศักยภาพของผู้เรียนแล้ว ยังเป็นการเพิ่มศักยภาพทางวิชาการของผู้สอนทั้งทางด้านเนื้อหาวิชาทางวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ และศาสตร์การสอนอีกด้วย (Windale, 2008)

นักวิจัยวิทยาศาสตร์ศึกษา (science education research) ให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยเป็นฐาน ในแง่ของการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ □ และทักษะกระบวนการแสวงหาความรู้ □ แบบนักวิทยาศาสตร์ □ รวมทั้งสามารถสร้างความภาคภูมิใจ ชื่นชมกับความสำเร็จให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน และหากผู้เรียนได้นำผลจากการทำโครงการวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ก็จะทำให้เกิดเป็นความรู้ที่ยั่งยืน (จารุวรรณ เสี่ยงไพเราะ, ศักดิ์ศรี สุภาพร และ กิตติยา วงษ์ □ ขัน, 2554; วุฒิพล รัตนพร และ สุระ วุฒิพรหม, 2553, วิลสัน □ สุนทรโรจน □, 2544; Marx et al., 2004; Orna et al., 2008)

อย่างไรก็ตาม นักเรียนมีทัศนคติเชิงลบต่อการจัดการเรียนรู้แบบ SSR เช่น เป็นกิจกรรมที่ยาก เหมาะสำหรับนักเรียนที่เก่ง และสติปัญญาดีเท่านั้น ต้องใช้เวลามาก ยังไม่เห็นความสำคัญว่าจะนำไปใช้ในการเรียนต่อในระดับมหาวิทยาลัยได้อย่างไร เพราะระบบการสอบคัดเลือกนักเรียนเข้าศึกษาต่อยังเน้นความรู้ความสามารถด้านพุทธิพิสัย (S. Pholdee, S. Supasorn & A. Samphao, 2011) จากทัศนคติดังกล่าวข้างต้น ส่งผลให้การจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนให้นักเรียนทำโครงการวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยอย่างจริงจังในระดับนักเรียนไม่ได้รับความสนใจน้อยและแพร่หลาย เห็นได้จากสถิติจำนวนโครงการวิทยาศาสตร์ที่ส่งเข้าประกวดในรายการต่างๆ กับมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เช่น สัปดาห์วันวิทยาศาสตร์ โครงการประกวดโครงการของนักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์ ที่มีจำนวนน้อย และหัวข้อโครงการวิทยาศาสตร์ไม่

หลากหลาย โรงเรียนขนาดใหญ่ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดีของแต่ละจังหวัดจะส่งผลงานเข้าร่วมน้อยหรือไม่ส่งเลย (รายงานสรุปโครงการ)

จะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบ SSR เป็นสิ่งสำคัญทั้งต่อครูและนักเรียน ดังนั้นจึงควรส่งเสริมให้มีการทำโครงการวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยในชั้นเรียนอย่างแพร่หลาย

เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย

จารุวรรณ เสี่ยงไพเราะ, ศักดิ์ศรี สุภาธร และ กิตติยา วงษ์ขันธ์. (2554). การพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดการเรียนรู้แบบโครงการวิทยาศาสตร์เป็นฐานเรื่องพอลิเมอร์ธรรมชาติ. การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยบูรพา, 6-7 กรกฎาคม 2554 ณ มหาวิทยาลัยบูรพา

วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์. (2544). กระบวนการเรียนรู้โดยโครงการ. วิทยานิพนธ์มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วุฒิพล รัตนพร และ สุระ วุฒิพรหม. (2554.) อุปกรณ์อย่างง่ายและราคาถูกเพื่อเพิ่มแนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาคเหนือ , 3 (พิเศษ มกราคม -เมษายน), 135-143.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2552). กระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาตามมาตรฐานหลักสูตร. เอกสารพัฒนาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ โครงการพัฒนาเครือข่ายการเรียนรู้ผู้สอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ช่วงชั้นที่ 1-3, 1-3

AAAS (1993). *Benchmarks for Scientific Literacy*, Oxford University Press, New York.

Abell Sandra, K. (2008). Twenty year later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, **30**(10), 1405–1416

Anderson, R. (2002). Reforming Science Teaching : What Research Says about Inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, **13**, 1–12.

Arnold, S. R., Padilla, M. J. & Tunhikorn, B. (2009). The development of pre-service science teachers' professional knowledge in utilizing ict to support professional lives, *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, **5**(2), 91-101.

Blonder, R., Mamlok-Naaman, R., & Hofstein, A. (2008). Analyzing inquiry questions of high-school students in a gas chromatography open-ended laboratory experiment. *Chemistry Education Research and Practice*, **9**, 250-258.

De Jong, O., Van Driel, J., & Verloop, N. (2005). Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models when teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, **42**, 947-964.

Goodnough, K. (2008). Moving science off the "back burner": meaning making within an action research community of practice. *J. Sci. Teach. Educ.*, **19**, 15-39.

Marx, R. W., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E., Geier, R., et al. (2004). Inquirybased science in the middle grades: Assessment of learning in urban system reform. *Journal of Research in Science Teaching*, **41**, 1063–1080.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teacher knowledge. *Teachers College Record*, **108**(6), 1017-1054.

National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: National Academy Press.

Newsome, J., & Lederman, N. (1999) Examining Pedagogical Content Knowledge. *Association for the Education of Teacher in Science*.

Orna F., Bat-Sheva E., & Sherman R. (2008) Motivating Teachers to Enact Free-Choice Project-Based Learning in Science and Technology (PBLSAT): Effects of a Professional Development Model, *Journal of Science Teacher Education*, **19**(6), 565-591

Penso, S. (2002). PCK: how do student teachers identify and describe the cause of their pupils' learning difficulties. *Asia. Pac. J. Teach. Educ.*, **30**, 25-37.

Pholdee, S, Supasorn, S & Samphao, A. (2011). Enhancing Students' Achievement of Acid-Base using Science Inquiry Context-based Learning Packages. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 3 ฉบับพิเศษที่ 1 มกราคม 2544, 269-275.

Windale, M. (2008). Further developing the capability of upper secondary students to carry out science projects (workshop training material). Bangkok: NSTDA.

Van Driel, J. H., De Jong, O., & Verloop, N. (2002). The development of pre-service chemistry teachers'PCK. *Science Education*, **86**(4), 572-590.

Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, **15**(2), 4–14.

วัตถุประสงค์ของโครงการ

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัย คือ การพัฒนาศักยภาพของครูและนักเรียนด้านการทำโครงการวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยจากโจทย์ปัญหาในชุมชน (real life context) อย่างเป็นระบบ และมีคุณภาพ โดยยึดวัตถุประสงค์ย่อย ดังต่อไปนี้

1. เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมพัฒนาความรู้ของครู วิทยาศาสตร์ด้านศาสตร์การสอน เนื้อหา และบริบท โดยใช้โครงการ วิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยเป็นฐาน (Teacher Development Program for PCCK and SSR) จากโจทย์ปัญหาในชุมชนอย่างเป็นระบบ และมีคุณภาพ
2. เพื่อพัฒนาทักษะด้านการทำโครงการวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัย และความเข้าใจ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (science conceptual understanding) ของครูและ นักเรียน
3. เพื่อเพิ่มศักยภาพความรู้ของครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในการบูรณาการศาสตร์การสอน เนื้อหาที่สอดคล้องกับบริบท (Pedagogical Content Contextual Knowledge, PCCK)
4. เพื่อวิเคราะห์แนวความคิด ข้อคิดเห็น และทัศนคติของครูและนักเรียนต่อการจัดการ เรียนรู้โดยใช้โครงการวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยเป็นฐาน

ระเบียบวิธีวิจัย

โครงการนี้เป็นงานวิจัยแบบวิธีผสม (mixed method research) แบ่งเป็น 4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การสำรวจข้อมูลพื้นฐาน

1. สำรวจข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความต้องการ ปัญหาและอุปสรรค เกี่ยวกับความรู้ของ ครูวิทยาศาสตร์ด้านศาสตร์การสอน เนื้อหา และบริบท รวมทั้งเกี่ยวกับความรู้ ความสามารถในการทำโครงการวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยของครูวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตพื้นที่รับผิดชอบของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามสำรวจข้อมูลพื้นฐานฯ
2. วิเคราะห์แบบสำรวจข้อมูลพื้นฐานฯ ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS
3. เพื่อจับประเด็นปัญหา/อุปสรรค และความต้องการของครูวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไป เป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางในการสร้างโปรแกรมพัฒนาความรู้ของครู วิทยาศาสตร์ด้านศาสตร์การสอน เนื้อหา และบริบท โดยใช้โครงการ วิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยเป็นฐานต่อไป

**ระยะที่ 2 การสร้างโปรแกรมพัฒนาความรู้ของครูวิทยาศาสตร์ด้าน
การสอน เนื้อหา และบริบท โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยเป็น
ฐาน**

1. ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาโปรแกรมพัฒนาฯ ซึ่งประกอบด้วย 1) ชุดการฝึกอบรมครู และแผนการจัดการอบรมสำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้โครงงาน วิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยเป็นฐาน 2) ชุดการฝึกอบรมและแผนการจัดการอบรม พื้นฐานการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ด้านเนื้อหาและศาสตร์การสอนที่ คำนึงถึงบริบทในโรงเรียนเป็นสำคัญ
2. เชิญผู้เชี่ยวชาญและคณะผู้วิจัยร่วมกันพิจารณาโปรแกรมพัฒนาฯ ฉบับร่าง ปรับปรุง แก้ไข แล้วนำข้อสรุปจากการประชุม มาปรับปรุงแก้ไขจนได้โปรแกรม พัฒนาฯ (ฉบับจริง)

**ระยะที่ 3 การทดลองใช้โปรแกรมพัฒนาความรู้ของครูวิทยาศาสตร์ด้าน
ศาสตร์การสอน เนื้อหา และบริบท โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์แบบ
งานวิจัยเป็นฐาน**

- ครูที่เข้าร่วมในงานวิจัยกำหนดไว้ประมาณ 20 คนแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ ครูใน หลักสูตรวิทยาศาสตร์ศึกษา ครูในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ และ ครู วิทยาศาสตร์ที่สนใจ ครูในกลุ่มแรกจะดำเนินการวิจัยภายใต้การดูแลของอาจารย์ที่ ประึกษาวิทยานิพนธ์ / การค้นคว้าอิสระ และครูในสองกลุ่มหลัง ดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้
1. อบรมครูครั้งที่ 1 เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์แบบ งานวิจัยเป็นฐาน เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถจัดการเรียนรู้กับนักเรียนของ ตนเองได้อย่างมั่นใจ
 2. อบรมครูครั้งที่ 2 เกี่ยวกับพื้นฐานการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ด้านเนื้อหา และศาสตร์การสอน ที่คำนึงถึงบริบทในโรงเรียนเป็นสำคัญ (PCK) เพื่อให้ผู้เข้า การอบรมได้เรียนรู้เทคนิควิธีการต่างๆ พร้อมสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อ นำไปใช้กับนักเรียนของตนเองต่อไป
 3. ครูในสองกลุ่มหลังถ่ายโอนความรู้ที่ได้เกี่ยวกับการทำโครงงานวิทยาศาสตร์แบบ งานวิจัยให้กับนักเรียน จนนักเรียนสามารถตั้งโจทย์วิจัย และดำเนินการวิจัย และได้ องค์ความรู้จากการวิจัย โดยหัวหน้าโครงการวิจัยจะต้องออกติดตามผล โดยใช้ แบบสอบถาม สัมภาษณ์ และสังเกตชั้นเรียน โดยครูที่เป็นกลุ่มตัวอย่างส่วนหนึ่งจะ เลือกเป็นกรณีศึกษา เพื่อเก็บข้อมูลในเชิงคุณภาพ

4. อบรมครั้งที่ 3 ครูนำเสนอผล การนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้ร่วมกัน โดยผู้เชี่ยวชาญ ให้ข้อข้อเสนอแนะ ครูปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ให้สมบูรณ์
5. สรุปและประเมินผลโปรแกรมพัฒนาฯ

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร คือ ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตพื้นที่รับผิดชอบของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ครูและนักเรียน จาก 3 กลุ่มดังนี้ 1) ครูที่เรียนในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อย่างน้อย 1 คน และนักเรียนจำนวน 1 ห้องเรียน 2) ครูจากโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ อย่างน้อย 1 คน และนักเรียนจำนวน 1 ห้องเรียน 3) ครูจากโรงเรียนมัธยมศึกษาในเขตอำเภอวารินชำราบ และอำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี และโรงเรียนอื่นๆ ที่สนใจเข้าร่วมโครงการวิจัย อย่างน้อย 1 คน และนักเรียนจำนวน 1 ห้องเรียน
2. เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย เนื่องจากโจทย์วิจัยมาจากบริบทของชุมชนและความสนใจร่วมกันครูและนักเรียน ดังนั้นจึงมีทุกสาขาวิชา เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ แต่จะกำหนดระดับความยากง่ายของเนื้อหาสำหรับนักเรียนในช่วงชั้นที่ 3-4
3. ตัวแปรที่ศึกษา
ตัวแปรต้น ได้แก่ พัฒนาความรู้ของครูวิทยาศาสตร์ด้านศาสตร์การสอน เนื้อหาและบริบท โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยเป็นฐาน
ตัวแปรตาม ได้แก่
 - เพื่อพัฒนาทักษะด้านการทำโครงงานวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัย และความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (science conceptual understanding) ของครูและนักเรียน
 - เพื่อเพิ่มศักยภาพความรู้ของครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในการบูรณาศาสตร์การสอน เนื้อหาที่สอดคล้องกับบริบท (Pedagogical Content Contextual Knowledge, PCCK)
 - เพื่อวิเคราะห์แนวความคิด ข้อคิดเห็น และทัศนคติของครูและนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยเป็นฐาน

ภาคผนวก ก
บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

โครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์และการประเมิน ศักยภาพครูวิทยาศาสตร์ในบทบาทของผู้ประเมินโครงการวิทยาศาสตร์

สุระ วุฒิพรหม^{1,3*} กานต์ตะวันรัตน์ วุฒิสเลา^{2,3} และรัชภาคย์ จิตต์อารี⁴

¹ภาควิชาฟิสิกส์ และ ²ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

³ศูนย์วิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

⁴ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

*E-mail: wuttiprom@gmail.com

รับบทความ: 9 มีนาคม 2557 ยอมรับตีพิมพ์: 26 เมษายน 2557

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกโครงการวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ของการประกวดโครงการของนักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์ประจำปี 2555 ประเมินคุณภาพของโครงการวิทยาศาสตร์ ประเมินศักยภาพของครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ในบทบาทของผู้ประเมินโครงการวิทยาศาสตร์ และเปรียบเทียบการให้ข้อมูลย้อนกลับของครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์กับผู้เชี่ยวชาญกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโครงการห้องเรียนพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ จำนวน 131 คน และครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินโครงการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น วิเคราะห์ข้อมูลโดยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ ความสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน จากการศึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ 51 เรื่องที่เข้าร่วมในงานวิจัยนี้ พบว่า โครงการวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์มีจำนวนมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 45 โครงการผลการประเมินโครงการวิทยาศาสตร์โดยครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับปานกลาง ความสัมพันธ์ระหว่างการให้คะแนนโครงการวิทยาศาสตร์ของครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์กับผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับปานกลาง และการให้ข้อมูลย้อนกลับของครูส่วนใหญ่เป็นแบบเสริมแรง ส่วนผู้เชี่ยวชาญเป็นแบบให้ข้อเสนอแนะ

คำสำคัญ: โครงการวิทยาศาสตร์ การให้ข้อมูลย้อนกลับ การพัฒนาครู ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์

Science Fair Projects of *Enrich Science Classroom* Students and Science Teachers' Performances as Science Fair Project Assessors

Sura Wuttirom^{1,3*} Karntarat Wuttisela^{2,3} and Rachapak Chitaree⁴

¹Department of Physics and ²Department of Chemistry, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

³Research and Innovation in Science Education Center, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

⁴Department of Physics Faculty of Science, Mahidol University, Ratchathewi, Bangkok 10400, Thailand

*E-mail: wuttirom@gmail.com

Abstract

The purposes of this research were to categorize the types of science fair projects based on the 2012 criteria of Young Scientist Competitions, assess the quality of science fair projects, evaluate the science teachers' performance as assessors of science fair projects, and compare the feedback given by science teachers and experts. The study involved 131 high school students in the Enrich Science Classroom and 15 science teachers, and the research tool was the science fair project evaluation Rubric. The data were analyzed by the use of average, standard deviation, percentage, and Spearman rank correlation coefficient. Fifty-one science fair projects were investigated, and it was found that 45 percents of the projects related to plant science topics, the assessment results by science teachers and experts was moderate. There was a moderate level of correlation between the scores provided by science teachers and experts. The majority of the feedback obtained from science teachers and experts was of a reinforcing nature and made suggestions.

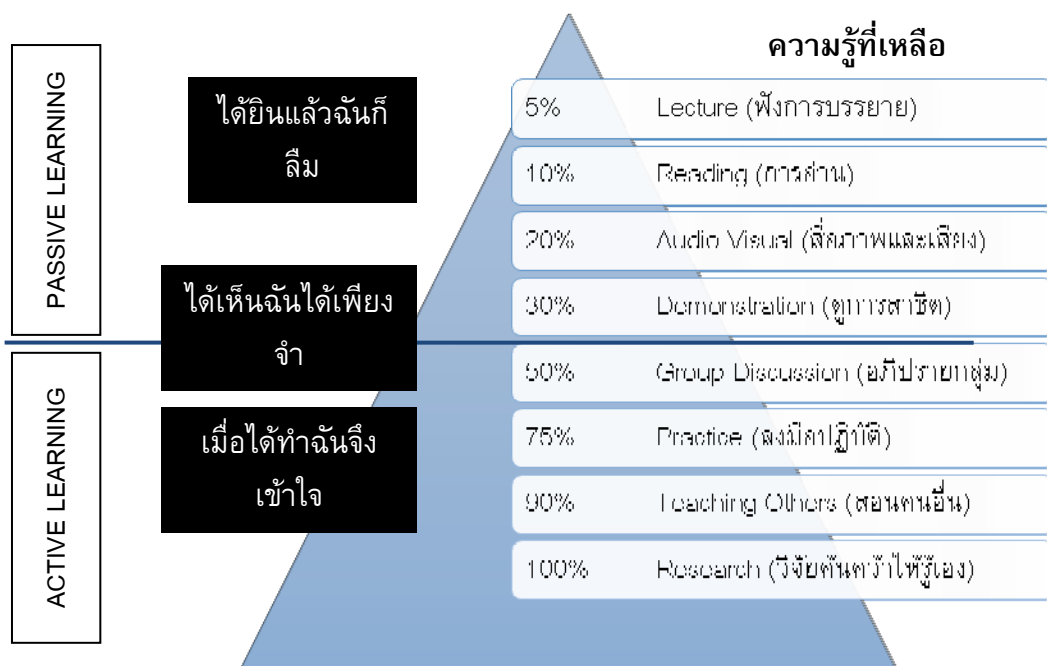
Keywords: Science fair project, Feedback, Professional development, Enrich science classroom

บทนำ

การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นสิ่งที่ท้าทายความสามารถของครู เพราะจะต้องจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับสภาพสังคมของโลกที่เปลี่ยนแปลงไป และสิ่งที่สำคัญที่สุดต้องเหมาะสมกับผู้เรียน การจัดการเรียนรู้จึงไม่ใช่แค่เพื่อให้ได้ความรู้แต่ต้องได้ทักษะ (skill) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้หาหรือสร้างความรู้เอง (วิจารณ์ พานิช, 2553; ยงยุทธ ยุทธวงศ์, 2554)

การจัดการเรียนรู้ในกลุ่มบนของปิรามิด (ภาพที่ 1) ได้แก่ ฟังการบรรยาย การอ่าน สื่อภาพและเสียง ดูการสาธิต เป็นการเรียนรู้เชิงรับ (passive learning) ความรู้ที่เหลือนิดตัวน้อยกว่าร้อยละห้าสิบ ส่วนการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มล่างของปิรามิด ได้แก่ อภิปรายกลุ่ม ลงมือปฏิบัติ สอนคนอื่น และวิจัยค้นคว้าให้รู้เอง เป็นการเรียนเชิงรุก (active learning) ความรู้ที่เหลือนิดจะมากกว่าร้อยละห้าสิบ การเรียนแบบค้นหาความรู้

เองจากกระบวนการวิจัยนั้น ผู้เรียนต้องวางแผน ปฏิบัติและตีความเป็นความรู้เอง เมื่อทุกอย่างได้รับชักนำขึ้นจากการปฏิบัติและคิดเอง ความรู้จึงเหลือทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมด การจัดการเรียนรู้ด้วยการวิจัยค้นคว้าให้รู้เอง (research) ผู้เรียนจะได้ทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะวิจัย รวมทั้งทักษะอื่น ๆ เช่น ทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ควบคู่กัน การวิจัยค้นคว้าให้รู้เองมีลักษณะ แบบการสอนน้อยก็รู้มาก (teach less, learn more) ครู (teacher) ต้องเปลี่ยนบทบาทตนเองไปเป็นผู้ฝึก (coach) และต้องจัดภาวะแวดล้อมการเรียนรู้ (learning environment) ที่หลากหลายและใกล้เคียงชีวิตจริงที่สุดและพร้อมที่จะเรียนรู้ไปกับผู้เรียน อาจกล่าวได้ว่า การวิจัยค้นคว้าให้รู้เองเป็นเครื่องมือสำคัญในการปฏิรูปการศึกษา (สุธีระ ประเสริฐสรรพ, 2555)



ภาพที่ 1 พีระมิดการเรียนรู้ (learning pyramid) ดัดแปลงจาก National Training Laboratories, Institute for Applied Behavioral Science, Bethel, Maine, USA

ตัวอย่างคำศัพท์ทางการศึกษาที่เรียกการจัดการเรียนรู้ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับการวิจัยค้นคว้าให้ตัวเอง ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน (project-based learning) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem-based learning) และการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัย (research-based learning) รวมถึงสเต็มศึกษา (stem education) การจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้แบบสรคณนิยม (constructivism) ของพียาเจต์ (Piaget) ที่เชื่อว่า ผู้เรียนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจ ประสบการณ์เกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างมาแล้วไม่มากนักน้อย (prior knowledge) ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเองโดยการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับกับความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์ที่มีอยู่แล้ว การสร้างความรู้ของผู้เรียนแต่ละคนจะแตกต่างกันไปตามระดับของพื้นฐานความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์เดิม ร่วมกับทฤษฎีการเรียนรู้แบบการสรหาความรู้ (constructionism) ของซีมัวร์ เพเพอร์ท (Seymour Papert) ที่เชื่อว่าความรู้ไม่ใช่เกิดจากผู้สอนเพียงอย่างเดียว แต่สามารถสร้างขึ้นโดยผู้เรียนเองได้ และการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อผู้เรียนลงมือกระทำด้วยตนเอง (learning by doing) ผนวกกับทฤษฎีการเรียนรู้สรคณนิยมทางสังคม (social construc-

tivism) ของไวก็อตสกี (Vygotsky) ที่เชื่อว่าการที่คนเรามีปะทะสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด และการปะทะสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อมนี้มีผลทำให้ระดับสติปัญญาและความคิด มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา แนวคิดดังกล่าวมีอิทธิพลต่อการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (cooperative learning)

การจัดการเรียนรู้ด้วยการวิจัยค้นคว้าให้เองมีความสำคัญต่อการปฏิรูปการศึกษาในปัจจุบัน เห็นได้จากโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในประเทศไทย เริ่มมีหลักสูตรโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นโครงการในความร่วมมือระหว่าง สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และมูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา ในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ (สอวน.) การจัดตั้งโครงการนี้วัตถุประสงค์เพื่อเร่งรัดพัฒนาเด็กและเยาวชนที่มีความสามารถพิเศษที่มีทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ให้เป็นนักวิทยาศาสตร์ นักวิจัย เป็นการเพิ่มจำนวน

นักวิทยาศาสตร์ภายในประเทศให้มากขึ้น สามารถเพิ่มขีดความสามารถของประเทศไทยในการแข่งขันกับนานาประเทศได้ หนึ่งในข้อบังคับของนักเรียนที่จะจบหลักสูตรนี้จะต้องได้รับการส่งเสริมการทำโครงการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี จากข้อมูลงานบริการวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในปี 2553-2554 พบว่ามีจำนวนโรงเรียนในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ จำนวน 12 โรงเรียน ในเขตพื้นที่ 6 จังหวัด ได้แก่ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ ยโสธร อำนาจเจริญ สุรินทร์ และ มหาสารคาม มาขอความอนุเคราะห์ให้อาจารย์จากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จัดอบรมเชิงปฏิบัติการการทำโครงการวิทยาศาสตร์ระดับโรงเรียนสำหรับนักเรียน ระยะสั้น 3-5 วัน โดยมีเป้าหมายคือ นักเรียนต้องสามารถ คิด วางแผน ทำ และนำเสนอโครงการวิทยาศาสตร์ได้ และนักเรียนสามารถนำองค์ความรู้นี้ไปต่อยอดการทำโครงการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองต่อไป

จากการสัมภาษณ์ครูที่ดูแลนักเรียนในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ พบว่า สาเหตุที่ครูไม่สามารถเป็นผู้นำนักเรียนในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ได้นั้น ได้แก่ ครูไม่เคยทำงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์มาก่อน จึงไม่มีความมั่นใจในศักยภาพของตนเอง (ร้อยละ 93) ครูมีความเชื่อว่าการทำโครงการวิทยาศาสตร์ ต้องอาศัยวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี หรือความร่วมมือจากอาจารย์ระดับมหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน (ร้อยละ 75) และไม่สามารถทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญ ประโยชน์ของการทำโครงการวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 67) ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับการพัฒนาศักยภาพของครูและนักเรียนด้านการทำโครงการวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยขึ้น โดยเน้นการพัฒนาความรู้ของครูวิทยาศาสตร์ด้านศาสตร์การสอน (pedagogical knowledge) และเนื้อหา (content knowledge) ควบคู่กันโดยสร้างโจทย์วิจัยจากบริบทของโรงเรียนและชุมชน (contextual knowledge)

วัตถุประสงค์การวิจัย

ในบทความวิจัยนี้จะนำเสนอผลการวิจัยในระยะแรกก่อนที่ครูและนักเรียนจะเข้าร่วมโปรแกรมสำหรับการพัฒนาศักยภาพของครูและนักเรียนด้านการทำโครงการวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์

1. เพื่อจำแนกโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

โครงการห้องเรียนพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ในแต่ละสาขาตามเกณฑ์ของโครงการ YSC 2012

2. เพื่อประเมินคุณภาพของโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโครงการห้องเรียนพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ของแบบประเมินโครงการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3. เพื่อประเมินศักยภาพของครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ในบทบาทของผู้ประเมินโครงการวิทยาศาสตร์เพื่อเปรียบเทียบการให้ข้อมูลย้อนกลับของครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์กับผู้เชี่ยวชาญ

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้จากการเลือกอย่างเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 146 คน แบ่งเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ในจังหวัดอุบลราชธานี ปีการศึกษา 2554 จากโรงเรียนศรีปทุมวิทยาคาร โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล โรงเรียนเดชอุดม และจังหวัดยโสธรจากโรงเรียนลิงนกทา โรงเรียนยโสธรพิทยาคม รวมจำนวน 131 คน และเป็นครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์จาก 5 โรงเรียนๆ ละ 3 คนรวม 15 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การประเมินผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการวิจัยค้นคว้าให้รู้เองสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ข้อสอบ สอบภาคปฏิบัติ การเขียนแผนผังความคิด ประเมินจากเพื่อน ประเมินจากครู ประเมินตนเอง การนำเสนอ รายงาน แฟ้มสะสมผลงาน ในงานวิจัยนี้ประเมินคุณภาพของโครงการวิทยาศาสตร์จากรายงาน (report) และการนำเสนอ (oral presentation) ของนักเรียน โดยผู้วิจัยได้พัฒนาแบบประเมินโครงการวิทยาศาสตร์ (Science Fair Project Evaluation Rubric, SFPER) ขึ้น แบบประเมินนี้ได้นำไปตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และได้หาค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือวัด (IOC) โดยใช้วิธีการของ Rovinelli and Hambleton (1977) มีค่า IOC รวม 0.98 แบบประเมินนี้ประกอบด้วย 2 ตอน ตอนแรกเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับของลิเคิร์ต (Likert) ได้แก่ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และต้องปรับปรุง แบบประเมินนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพของโครงการวิทยาศาสตร์ใน 6 ด้าน ซึ่งดัดแปลงมาจากเกณฑ์การประกวดโครงการของนักวิทยาศาสตร์รุ่น

เยาว์ ปี 2555 (Young Scientist Competition, YSC) ได้แก่

- 1) โจทย์หรือปัญหาในการทำโครงการ (research question)
- 2) การออกแบบและกระบวนการทดลอง (design and methodology)
- 3) การทดลอง (carry out an experiment)
- 4) ความคิดสร้างสรรค์ (creativity)
- 5) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการอ้างอิง (literature review and reference) และ
- 6) การนำเสนอปากเปล่า (oral presentation) และตอนที่สองของแบบประเมินเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับ (feedback) สำหรับผู้ประเมินโครงการวิทยาศาสตร์ (สามารถดาวน์โหลดแบบประเมินโครงการวิทยาศาสตร์ได้ที่ <http://www.scied.sci.ubu.ac.th>)

การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. นักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเริ่มทำโครงการวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับชั้น ม.4 และต่อเนื่องมาจนถึง ม.5 และจะต้องนำเสนอปากเปล่าพร้อมรายงานโครงการวิทยาศาสตร์ฉบับสมบูรณ์ในระดับชั้น ม.6 ในการประชุมวิชาการนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์เครือข่ายกลุ่มภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ตลอดจนกระบวนการทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มนี้จะอยู่ภายใต้การดูแลของครูที่ปรึกษา รวมทั้งความช่วยเหลือด้านวัสดุอุปกรณ์ สารเคมี ความรู้ จากครูที่ปรึกษาพิเศษจากหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน เช่น มหาวิทยาลัย โรงพยาบาล สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัด สถานีพัฒนาที่ดิน

2. นักเรียนส่งรายงานฉบับสมบูรณ์กับครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ แล้วครูที่ปรึกษาทำสำเนารายงานฉบับสมบูรณ์เป็น 8 ชุดเพื่อส่งให้ผู้ประเมินโครงการวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ (expert) ซึ่งเป็นคณะอาจารย์จากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีที่มีความเชี่ยวชาญด้านการประเมินโครงการวิทยาศาสตร์มากกว่า 5 ปี โดยอาจารย์แต่ละท่านยังมีความเชี่ยวชาญในสาขาวิชาเฉพาะ ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา พืช และวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 5 คน และครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ (teacher) ในโรงเรียนนั้น ๆ จำนวน 3 คน โดยครูส่วนใหญ่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการเรียนการสอนโดยใช้โครงการวิทยาศาสตร์เป็นฐานระหว่าง 3-10 ปี ในงานวิจัยนี้ผู้เชี่ยวชาญและครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ทำหน้าที่เป็นผู้ประเมินโครงการวิทยาศาสตร์ตามแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในข้อที่ 1-14

3. นักเรียนนำเสนอปากเปล่า 15-20 นาทีและตอบ

คำถาม 5 นาทีจากคณะผู้ประเมินโครงการวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์คุณภาพของโครงการวิทยาศาสตร์ตามแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในข้อที่ 15-18

4. คณะผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลที่ได้ทั้งหมดตั้งแต่ข้อ 1-18 จากแบบประเมินโครงการวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาคำนวณค่าน้ำหนักคะแนนเฉลี่ย (weighted mean score) โดยแปรความจากคะแนนเฉลี่ยตามเกณฑ์ที่กำหนดเป็น ดีมาก (4.21-5.00) ดี (3.41-4.20) ปานกลาง (2.61-3.40) พอใช้ (1.81-2.60) และปรับปรุง (1.00-1.80) (บุญชม ศรีสะอาด, 2535) และหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ประเมินโครงการโดยผู้เชี่ยวชาญกับครูที่ปรึกษาโดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman rank correlation coefficient หรือ Spearman's rho, r_s) โดยกำหนดระดับความสัมพันธ์เป็น สูงมาก (0.90-1.00) สูง (0.70-0.90) ปานกลาง (0.50-0.70) ต่ำ (0.30-0.50) และต่ำมาก (0.00-0.30) (Hinkle, William and Stephen, 1998)

5. ผู้วิจัยจัดกลุ่ม (category) ข้อมูลย้อนกลับ (feedback) ที่ได้จากผู้ประเมินโครงการวิทยาศาสตร์ ทั้งจากแบบประเมินโครงการวิทยาศาสตร์ในตอนที่สองและระหว่างการนำเสนอปากเปล่า

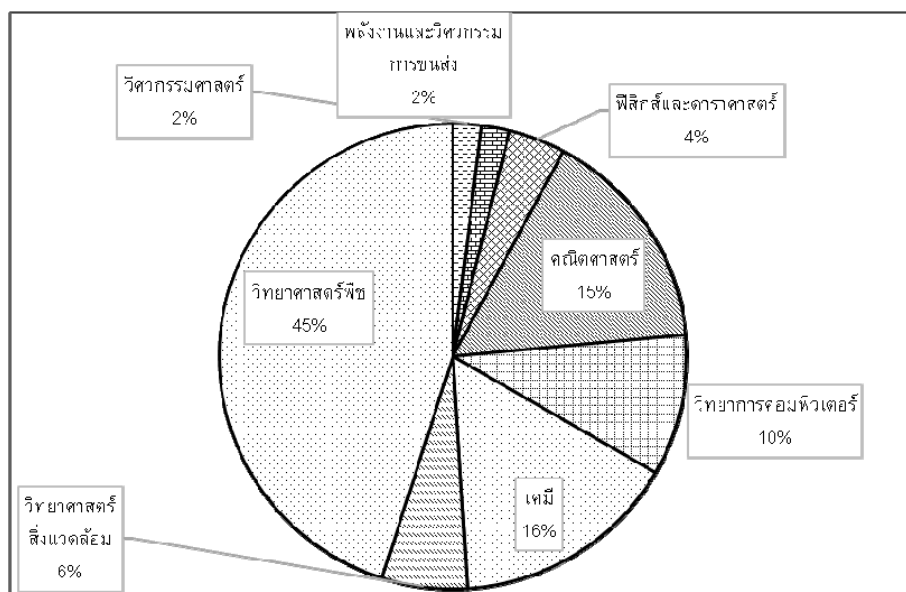
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. สาขาของโครงการวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ YSC 2012

โครงการวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้มีทั้งสิ้นจำนวน 51 โครงการ แบ่งเป็น 8 สาขาตามเกณฑ์การประกวดโครงการของนักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์ (Young Scientist Competition, YSC) ปี 2012 (ภาพที่ 2) เกือบร้อยละ 50 เป็นโครงการสาขาพืช ตัวอย่างโครงการ ได้แก่ “การสำรวจพืชพันธุ์ต่างถิ่นรุกรานในชุมชนบ้านกลาง อำเภอเดชอุดม จังหวัดอุบลราชธานี” “การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพสารสกัดหยาบของใบผักกาดจากตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli*” รองลงมาคือ โครงการสาขาเคมีและคณิตศาสตร์ และสาขาที่มีจำนวนโครงการน้อยที่สุดคือสาขาวิศวกรรมศาสตร์ พลังงาน และวิศวกรรมการขนส่ง มีเพียงแค่สาขาละ 1 โครงการเท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนโครงการที่นักเรียนส่งเข้าประกวดมากที่สุดของ YSC ปี 2012 และ 2013 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ศูนย์มหาวิทยาลัยอุบล-

ราชธานี) คือ สาขาวิทยาศาสตร์พืช จากการสัมภาษณ์นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทำให้ทราบถึงสาเหตุของการเลือกทำโครงการวิทยาศาสตร์ในสาขานั้น ๆ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่าเกิดจากความสนใจของนักเรียนเป็นหลัก รองลงมานักเรียนบอกว่า เป็นสาขาที่สามารถสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามอินเทอร์เน็ตได้ง่าย รวมทั้งความเชี่ยวชาญของครูที่ปรึกษาที่มีส่วนสำคัญในการผลักดันให้เลือกทำโครงการในสาขานั้น ๆ นอกจากนี้ยังพบอีกว่า มีนักเรียนบางกลุ่มเลือก

ทำโครงการในสาขานั้น ๆ เพราะคิดว่าใกล้ตัวและง่ายกว่ารายวิชาอื่น ๆ นอกจากนี้จำนวนโครงการในแต่ละสาขายังสอดคล้องกับความสนใจของนักเรียนต่อการเรียนในสาขาวิชาของวิทยาศาสตร์เรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ชีววิทยา เคมี และฟิสิกส์ (Osborne et al., 2003) อีกทั้งโครงการในสาขาวิทยาศาสตร์พืชยังสอดคล้องกับบริบท (context) ของประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง



ภาพที่ 2 แผนภูมิวงกลมแสดงจำนวนโครงการในแต่ละสาขาตามเกณฑ์ YSC 2012

2. การประเมินคุณภาพของโครงการวิทยาศาสตร์

โครงการวิทยาศาสตร์แต่ละเรื่องได้รับการประเมินโดยผู้ประเมิน 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน และครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ 3 คน ใน 6 ด้าน (ตาราง 1) พบว่า ผลการประเมินมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.88 และ 3.24 ตามลำดับ คุณภาพเฉลี่ยของโครงการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง

เมื่อพิจารณาคุณภาพของโครงการวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้านในมุมมองของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ทุกด้านที่ประเมินอยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้นด้านงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการอ้างอิงอยู่ในระดับพอใช้ มีหลายประเด็นที่ควรได้รับการพัฒนา เช่น 1) นักเรียนต้องศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับโครงการให้มากขึ้น เพื่อให้โครงการไม่ซ้ำกับโครงการอื่นที่

ทำไปแล้ว 2) การเขียนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นักเรียนไม่ควรคัดลอกข้อมูลจากแหล่งอื่น เช่น อินเทอร์เน็ตและนำมาใส่ในบทที่ 2 โดยขาดการวิเคราะห์สังเคราะห์และเรียบเรียงใหม่ด้วยตนเอง 3) นักเรียนอ้างอิงงานวิจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับโครงการที่ทำ 4) การเขียนอ้างอิงไม่ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนด เช่น การอ้างอิงข้อมูลสารสนเทศจากอินเทอร์เน็ตระบุเพียง www.google.com ส่วนในมุมมองของครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ พบว่าทุกด้านที่ประเมินอยู่ในระดับปานกลาง

ตาราง 1 เปรียบเทียบผลการประเมินโครงการงานวิทยาศาสตร์ในด้านต่าง ๆ โดยผู้เชี่ยวชาญกับครูที่ปรึกษาโครงการงานวิทยาศาสตร์

ด้านที่ประเมิน	ผู้ประเมิน					
	ผู้เชี่ยวชาญ (N=5)			ครูที่ปรึกษาโครงการงาน (N=3)		
	ค่าเฉลี่ย	SD	แปลผล	ค่าเฉลี่ย	SD	แปลผล
1. โจทย์หรือปัญหาในการทำโครงการงาน	3.07	0.47	ปานกลาง	3.28	0.43	ปานกลาง
2. การออกแบบและกระบวนการทดลอง	2.95	0.40	ปานกลาง	3.24	0.77	ปานกลาง
3. การทดลอง	3.09	0.47	ปานกลาง	3.25	0.48	ปานกลาง
4. ความคิดสร้างสรรค์	2.66	0.53	ปานกลาง	3.18	0.67	ปานกลาง
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการอ้างอิง	2.48	0.36	พอใช้	3.13	0.65	ปานกลาง
6. การนำเสนอปากเปล่า	3.08	0.39	ปานกลาง	3.37	0.43	ปานกลาง
เฉลี่ย	2.88	0.43	ปานกลาง	3.24	0.57	ปานกลาง

3. การประเมินศักยภาพของครูที่ปรึกษาโครงการงานวิทยาศาสตร์ในบทบาทของผู้ประเมินโครงการงานวิทยาศาสตร์

จากตาราง 1 เมื่อเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย พบว่า ผู้ประเมินทั้ง 2 กลุ่มให้ผลการประเมินตรงกันใน 3 อันดับแรก คือ การนำเสนอปากเปล่า การทดลอง และโจทย์หรือปัญหาในการทำโครงการงาน และตรงกันในอันดับสุดท้าย คือ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการอ้างอิง สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้คะแนนน้อยที่สุดเพราะงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่นักเรียนนำมาอ้างอิงนั้นยังเป็นงานวิจัยที่มีประโยชน์ต่อการพัฒนาแนวคิดในการทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนน้อย และนักเรียนควรศึกษางานวิจัยที่ทำมาแล้วว่างานวิจัยนี้ทำไปถึงขั้นตอนใดและจะทำต่อยอดได้อย่างไร (สุธีระ ประเสริฐสรรพ, 2556) อีกทั้งการที่จะเขียนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้นั้นนักเรียนต้องอ่านงานวิจัยจำนวนมากก่อนตกผลึกความคิดเป็นการเขียนร้อยเรียงคำพูดของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์การอ่านหนังสือในประเทศไทยปี 2554 ระบุว่าคนไทยอ่านหนังสือน้อย เฉลี่ย 1-2 เล่มต่อปี (สัจจา จันทรวีเชียร, 2556) ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ประเมินโครงการงานวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญกับครูที่ปรึกษาโครงการงานวิทยาศาสตร์ พบว่า มีความสัมพันธ์กันในทุกด้านที่ประเมินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตาราง 2) 3 ใน 6 ของด้านที่ประเมินมีความสัมพันธ์กันทางบวกระดับปานกลาง ได้แก่ ด้านโจทย์หรือปัญหาในการทำโครงการงาน ด้านการออกแบบและกระบวนการทดลอง และด้านการทดลองและมีความสัมพันธ์กันทางบวกระดับต่ำมากในด้านการงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการ

อ้างอิง และการนำเสนอปากเปล่าตามลำดับ สำหรับการเขียนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการอ้างอิงมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมากเพราะประสบการณ์ในการอ่านงานวิจัยของครูที่ปรึกษาโครงการงานวิทยาศาสตร์แตกต่างจากผู้เชี่ยวชาญ โดยครูถูกจำกัดให้เข้าถึงเพียงฐานข้อมูลงานวิจัยในประเทศ เพราะโรงเรียนขาดการบอกรับบทความวิจัยในต่างประเทศและการเข้าถึงฐานข้อมูลวิจัยได้อย่างจำกัด ในภาพรวมของความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ประเมินโครงการงานวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญกับครูที่ปรึกษาโครงการงานวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งขัดแย้งกับความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ประเมินในรายวิชาคอมพิวเตอร์ด้านความคิดสร้างสรรค์ ด้านการใช้ประโยชน์จากข้อมูลของเว็บไซต์ และด้านความเป็นไปได้และความมีเหตุผลของโปรแกรมท่องเที่ยวสวนสัตว์ของครูประจำรายวิชากับนักเรียนซึ่งอยู่ในระดับสูง (Tseng and Tsai, 2007) อาจเนื่องมาจากครูที่ปรึกษาโครงการงานวิทยาศาสตร์ให้คะแนนโครงการงานวิทยาศาสตร์ที่ตนเองทำ อาจทำให้มองข้ามจุดบกพร่องของตนเอง แต่ในรายวิชาคอมพิวเตอร์ครูให้คะแนนงานของนักเรียนซึ่งครูไม่ได้มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานนั้นและงานในรายวิชาเป็นการออกแบบโปรแกรมท่องเที่ยว 1 วันไปที่สวนสัตว์ ความยากง่ายของงานมีความแตกต่างกัน ดังนั้นทำให้ความสัมพันธ์มีค่าไม่เท่ากันกับการประเมินโครงการงานวิทยาศาสตร์

ตาราง 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญกับครูที่ปรึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์

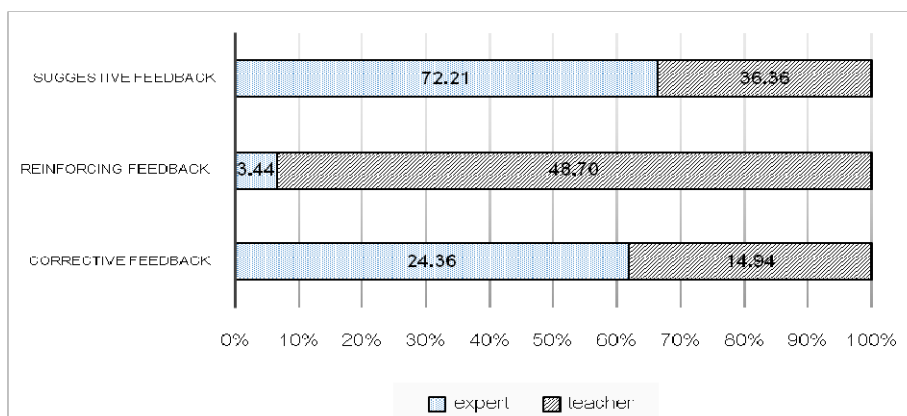
ด้านที่ประเมิน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์*	Sig. (2-tailed)	ระดับความสัมพันธ์
1. โจทย์หรือปัญหาในการทำโครงงาน	.648	.010	ปานกลาง
2. การออกแบบและกระบวนการทดลอง	.625	.013	ปานกลาง
3. การทดลอง	.452	.040	ปานกลาง
4. ความคิดสร้างสรรค์	.345	.032	ต่ำ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการอ้างอิง	.274	.004	ต่ำมาก
6. การนำเสนอปากเปล่า	.713	.000	สูง

* ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (N=51)

4. การให้ข้อมูลย้อนกลับของครูที่ปรึกษาในบทบาทของผู้ประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์เทียบกับผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยจัดกลุ่มข้อมูลย้อนกลับ (feedback) จากแบบประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ในตอนที่สอง ของผู้เชี่ยวชาญเปรียบเทียบกับครูที่ปรึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มโดยดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Chi (1996) คือ 1) **Corrective feedback** เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับในลักษณะของการแก้ไขสิ่งที่ผิดให้ถูกต้อง (ในงานวิจัยนี้รวมถึง Didactic feedback ที่เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับในลักษณะของการสอนรวมอยู่ใน corrective feedback ด้วย) เช่น “ระบบการเรียกชื่อวิทยาศาสตร์ (scientific name) ของสิ่งมีชีวิตเป็นภาษาละติน ประกอบด้วย ชื่อแรกเป็นชื่อสกุล (genus name/generic name) และชื่อที่สองเป็นชื่อเฉพาะ (specific epithet) ชื่อวิทยาศาสตร์มักจะพิมพ์ด้วยตัวเอน ชื่อแรกต้องขึ้นต้นด้วยอักษรตัวใหญ่เสมอ นอกจากนั้นใช้อักษรตัวเล็ก

ทั้งหมด เช่น *Nepenthes mirabilis* หากเป็นการเขียนด้วยลายมือต้องขีดเส้นใต้แยกกันระหว่างชื่อสกุลกับชื่อเฉพาะ เช่น *Nepenthes mirabilis*” 2) **Reinforcing feedback** เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับในลักษณะของเสริมแรงเมื่อนักเรียนทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งถูกต้อง เช่น “อภิปรายผลการทดลองได้ดีในแง่ของการเปรียบเทียบกับผลการวิจัยอื่น ๆ ว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ทำให้เป็นเช่นนั้น รวมทั้งอ้างอิงถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง” “เป็นโครงงานที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน” 3) **Suggestive feedback** เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับในลักษณะของการเสนอแนะ บอกใบ้ใช้คำพูดให้ถูกคิด ในสิ่งที่ยังไม่สมบูรณ์ เช่น “เช่น “จะรู้ได้อย่างไรว่าดินแต่ละบริเวณที่นำมาเปรียบเทียบมีความชื้นไม่แตกต่างกัน” “ถ้าการออกแบบการทดลองมีตัวแปรต้นมากกว่าหนึ่ง แล้วจะทราบได้อย่างไรว่าผลนั้นเกิดจากตัวแปรใด” ร้อยละของการให้ข้อมูลย้อนกลับทั้ง 3 กลุ่มแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ร้อยละของการให้ข้อมูลย้อนกลับในแต่ละกลุ่มระหว่างครูที่ปรึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์กับผู้เชี่ยวชาญ

เมื่อนำข้อมูลย้อนกลับทั้งหมดถูกจัดเป็น 3 กลุ่ม คือ corrective feedback, reinforcing feedback และ suggestive feedback ของผู้วิจัย 1 และ 2 จัดกลุ่ม มาหาค่าความสอดคล้องระหว่างผู้วิจัย 1 และ 2 พบว่า ผู้วิจัยทั้งสองมีความเห็นตรงกันคิดเป็นร้อยละ 78 ส่วนข้อมูลย้อนกลับที่มีความเห็นไม่ตรงกัน ผู้วิจัยทั้งสองได้หารือร่วมกัน (consensus) อีกครั้งจนได้ข้อสรุปตรงกัน (ภาพที่ 3) พบว่า ครูที่ปรึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์ให้ข้อมูลย้อนกลับส่วนใหญ่ เป็นแบบ reinforcing feedback (ร้อยละ 48.70) ในขณะที่ผู้เชี่ยวชาญจะมีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบประเภทนี้น้อยมาก (ร้อยละ 3.44) แต่ผู้เชี่ยวชาญจะให้ข้อมูลย้อนกลับส่วนใหญ่เป็นแบบ suggestive feedback (ร้อยละ 72.21) จากงานวิจัยของ Tseng and Tsai (2007) พบว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบ reinforcing feedback ช่วยพัฒนาโครงงานให้ดีขึ้นมากกว่า corrective feedback ในขณะที่การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบ suggestive feedback จะเป็นประโยชน์มากในขั้นแรก ๆ ของการเริ่มทำโครงงาน

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ จำนวน 131 คนจากโรงเรียนศรีปทุมวิทยาคาร โรงเรียนมัธยมตระการพืชผล โรงเรียนเดชอุดม โรงเรียนเลิงนกทา และโรงเรียนโยธินพิทยาคม ในปีการศึกษา 2554 พบว่า มีโครงงานวิทยาศาสตร์ทั้งหมดจำนวน 51 โครงงาน ร้อยละ 50 เป็นโครงงานสาขาวิทยาศาสตร์พืช ผู้ประเมินทั้งสองกลุ่ม (ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน และครูที่ปรึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์ 15 คน) มีความเห็นตรงกันว่าโครงงานวิทยาศาสตร์ทั้งหมดมีคุณภาพเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง แนวโน้มการประเมินคุณภาพของโครงงานวิทยาศาสตร์ของผู้ประเมินทั้งสองกลุ่มมีความสัมพันธ์กันในทุกด้านที่ประเมินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าครูที่ปรึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์มีศักยภาพในการเป็นผู้ประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกับผู้เชี่ยวชาญ (อาจารย์ในมหาวิทยาลัย) ถึงแม้ว่าแนวโน้มของการให้ข้อมูลย้อนกลับของผู้ประเมินทั้งสองกลุ่มนั้นจะแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามผู้วิจัยจะได้ศึกษาต่อไปอีกว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับแต่ละแบบส่งผลต่อคุณภาพของโครงงานวิทยาศาสตร์อย่างไร

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณครูและนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ทุกคน คณะอาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ผศ.ดร.ช่อทิพย์ กันทโชติ ผศ.ดร.ศักดิ์ศรี สุภาพร ดร.สุภาพ ตาเมือง และ ดร.สุภาพร พรไตรงานาวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี สัญญาเลขที่ MRG5580059: โครงการพัฒนาความรู้ของครูวิทยาศาสตร์ด้านศาสตร์การสอนเนื้อหา และบริบท โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์แบบงานวิจัยเป็นฐาน และโครงการบริการวิชาการแก่สังคม มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประจำปีการศึกษา 2556 ชื่อโครงการ ครู-ศิษย์คู่คิดโครงงานวิทยาศาสตร์สำหรับห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- บุญชม ศรีสะอาด. (2535). การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น. กรุงเทพฯ.
- ยงยุทธ ยุทธวงศ์. (2554). วิทยาศาสตร์เพื่ออะไร. กรุงเทพฯ: อักษรสัมพันธ์.
- วิจารณ์ พานิช. (2553). ครูเพื่อศิษย์สร้างห้องเรียนกลับทาง. กรุงเทพฯ: เอส.อาร์.พรินติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด.
- สุธีระ ประเสริฐสรรพ. (2555). โครงงานฐานวิจัย: กระบวนการเรียนรู้ใหม่ของการศึกษาไทย. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- สุธีระ ประเสริฐสรรพ. (2556). หลักการเขียนบทความวิชาการ: หลักคิดเพื่อเมล็ดพันธุ์โครงงานฐานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: นำคิดป๊อปปูล่า.
- สัจจา จันทรวิเชียร. (2556). เรียนรู้รอบโลก: ความรู้รอบตัว. E-book online.
- Chi, M. T. H. (1996). Constructing self-explanations and scaffolded explanations in tutoring. *Applied Cognitive Psychology* 10: 33-49.
- Hinkle, D. E., William, W., and Stephen, G. J. (1998). *Applied Statistics for the Behavior Sciences*. 4th ed. New York: Houghton Mifflin.

- Osborne, J., Simon, S. and Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. **International Journal of Science Education** 25(9): 1049-1079.
- Rovinelli, R. J., and Hambleton, R.K. (1997). On the use of content specialists in the assessment of criterion referenced test item validity. **Dutch Journal for Educational Research** 2: 49-60.
- Tseng, S. C., and Tsai, C. C. (2007). On-line peer assessment and the role of the peer feedback: A study of high school computer course. **Computers & Education** 49(4): 1161-1174.

Preliminary Results of Professional Development Program for School Science Research

Sura Wuttiaprom^{1,2,*}, Karntarat Wuttisela^{1,2}, Sonthi Phonchaiya³, Wanwalai Athiwaspong²,
Ratchapak Chitaree⁴, Manjula Devi Sharma⁵

¹Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Thailand

²Research and Innovation in Science Education Center, Ubon Ratchathani University, Thailand

³The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), Thailand

⁴Faculty of Science, Mahidol University, Thailand

⁵School of Physics, University of Sydney, Australia

Copyright©2016 by authors, all rights reserved. Authors agree that this article remains permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License

Abstract Teachers need to design their courses to be as similar to real-life situations as possible as genuine learning emerges in real life as opposed to studying in class. Research-based learning is an innovative approach exploring many critical strategies for success in the twenty-first century. In it, students drive their own learning through inquiry, research, and projects that reflect their knowledge. This study aimed to compare research skills resulting from self-evaluations and from tests before and after a training program. The participants included 71 science teachers from the lower north-eastern part of Thailand who attended the Professional Development Program for School Science Research. The results from the self-evaluations indicated that the knowledge levels of research skills were highly relevant to the knowledge levels of research skills shown in the completion of the tests.

Keywords Professional Development Program, Research Skill, Research-based Learning

1. Introduction

Fundamental education needs innovative ways to develop skills for the 21st century and to promote 3R 7C (3R: Reading, (w)riting, and (a)rithmetics. 7C: Critical thinking & problem solving, creativity & innovation, cross-cultural understanding, collaboration, teamwork & leadership, communications, information & media literacy, computing & ICT literacy, career & learning skills). The 7C skills are enhanced by learning by doing but they are not satisfactorily developed by many present educational approaches. One approach to rectify this situation is the adoption of research-based learning (RBL)

RBL is a learner-centered teaching strategy that has been used successfully for over 50 years and continues to gain

acceptance in multiple disciplines. RBL is practiced by imitating the research process of scientists. This seven step process involves identifying questions that can be answered through scientific investigations, designing and conducting a scientific investigation, using techniques to gather, analyze, and interpret data, developing descriptions, explanations, predictions, and models grounded on evidence, thinking critically and logically to make relations between evidence and explanations, recognizing and analyzing alternative explanations and predictions, and communicating scientific procedures and explanations [1-3].

However, students' scientific projects following RBL have not been successful in Thailand. The results from a survey of science teachers, highlighted problems with and reasons for the failure of the RBL approach. The responses were divided into 4 groups: 1) 46% of teachers were not sure of their efficiency as they had never conducted either scientific research or the projects; 2) 21% of teachers lacked equipment/tools, chemicals, and did not get co-operation from government and private sectors; 3) 17% of teachers could not guide students to see the importance and benefits of scientific projects; 4) a group that gave various answers, such as no time, no budget, differences among students, school policies did not support it, and parents did not agree with RBL [4]. Other reasons for failure, according to some science educators, were that students' scientific projects were often imitations of or copied from projects on the Internet, topics were totally irrelevant to students and thus could not applied to daily life, and a lack of integration between subjects and projects. These resulted in students achieving very low levels of learning as they did not show logical thinking [5].

The researchers, therefore, designed the Professional Development Program for School Science Research with an emphasis on 3 main points: 1) Research topics must be associated with the contexts of the schools; 2) there must be evidenced-based research to which the principles and

subjects in class can be applied to allow the students to be able to explain their synthesis of new knowledge; and 3) teachers have to change their roles from teaching to coaching.

2. Literature on Inquiry Professional Development (PD)

RBL shares the same meaning of inquiry-based learning. Inquiry based learning arose from the constructivist theory of learning, which asserts that learners create new knowledge by themselves by linking prior knowledge and new knowledge altogether. Learning basically occurs when learners take actions by themselves and conduct interactions between learning and environments [6-8].

Although science education gives priority to inquiry-based learning one of the best strategies for teaching science since it is in accordance with its nature, this kind of learning has not gained popularity in classes all over the world due to perceived time constraints resulting from high-stakes testing; unfamiliarity with how science is practiced; inadequate preparation in science, or simply not understanding what inquiry is [9].

Considerable proficiency development is required for Inquiry-based education due to its multifaceted and complicated method of teaching. For those teachers already working and those still training, imparting modern science teacher education seems to be the solution to realizing this conversion. It is unlikely that there would be any noteworthy modifications in teacher practice if teachers are

not provided with reinforcement in the expansion of comprehension with regards to scientific matters, the characteristics of scientific examination, and the best way to create inquiry-based study environments. Therefore, supporting teachers to comprehend how to execute inquiry-based lessons in their classrooms remains a key predicament with respect to the professional development of science teachers [10].

Table 1 presents the characteristics of effective professional development. According to Darling-Hammond and McLaughlin [11], Loucks-Horsley et al. [12], Garet et al. [13], and Penuel et al. [14], common features of PD during the past decade have consisted of engaging participants in inquiry-based learning and modeling teaching strategies, connecting PD to classroom work, and continuity. These common features provide a framework to improve The Professional Development Program for School Science Research in our study.

3. Objectives

The Professional Development Program for School Science Research consisted of 3 phases, namely, training science teachers to conduct RBL, designing a RBL module, and implementing RBL in the classroom. This article presents the preliminary results of phase 1 involving: 1. teachers' evaluations of their knowledge of research skills before and after the training; 2. teachers' performance on the Research Skills Competency (RSC) test before and after the training.

Table 1. The characteristics of effective professional development reported by Darling-Hammond and McLaughlin [11], Loucks-Horsley et al. [12], Garet et al. [13], and Penuel et al. [14].

Darling-Hammond and McLaughlin	Loucks-Horsley et al.	Garet et al.	Penuel et al.
● Engages teachers in concrete tasks of teaching, assessment, observation, and reflection	● Emphasizes inquiry-based learning, investigations, and problem solving	● Focuses on content knowledge	● Discusses alignment with local, state, and national standards
● Engages participants in inquiry, reflection, and experimentation	● Helps build pedagogical skills and content knowledge	● Provides opportunities for active learning	● Engages teachers in aligning activities with standards
● Promotes a collaboration between participants and professional developers	● Models the strategies teachers will use with their students	● Connects to or is coherent with other activities	● Emphasizes content of particular curriculum during PD
● Sustains and continues support	● Builds learning communities where continued learning is valued	● Engages teachers in reform-based PD	● Provides ongoing, coherent PD
● Connects to other aspects of school change	● Supports teachers in leadership roles	● Promotes collective participation of teachers	● Connects to reform-based practices
	● Links to the educational system (district initiatives, state curriculum, etc.)	● Provides an adequate amount of time	
	● Changes to insure positive impact		

Table 2. Information about science teachers according to province, gender, and teaching experience

Province	Percentage	Gender	Percentage	Teaching Experience (Years)			
				Science	Percentage	Projects/Research	Percentage
Maharakham	36.6	Male	12.7	0-5	38.0	0	25.35
Yasothon	12.7	Female	87.3	6-10	26.8	1-5	56.34
Surin	8.5			11-15	16.9	6-10	15.49
Sisaket	11.3			16-20	8.5		
Amnat Charoen	22.5			> 21	5.6		
Ubon Ratchathani	8.5			Unidentified	4.2		

Table 3. Information about science teachers according to educational level, major/field, and class level

Educational Level	Percentage	Major/Field	Percentage	Academic Standing	Percentage
Bachelor's Degree	84.5	Education	60.56	Assistant Teacher (K 1)	16.90
Master's Degree	19.5	Science Teaching and	39.44	Professional Level Teacher (K 2)	71.83
		Specialized Science		Senior Professional Level Teacher (K 3)	9.86

4. Method

4.1. Participants

The participants selected by purposive sampling were 71 science teachers who acted as advisors for scientific projects of students in special science class in high schools. Information about the participants is presented in Tables 2 and 3.

4.2. Research Instruments

The research instruments utilized in this research included:

1) Teacher Research Skill Self-evaluation: Close-ended questionnaires were designed for teachers to evaluate levels of mastery of the following research skills: asking questions, choosing questions, formulating research questions, writing proposals, writing literature reviews, peer evaluation, developing evaluation criteria, designing experiments, data collection and analysis, and drawing conclusions. The researchers adopted an approach for self-evaluation among teachers in terms of levels of mastery of research skills based on the research of Fallik, Eylon and Rosendeld [15]. For each skill, teachers were required to mark their perceptions on a scale of a 0-100 graduated line. On the top of the left vertical line appeared the caption "I have not acquired this skill." On the top of the right one, the caption was: "I have acquired this skill" (Figure 1). The participants were asked to record their knowledge of research skills before and after the training. The advantage of this method was that it allowed the participants to report their perceptions more precisely than by the use of a Likert-type scale, which normally contains only 4 or 5 options.

2) Research Skill Competency Test (RSC test): The RSC test is a multiple-choice test with 4 choices for each item. The test used in this research was consisted of 24 items focusing on six research skills, identifying and controlling variables, determining hypotheses, setting operational

definitions, generating graphs as well as data interpretation, designing experiments, and writing research questions. The first 5 were complicated integrated science process skills whereas the last one was about formulating research questions. This was an additional skill, added because of the researchers' experiences as lecturers of teachers and students, teaching experiences, and acting as referees of research-based projects. These experiences have revealed that most students lack skills in setting research questions. In the researchers' opinions, setting research questions is the starting point of searching for answers. If questions cannot lead to experimental design and hypothesis testing by scientific methods, students will not learn how to acquire knowledge by inquiry. Consequently, knowledge gained from their research is unreliable. The researchers developed the RSC Test with validity and reliability so that it could be manipulated to evaluate research skills with 5 statistical values, i.e., difficulty index (0.58), discrimination index (0.52), point biserial correlation coefficient (0.45), Cronbach's alpha reliability index (0.81), and Ferguson's discrimination index (0.94).

5. Results and Discussion

5.1. Self-evaluation of Teachers Regarding Their Knowledge of Research Skills before and after the Training

The results of the teachers' self-evaluations with respect to their research skills knowledge before and after the training revealed that they evaluated their knowledge of research skills after the training significantly higher than before. The values were discovered from paired-sample t test: $t(71) = 5.6861$, $p < 0.05$. The finding suggested that training science teachers to be skillful at RBL increased their research skills. On the contrary, there were no significant differences for skills in asking questions, choosing questions, and drawing conclusions ($p < 0.05$) (see Figure 2).

How would you rate the level of mastery of the following research skill, on a scale of 1 to 100?

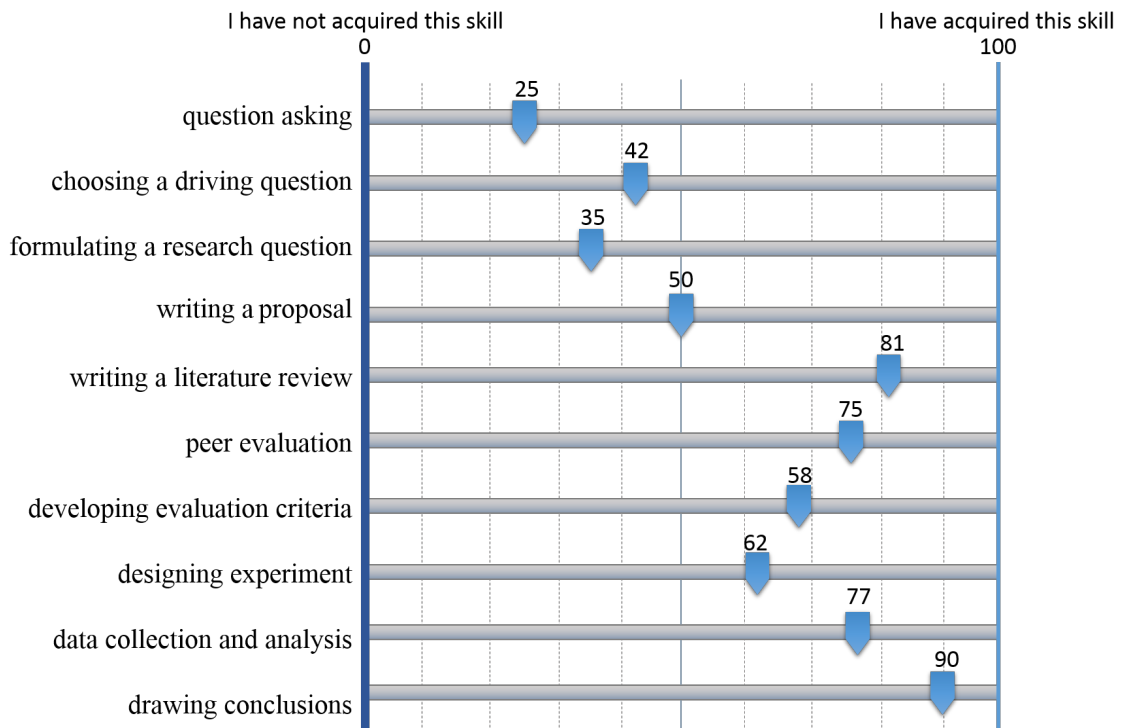


Figure 1. Closed-end questionnaire test to evaluate knowledge levels concerning research skills before and after training

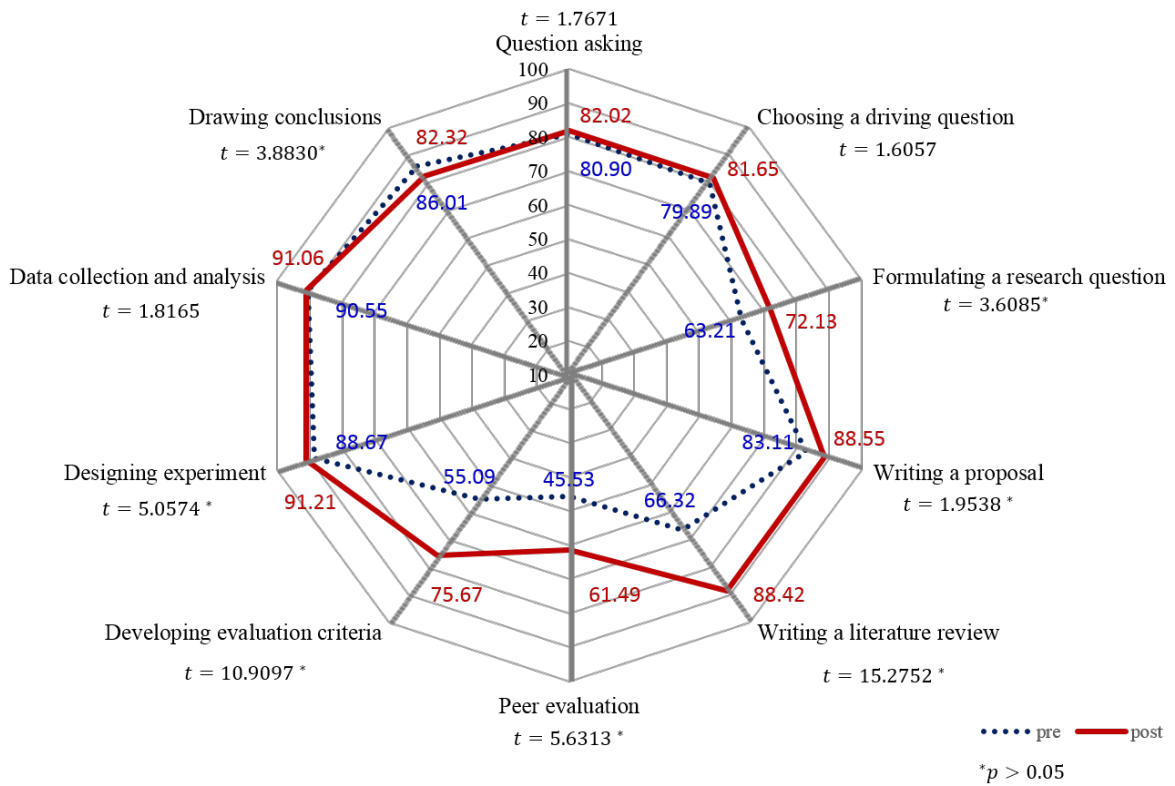


Figure 2. Teacher's self-evaluations of their acquired research skills before and after training.

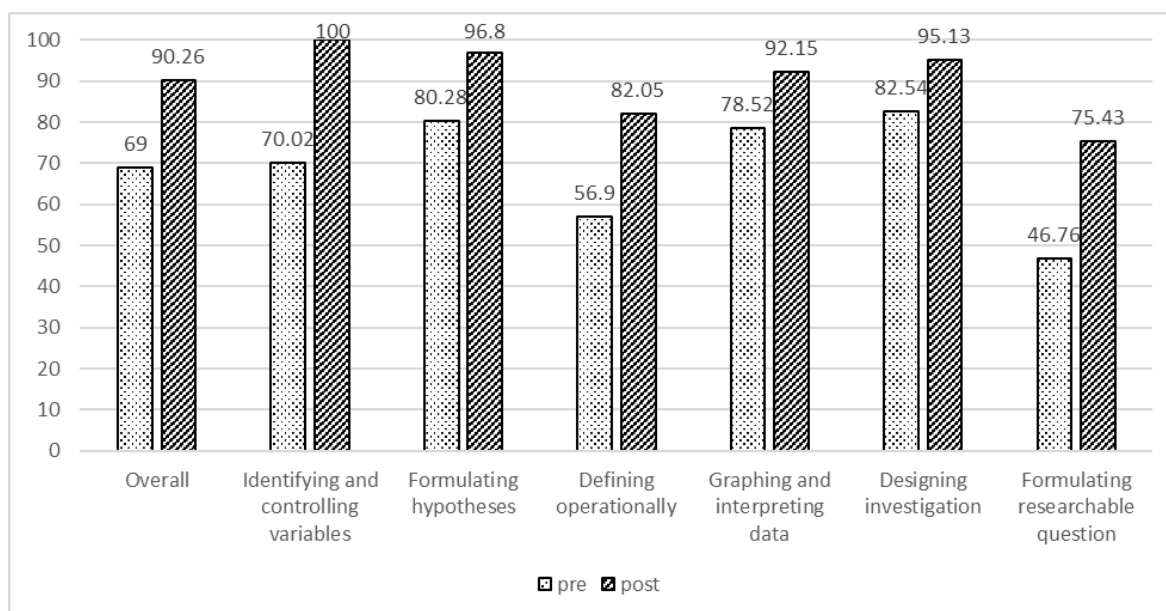


Figure 3. Teachers' understanding of research skills evaluated by the RSC Test

5.2. Teachers' Performance in the RSC Test before and after the Training

The teachers' performances in the RSC test showed that their understanding of research skills after the training was significantly higher than before. The result was confirmed by paired-sample t test: $t(71) = 11.3021$, $p < 0.05$.

Consideration of the scores for each research skill before the training (see Figure 3) showed that only 2 skills, formulating hypotheses and designing experiments, had means of over 80%. Only 1 skill, formulating research questions, was found to be below 50%. For formulating hypotheses, teachers got high scores equal to students taking the Science Process Skills Mastery Test [15].

Results after the training revealed that all the research skills had means of over 80%, the same as i-diagram use [16], except for formulating research questions with a score of 75.43%. Research with i-diagram use did not focus on this point. However, the training could improve the research skills of the teachers, and i-diagram could boost the scientific competencies of teachers in all aspects as well. The training was highly efficient in identifying and controlling variables and designing investigation skill in particular.

This Professional Development Program for School Science Research was effective as we had designed it following the researches of Darling-Hammond and McLaughlin [11], Loucks-Horsley et al. [12], Garet et al. [13], and Penuel et al. [14]. Participants were assigned to engage in scientific inquiry like scientists study the real world, and then propose explanations grounded on evidences derived from their work. In this research, teachers who join the training must explore the 3 prepared situations and then write the research reports. The 3 situations mentioned included 1) "how can we design and test which one of the paper helicopters can float in the air at the longest?"; 2) "how

to match types of shoe soles with different areas for use such as bathrooms, lawns, and concrete roads"; and 3) "how can we observe a football, a basketball, a volleyball, and a beach ball to find out which one bounces most?" This activity brought the experience in line with scientific inquiry. And it will be beneficial to the next phase of The Professional Development Program for School Science Research, that is, a designing research-based learning module for a real class.

Table 4. Normalized gain in term of teachers' comprehension of research skills, evaluated by RSC Test

	pretest	posttest	Normalized gain, <g>
Overall	69.00	90.29	0.69
Identifying and controlling variables	70.00	100.00	1.00
Formulating hypotheses	82.28	96.80	0.82
Defining operationally	56.90	82.05	0.58
Graphing and interpreting data	78.52	92.15	0.63
Designing investigation	82.54	95.13	0.72
Formulating researchable question	46.76	75.43	0.54

When the researcher analyzed learning gain by Hake's normalized gain [17]. The normalized gains, <g>, a measurement of the increase in score between pre- and post-testing (actual gain) expressed as a fraction of the range of possible score increases (maximum possible gain), were calculated as $\langle g \rangle = (\% \text{post} - \% \text{pre}) / (100 - \% \text{pre})$. There were three classes of normalized gains corresponding to high gain ($\langle g \rangle \geq 0.7$), medium gain ($0.3 < \langle g \rangle \leq 0.7$), and low gain ($\langle g \rangle < 0.3$). With reference to Table 4, identifying and controlling variables, formulating hypotheses, and designing investigation occupied normalized gain at high gain level.

The researcher, therefore, did not doubt why the teachers possessed these 3 skills of learning gain at high gain level. Teachers spent considerable time conducting the activity, and the members in each group also discussed with each other. In addition, the 3 skills were totally relevant. To clarify, if the teachers could identify the variables of the experiments, they would be able to set hypotheses and design the experiments.

As for Defining operationally - stating how to measure a variable in an experiment. Example: Stating that bean growth will be measured in centimeters per week, its normalized gain was at medium gain level. This was the consequence of the repetition of the meanings of words which had already been defined before. Friction force, for example.

Ability to formulate researchable questions was the skill that exhibited the lowest normalized gain, compared with the other skills. That was because the teachers could not differentiate between general questions and researchable questions for the experiment design. However, after they had been guided by the researcher, they could finally write the research questions by themselves. Research questions basically determine doubts that need to be answered. They are usually written in question form such as “what, how, and why.” They should not be questions that can be answered by “yes/no” responses, and should be specific and not too wide, with clear independent as well as dependent variables.

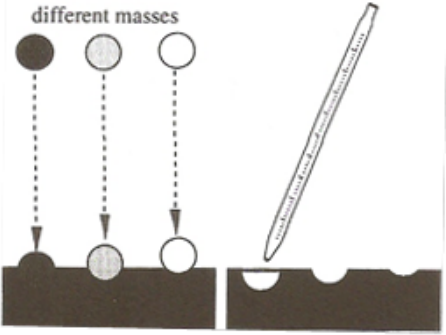
Furthermore, they should be noticeable and designable.

In this article, the researchers give an example of the answer to number 23 from the RSC test, together with the interviews from Figure 4. To clarify, the percentage of teachers with the correct answer was 68% and B was the explicit one for determining the independent variables (masses) and the dependent ones (the volume of the indentations caused by the steel balls on the clay ground). The variables could be measured and the data could be managed. Nonetheless, the two other deceptive choices (A and C) chosen had similar percentages, 16 and 13 respectively.

When teachers who chose A were interviewed, they explained that the choice was clear for identifying the independent variable (height) and the dependent variables (the volume of the indentations caused by the steel balls on the clay ground), and could be measured. These teachers forgot the point defined by the problem that the steel balls fell from exactly the same height. Hence, height was not the independent variable because it was not changed during the experiment.

Teachers who chose C said that this choice could be a good research question as it had independent and dependent variables in the problem, and that it could bring about an experimental design. The teachers may not have perceived that the results of questions beginning with “why” experiments may not always answer research questions.

23. Tom sat under an apple tree wondering why some apples that fell broke on impact with the clay ground. He experimented by dropping three steel balls of the same diameter but different masses from the same height. He measured the volume of the indentations on the clay ground caused by the steel balls by filling the indentations with measured amounts of water from a pipette.



Which one is the most appropriate researchable question?

A. How does height affect the volume of the indentations caused by the steel balls on the clay ground? (16%)

B. How does the mass of the steel balls affect the volume of the indentations caused by the steel balls on the clay ground? (68%)

C. Why does an increasing mass of a steel ball increase the volume of the indentation caused by the steel balls on the clay ground? (13%)

D. What are the factors that make differences in the indentations caused by the steel balls on the clay ground? (3%)

Figure 4. Research Skill Competency Test, RSC: No. 23, to measure the skill in terms of formulating research questions

6. Conclusions

Examination of the data from closed-end questionnaire test and the RSC test to find the coefficient of correlation showed that both before and after the training the knowledge levels of research skills from the self-evaluations were significantly related to those of the research skills (pre; $r = 0.88$, $p\text{-value} = 0.001$ /post; $r = 0.92$, $p\text{-value} = 0.001$). The high r values statistically implied that the knowledge levels of the research skills from the self-evaluations reflected their actual knowledge (scores from the RSC test) of research skills.

After teachers' self-evaluation regarding their research skills, the results were congruent with the scores of the RSC test. This implied that the subjected teachers had metacognition. Metacognition includes skills that enable learners to understand and monitor their cognitive processes [18], which conformed with the study of Saribas and Bayram [19] that revealed the advantages/benefits of the activity with regard to scientific inquiry during the training. To illustrate, asking appropriate questions, planning of the experiment, and evaluating the results from evidences at the final step did enhance the progress of the teachers in the aspect of research skills as well as metacognition. This was because the teachers implemented the activity by themselves and reflected/shared knowledge all together in their own groups. So, they realized what could be done and what could not. Hence, it can be confirmed that the initial phase of our research --- training science teachers to conduct research-based learning and the assessment of training through self-evaluation with the standard tests --- was effective and useful for teacher development in the future.

Acknowledgements

This work was supported in part by Thailand Research Fund (TRF) Grant Nos. MRG5580059 project entitled 'The Development of In-Service Science Teachers' Pedagogical Content Contextual Knowledge Based on School Science Research' and co-funded by the TRF and Ubon Ratchathani University (UBU). The authors thank Bob Tremayne of the Office of International Relations at Ubon Ratchathani University for assistance with English.

REFERENCES

- [1] J.W. Thomas. A review of research on project-based learning. USA, 2000.
- [2] G.R. Norman, H.G. Schmidt. Effectiveness of problem - based learning curricula: Theory, practice and paper darts, *Medical education*, 34(9), 721-728, 2000.
- [3] M.A. Albanese, S. Mitchell. Problem-based learning: a review of literature on its outcomes and implementation issues. *Academic medicine*, 68(1), 52-81, 1993. <http://dx.doi.org/10.1097/00001888-199301000-00012>
- [4] S. Wuttiprom, K. Wuttisela, R. Chitaree. Science Fair Projects of Enrich Science Classroom Students and Science Teachers' Performances as Science Fair Project Assessors. *Journal of Research Unit on Science Technology and Environment for Learning*, 5(1), 66-75, 2014.
- [5] V. Panich. Teacher for students: Flipping the Classroom. SR Printing, 2010.
- [6] L.S. Vygotsky. (1978). *Mind in society* Harvard University press. Cambridge, MA.
- [7] R. Driver, H. Asoko, J. Leach, P. Scott, & E. Mortimer. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational researcher*, 23(7), 5-12.
- [8] J. Dewey. (1986, September). Experience and education. In *The Educational Forum* (Vol. 50, No. 3, pp. 241-252). Taylor & Francis Group.
- [9] G.E. Deboer. (2006). Historical perspectives on inquiry teaching in schools. In *Scientific inquiry and nature of science* (pp. 17-35). Springer Netherlands.
- [10] B.A. Crawford. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of research in science teaching*, 44(4), 613-642.
- [11] L. Darling-Hammond, M.W. McLaughlin. (1995). Policies that support professional development in an era of reform. *Phi delta kappan*, 76(8), 597.
- [12] S. Loucks-Horsley, K.E. Stiles, S. Mundry, N. Love, P.W. Hewson. (2009). *Designing professional development for teachers of science and mathematics*. Corwin Press.
- [13] M. S. Garet, A.C. Porter, L. Desimone, L. B.F. Birman, K.S. Yoon. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. *American educational research journal*, 38(4), 915-945.
- [14] W. R. Penuel, B.J. Fishman, R. Yamaguchi, L.P. Gallagher. (2007). What makes professional development effective? Strategies that foster curriculum implementation. *American educational research journal*, 44(4), 921-958.
- [15] O. Fallik, B.S. Eylon, S. Rosenfeld. Motivating teachers to enact free-choice project-based learning in science and technology (PBLSAT): Effects of a professional development model. *Journal of Science Teacher Education*, 19(6), 565-591, 2008.
- [16] S. Karamustafaoğlu. Improving the Science Process Skills Ability of Prospective Science Teachers Using I Diagrams. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 3(1), 26-38, 2011.
- [17] R.P. Hake. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- [18] G. Schraw, K.J. Crippen, K. Hartley. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36(1-2), 111-139.
- [19] D. Saribas, H. Bayram. (2009). Is it possible to improve science process skills and attitudes towards chemistry through the development of metacognitive skills embedded within a motivated chemistry lab? : A self-regulated learning approach. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 61-72.

**ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัย
ของครูห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์เครือข่ายภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง**

สุระ วุฒิพรหม^{1,3*}, กานต์ตะวัน วุฒิเสลา^{2,3}, รัชภาภย์ จิตต์อารี⁴

¹ภาควิชาฟิสิกส์ และ ²ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 34190

³ศูนย์วิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

85 ถ.สถลมารค ตำบลเมืองศรีไค อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

⁴ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนพระรามหก เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

*E-mail: wuttirom@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอปัจจัยที่มีผลต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยในสอง ประเด็นย่อยได้แก่ ปัญหาและอุปสรรคที่ทำให้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยไม่ประสบความสำเร็จจากมุมมองของครู และความเข้าใจด้านทักษะวิจัยของครู กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้จากการเลือกอย่างเจาะจง ได้แก่ครูวิทยาศาสตร์ที่ทำหน้าที่เป็นครูที่ปรึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์เครือข่ายภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 71 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบสอบถามปลายเปิด เพื่อให้ครูระบุสาเหตุที่ทำให้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยไม่ประสบความสำเร็จ และแบบประเมินขีดความสามารถด้านทักษะวิจัย เป็นข้อสอบแบบ 4 ตัวเลือกจำนวน 24 ข้อ วัดทักษะวิจัย 6 ทักษะ ได้แก่ ระบุและควบคุมตัวแปร ตั้งสมมติฐาน กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ กราฟและการตีความหมายข้อมูล การออกแบบการทดลอง และการตั้งคำถามวิจัย ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ร้อยละห้าสิบที่ทำให้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยไม่ประสบความสำเร็จเกิดจากความไม่มั่นใจในศักยภาพตนเองของครู และความเข้าใจด้านทักษะวิจัยของครูมีค่าเท่ากับร้อยละ 69

คำสำคัญ: โครงงานฐานวิจัย, ครูวิทยาศาสตร์, ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์

**Factors Affecting the Success of Research-based Learning
used by Enrichment Science Classroom Teachers in The Lower Part of North-Eastern Thailand**

Sura Wuttirom^{1,3*}, Karntarat Wuttisela^{2,3}, Rachapak Chitaree⁴

¹Department of Physics and ²Department of Chemistry, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

³Research and Innovation in Science Education Center, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

85 Sathollmark Rd. Warinchamrab, Ubon Ratchathani, Thailand 34190

⁴Department of Physics Faculty of Science, Mahidol University

Rama 6 Road, Ratchathewi, Bangkok, Thailand 10400

*E-mail: wuttirom@gmail.com Department of Physics

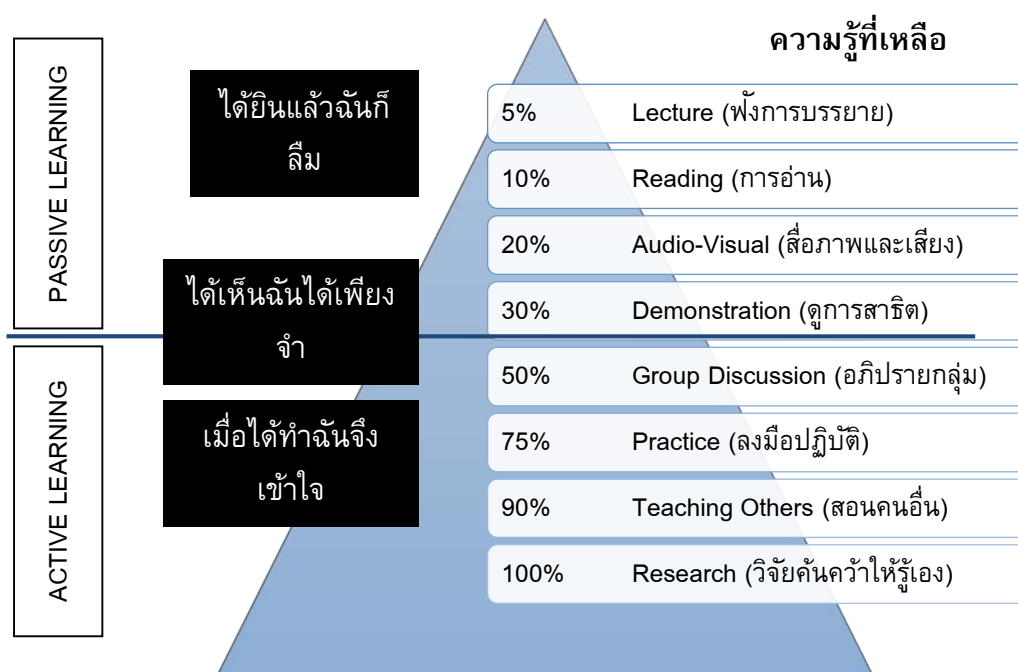
Abstract

The aim of this article was to identify teachers' perspectives of difficulties using research-based learning and teachers' understanding of science research skills, two factors affecting the success of research-based learning. A propulsive sample of 71 science teachers was drawn from Enrichment Science classroom teachers in the lower part of North-Eastern Thailand who fulfilled roles as science fair project advisers. The research tools consisted of open-ended questions that asked the teachers to identify reasons why research-based learning was not successful, and the Research Skill Competency test, a test containing 24 multiple-choice items with four options that assessed teachers' performances of research skills associated with identifying and controlling variables, formulating hypotheses, defining operationally, graphing and interpreting data, designing investigations, and formulating researchable questions. Findings revealed that fifty percent of the respondents did not have confidence in their ability. The average teachers' performance in the RSC test was sixty-nine percent.

Keywords: research based-learning, science teachers, enrichment science classroom

บทนำ

การเรียนการสอนแบบเก่า (traditional teaching) ที่มุ่งให้ความรู้ (knowledge) แก่ผู้เรียนเยอะๆ อาจจะเหมาะกับบริบทเมื่อ 100 - 200 ปีก่อน ถ้าหากเอาการเรียนการสอนแบบเก่ามาใช้ในยุคปัจจุบันจะส่งผลเสียต่อสังคม ผู้เรียนจะเสียคนและคนทั้งชาติจะโง่ เพราะผู้เรียนแค่ได้ความรู้ แต่ความรู้บางอย่าง 2-3 ปีก็เก่าและใช้ไม่ได้ ยิ่งในปัจจุบันที่ความรู้มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมหาศาล การสอนให้จำเก่งจึงไม่ใช่การพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน เพราะศักยภาพของผู้เรียนมิได้ขึ้นกับรู้มากหรือรู้น้อย แต่ขึ้นกับทักษะการเรียนรู้ (learning skill) พร้อมเรียนรู้ ใฝ่เรียนรู้ ยากเรียนรู้ สนุกกับการเรียนรู้ เรียนรู้ได้ตลอดเวลาจากทุกสถานที่ มีทักษะชีวิตที่ดีปรับตัวได้ทุกครั้งเมื่อพบอุปสรรค ยืดหยุ่นตัวเองได้ทุกรูปแบบเมื่อพบปัญหาชีวิต รวมทั้งมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ “การเรียนรู้ที่แท้จริง....อยู่ใน...ชีวิตจริง การเรียนวิชาในห้องเรียนยังเป็นการเรียนแบบสมมติ ดังนั้นครูจึงต้องออกแบบการเรียนรู้ให้นักเรียน ได้เรียนในสภาพที่ใกล้เคียงชีวิตจริงมากที่สุด” (Vicharn Panich, 2013)



รูปที่ 1 พีระมิดการเรียนรู้ (learning pyramid) ดัดแปลงจาก National Training Laboratories, Institute for Applied Behavioral Science, Bethel, Maine, U.S.A.

รูปที่ 1 แสดงถึงการจัดการเรียนกับความรู้ที่เหลือในตัวผู้เรียน การจัดการเรียนรู้ในกลุ่มบนของพีระมิดได้แก่ ฟังการบรรยาย การอ่าน สื่อภาพและเสียง ดูการสาธิต เป็นการเรียนแบบ passive learning ความรู้ที่เหลือติดตัวน้อยกว่าร้อยละห้าสิบ ส่วนการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มล่างของพีระมิด ได้แก่ อภิปรายกลุ่ม ลงมือปฏิบัติ สอนคนอื่น และวิจัยค้นคว้าให้รู้เอง เป็นการเรียนแบบ active learning ความรู้ที่เหลือจะมากกว่าร้อยละห้าสิบ การเรียนแบบค้นหาความรู้เองจากกระบวนการวิจัยนั้น ผู้เรียนต้องวางแผน ปฏิบัติและตีความเป็นความรู้เอง เมื่อทุกอย่างถูกชักนำขึ้นจากการปฏิบัติและคิดเองความรู้จึงเหลือครบร้อยละร้อยหรือมากกว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการวิจัยค้นคว้าให้รู้เอง (research) ผู้เรียนจะได้

ทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะวิจัยรวมทั้งทักษะอื่น ๆ เช่น ทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ควบคู่กัน การวิจัยค้นคว้าให้รู้เองมีลักษณะ teach less, learn more ครู (teacher) ต้องเปลี่ยนบทบาทตนเองไปเป็นผู้ฝึก (coach) และต้องจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ (learning environment) ที่หลากหลายและใกล้เคียงชีวิตจริงที่สุดและพร้อมที่จะเรียนรู้ไปกับผู้เรียน อาจกล่าวได้ว่าการวิจัยค้นคว้าให้รู้เองเป็นเครื่องมือสำคัญในการปฏิรูปการศึกษา (Suteera Prasertsan, 2012)

ในบทความนี้จะเรียกการจัดการเรียนรู้ด้วยการวิจัยค้นคว้าให้รู้เองว่า **การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัย (research based learning, RBL)** ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน (project based learning) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem based learning) การจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ constructivism ของ Piaget ที่เชื่อว่าผู้เรียนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจ ประสบการณ์เกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างมาแล้วไม่มากนักน้อย (prior-knowledge) ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเองโดยการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับกับความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์ที่มีอยู่แล้ว การสร้างความรู้ของผู้เรียนแต่ละคนจะแตกต่างกันไปตามระดับของพื้นฐานความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์เดิม ร่วมกับทฤษฎีการเรียนรู้ constructionism ของ Seymour Papert ที่เชื่อว่าความรู้ไม่ใช่เกิดจากผู้สอนเพียงอย่างเดียว แต่สามารถสร้างขึ้นโดยผู้เรียนเองได้ และการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีก็ต่อเมื่อผู้เรียนลงมือกระทำด้วยตนเอง (learning by doing) ผนวกกับทฤษฎีการเรียนรู้ social constructivism ของ Vygotsky ที่เชื่อว่าการที่คนเรามีปะทะสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด และการปะทะสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อมนี้มีผลทำให้ระดับสติปัญญาและความคิด มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา แนวคิดดังกล่าวมีอิทธิพลต่อการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (cooperative learning)

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัย มีความสำคัญต่อการปฏิรูปการศึกษาในปัจจุบัน เห็นได้จากโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในประเทศไทยเริ่มมีหลักสูตรโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นโครงการในความร่วมมือระหว่าง สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และมูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ (สอวน.) การจัดตั้งโครงการนี้วัตถุประสงค์เพื่อเร่งรัดพัฒนาเด็กและเยาวชนที่มีความสามารถพิเศษที่มีทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ให้เป็นนักวิทยาศาสตร์ นักวิจัย เป็นการเพิ่มปริมาณนักวิทยาศาสตร์ ภายในประเทศให้มากขึ้น สามารถเพิ่มขีดความสามารถของประเทศไทยในการแข่งขันกับนานาประเทศได้ หนึ่งในข้อบังคับของนักเรียนที่จะจบหลักสูตรนี้จะต้องได้รับการส่งเสริมการทำโครงงานวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี จากข้อมูลงานบริการวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในปี 2553-2554 พบว่ามีจำนวนโรงเรียนในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ จำนวน 12 โรงเรียน ในเขตพื้นที่ 6 จังหวัด ได้แก่ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ ยโสธร อำนาจเจริญ สุรินทร์ และ มหาสารคาม มาขอความอนุเคราะห์ให้อาจารย์จากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จัดอบรมเชิงปฏิบัติการการทำโครงงานฐานวิจัยระดับโรงเรียนสำหรับนักเรียน ระยะสั้น 3-5 วัน โดยมีเป้าหมายคือ นักเรียนต้องสามารถ คิด วางแผน ทำ และนำเสนอโครงงานวิจัยได้ และนักเรียนสามารถนำองค์ความรู้นี้ไปต่อยอดการทำโครงงานด้วยตนเองต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

บทความวิจัยนี้เกี่ยวเนื่องกับบทความวิจัยเรื่อง “โครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์และการประเมินศักยภาพครูวิทยาศาสตร์ในบทบาทของผู้ประเมินโครงการวิทยาศาสตร์” (Sura Wuttiprom, Kamtarat Wuttisela, and Rachapak Chitaree, 2014) ซึ่งในบทความนั้นได้นำเสนอผลการการประเมินศักยภาพของครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ในบทบาทของผู้ประเมินโครงการวิทยาศาสตร์ สำหรับในบทความวิจัยนี้จะนำเสนอปัญหาและอุปสรรคที่มีผลต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยใน 2 ประเด็นย่อยได้แก่ สาเหตุที่ทำให้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยไม่ประสบความสำเร็จจากมุมมองของครู และความเข้าใจด้านทักษะวิจัยของครู

วิธีดำเนินการวิจัย:

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้จากการเลือกอย่างเจาะจง (purposive sampling) ได้แก่ ครูวิทยาศาสตร์ที่ทำหน้าที่เป็นครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 71 คน ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างสรุปได้ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลของครูวิทยาศาสตร์ แยกตาม จังหวัด เพศ และประสบการณ์สอน

จังหวัด	ร้อยละ	เพศ	ร้อยละ	ประสบการณ์สอน (ปี)			
				วิทยาศาสตร์	ร้อยละ	โครงงานฯ	ร้อยละ
มหาสารคาม	36.6	ชาย	12.7	0-5	38.0	0	25.35
ยโสธร	12.7	หญิง	87.3	6-10	26.8	1-5	56.34
สุรินทร์	8.5			11-15	16.9	6-10	15.49
ศรีสะเกษ	11.3			16-20	8.5		
อำนาจเจริญ	22.5			> 21	5.6		
อุบลราชธานี*	8.5			ไม่ระบุ	4.2		

ตารางที่ 2 ข้อมูลของครูวิทยาศาสตร์ แยกตามระดับการศึกษา สาขาวิชาที่จบการศึกษา และระดับชั้นที่สอน

ระดับการศึกษา	ร้อยละ	สาขาวิชา	ร้อยละ	วิทยฐานะ	ร้อยละ
ปริญญาตรี	84.5	การศึกษา	60.56	ครูผู้ช่วย (คศ.1)	16.90
ปริญญาโท	19.5	การสอนวิทยาศาสตร์และ	39.44	ครูชำนาญการ (คศ.2)	71.83
		วิทยาศาสตร์เฉพาะทาง		ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3)	9.86

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

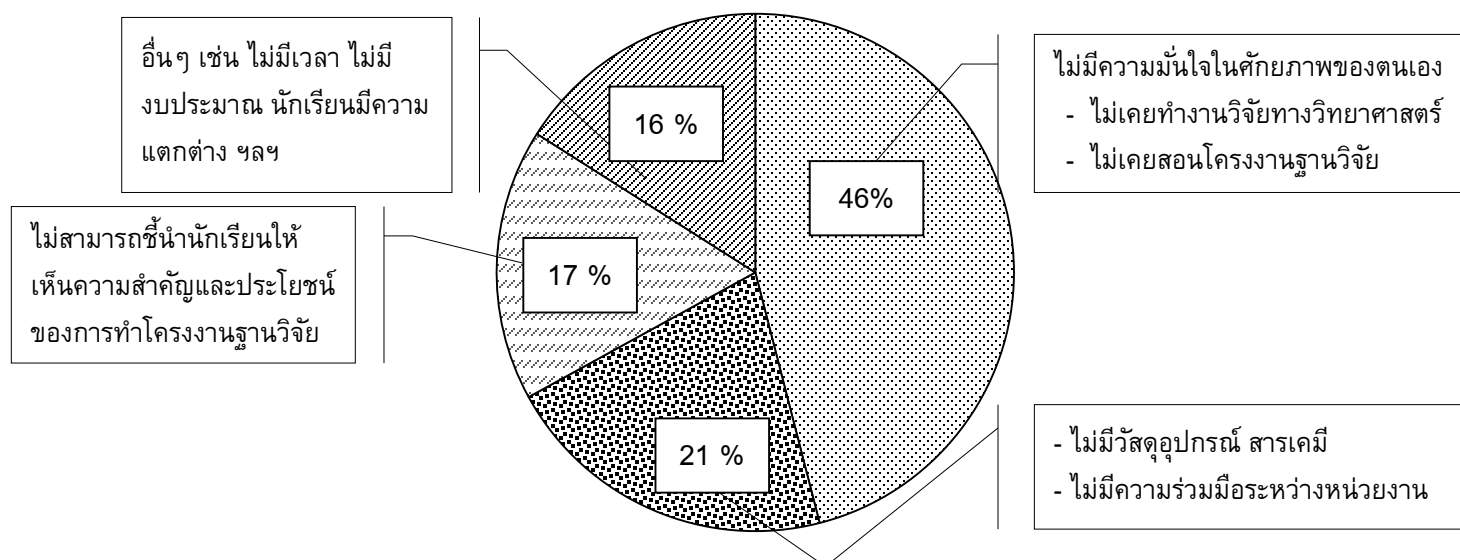
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย

- 1) แบบสอบถามปลายเปิด จำนวน 1 ข้อ เพื่อให้ครูระบุสาเหตุที่ทำให้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยไม่ประสบความสำเร็จ
- 2) แบบประเมินขีดความสามารถด้านทักษะวิจัย (Research Skill Competency Test, RSC) แบบประเมิน RSC เป็นข้อสอบแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 24 ข้อ วัดทักษะวิจัย 6 ทักษะได้แก่ ระบุและควบคุมตัวแปร ตั้งสมมติฐาน

กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ กราฟและการตีความหมายข้อมูล การออกแบบการทดลอง และการตั้งคำถามวิจัย สำหรับ 5 ทักษะแรกเป็นทักษะกระบวนการขั้นสูงที่มีความซับซ้อน ซึ่งเรียกว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ (integrated science process skill) ส่วนทักษะที่ 6 การตั้งคำถามวิจัย (formulating researchable question) เป็นทักษะที่เพิ่มขึ้นมาในแบบประเมินนี้ เนื่องจากประสบการณ์ของผู้วิจัยในการเป็นวิทยากรอบรมครู-นักเรียน ประสบการณ์จากการเรียนการสอน หรือประสบการณ์จากการเป็นกรรมการประกวดโครงงานฐานวิจัย พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ขาดทักษะการตั้งคำถามวิจัย ผู้วิจัยมองว่าการตั้งคำถามวิจัยคือจุดเริ่มต้นของการค้นคว้าหาคำตอบ หากคำถามที่ตั้งไม่สามารถที่จะออกแบบการทดลองและทดสอบสมมติฐานตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) นักเรียนก็จะไม่ได้เรียนรู้วิธีการได้มาซึ่งความรู้ (inquiry) รวมองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยก็ขาดความน่าเชื่อถือ แบบประเมิน RSC นี้ ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาขึ้นโดยผ่านการหาคุณภาพของเครื่องมือทั้งความเที่ยงตรงและเชื่อมั่น (validity and reliability) สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินทักษะวิจัยได้ ด้วยค่าสถิติ 5 ค่า ได้แก่ ค่าความยากง่าย (difficulty index) เท่ากับ 0.58 ค่าอำนาจจำแนก (discrimination index) เท่ากับ 0.52 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบพอยท์ไบซีเรียล (point biserial correlation coefficient) เท่ากับ 0.45 ค่าความเชื่อมั่นครอนแบกอัลฟา (Cronbach's alpha reliability index) เท่ากับ 0.81 และค่าอำนาจจำแนกของ Ferguson delta เท่ากับ 0.94

ผลการวิจัยและอภิปรายผล:

1. สาเหตุที่ทำให้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยไม่ประสบความสำเร็จจากมุมมองของครู

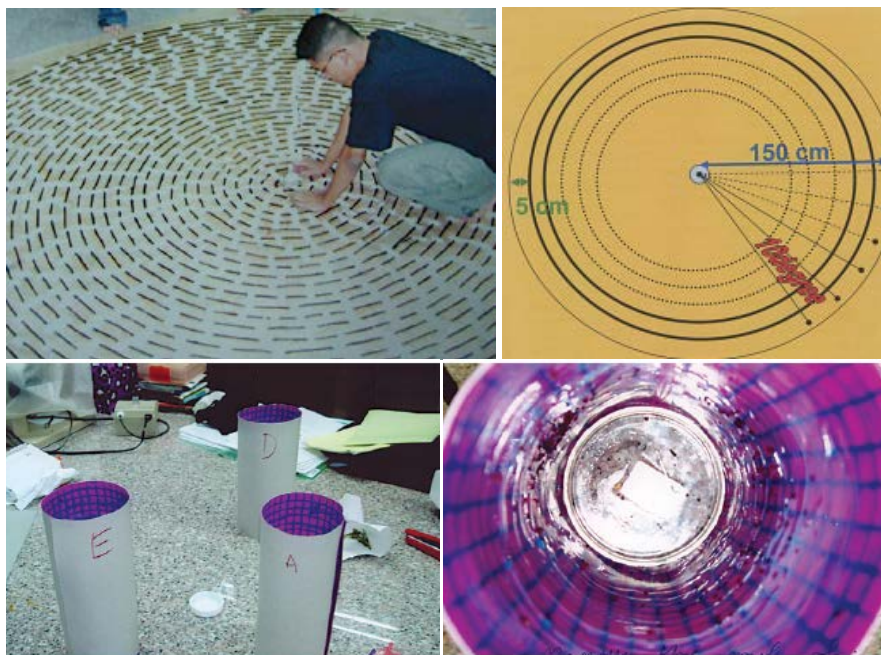


รูปที่ 1 แผนภูมิวงกลมแสดงคำตอบของครูที่ระบุถึงสาเหตุสำคัญที่ทำให้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยไม่ประสบความสำเร็จ

จากแบบสอบถามปลายเปิด 1 คำถาม “สาเหตุสำคัญที่ทำให้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยไม่ประสบความสำเร็จจากมุมมองของครู” จากคำตอบของครูสามารถจัดได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้ กลุ่มแรก (ร้อยละ 46) บอกว่า ไม่มีความมั่นใจในศักยภาพของตนเอง เพราะไม่เคยทำงานวิจัยวิทยาศาสตร์และไม่เคยสอนโครงงานฐานวิจัยมาก่อน กลุ่มที่สอง (ร้อยละ 21) บอกว่า ไม่มีวัสดุอุปกรณ์ สารเคมี และ ไม่มีความร่วมมือระหว่างหน่วยงาน กลุ่มที่สาม (ร้อยละ 17) บอกว่า ไม่สามารถชี้แนะนักเรียนให้เห็นความสำคัญและประโยชน์ของการทำโครงงานฐานวิจัย และ กลุ่มที่สี่ กลุ่มนี้คำตอบค่อนข้างหลากหลาย เช่น ไม่มีเวลา ไม่มีงบประมาณ ความแตกต่างของนักเรียน นโยบายของโรงเรียนไม่สนับสนุน ผู้ปกครองไม่เห็นด้วยกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัย เป็นต้น

คำตอบในกลุ่มแรกของครูเกือบร้อยละ 50 ซึ่งเป็นเหตุผลหลักมาจากตัวครู คำตอบในกลุ่มแรกของครูนี้จะสอดคล้องกับการที่ผู้วิจัยได้สนทนากับครูท่านหนึ่งที่ประสบความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัย สรุปได้ดังนี้ “ชีวิตการเป็นครูเคยชินกับความไม่แน่นอนจากนโยบายของกระทรวง คือ งานที่เข้ามาและผ่านไป ไม่มีความเป็นกลายพันธุ์อย่างต่อเนื่อง ในที่สุดครูกลับไปสู่ความเคยชินเดิม คือ ขาดการพัฒนาศักยภาพของตนเอง การเอาชนะปัญหาและอุปสรรคต้องอย่ากลัวการพัฒนา ถ้าอยากประสบความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้โครงงานฐานวิจัย ก็ต้องกล้าที่จะเปลี่ยนแปลงตัวเอง อย่างกังวลกับสิ่งที่ยังมาไม่ถึงแต่ให้คำนึงถึงสิ่งที่กำลังทำ การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยเราไม่ทำได้ แต่เมื่อเราเลือกทำ การเริ่มต้นต้องการแรงบันดาลใจอย่างมหาศาล และต้องใช้ความอดทนอย่างสูง เพราะสิ่งที่นักเรียนกำลังทำวิจัย ครูก็ยังไม่มีความรู้ของปัญหานั้น ประสบการณ์จากการจัดการเรียนรู้โครงงานฐานวิจัยครั้งที่หนึ่ง จะกลายเป็นบทเรียน ในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป ประสบการณ์จะทำให้เราเกิดการเปลี่ยนแปลง และการเปลี่ยนแปลงจะทำให้เราประสบความสำเร็จ” ผู้วิจัยมองว่าหากครูกลุ่มนี้ได้รับการจัดประสบการณ์ให้ฝึกแก้ปัญหา ก็จะเป็นการพัฒนาศักยภาพและมีความเชื่อมั่นในตนเอง ก็น่าจะเป็นเพียงสำคัญในการขับเคลื่อนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยให้ประสบความสำเร็จ

คำตอบในกลุ่มที่สอง ผู้วิจัยมองว่าเป็นเรื่องของความเชื่อ/ความเข้าใจผิดของครูที่ว่าการทำงานฐานวิจัยนั้นจะต้องใช้วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี ราคาแพง ถ้าหาซื้อไม่ได้ หรือ ไม่มีความร่วมมือระหว่างหน่วยงาน ก็จะไม่สามารถทำโครงงานฐานวิจัยให้สำเร็จได้ จริงๆ แล้วมีโครงงานฐานวิจัยหลายๆ เรื่อง ที่ใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่หาได้ง่ายและราคาไม่แพง แต่มีประสิทธิภาพ เช่น โครงการการแตกตัวของผักตบชว ของทงศักร ชินอรุณชัย, สุขสันต์ อิทธิปัญญานันท์ และ ครอบรัฐ สุวรรณศรี จากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา (Nipon Srinarumol et al., 2007) เป็นโครงงานเพื่อศึกษาความเร็วตั้งต้นของเมล็ดที่กระจายออกจากผักตบชว ในเบื้องต้นนักเรียนได้ออกแบบการทดลองโดยใช้กล้องวิดีโอบันทึกการเคลื่อนที่ แต่กล้องที่สามารถจับภาพที่มีความเร็วสูงนั้นมีราคาแพง นักเรียนจึงได้ปรับเปลี่ยนการทดลองใหม่ โดยการคำนวณหาความเร็วจากการเคลื่อนที่ในวิถีโค้งแทนด้วยอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นเอง 2 ชุด ได้แก่ ชุดแรกคือฐานวงกลมรัศมี 4.5 เมตร ซึ่งจะใช้เชือกขดเป็นวงกลม แต่ละวงกลมระยะห่างกัน 10 เซนติเมตร อุปกรณ์นี้จะทำให้ทราบระยะการกระจายตัวของเมล็ดตอด้งว่ากระเด็นไปได้ไกลเท่าไร และชุดที่สองคือกระดาดแข็งม้วนเป็นวงกลม ด้านในมีสเกลขีดและทากาวไว้แล้วนำมาครอบผักตบชว เมื่อผักแตกเมล็ดจะกระเด็นไปติดกับกาวที่ทาไว้ จากนั้นใช้หลักตรีโกณมิตินำมาคำนวณหามุมตั้งต้นตามที่ต้องการได้



รูปที่ 2 อุปกรณ์การทดลองอย่างง่ายที่ออกแบบขึ้นเองของทงศักร ชินอรุณชัย, สุขสันต์ อธิธิปัญญานันท์ และ ครองรัฐ สุวรรณศรี จากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร

คำตอบในกลุ่มที่สาม ที่ครูไม่สามารถชี้ให้นักเรียนให้เห็นความสำคัญและประโยชน์ของการทำโครงงานฐานวิจัยได้นั้น ก็ถือว่าเป็นอีกหนึ่งอุปสรรคสำคัญในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัย เมื่อผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ครูเพิ่มเติมพบว่าจริงๆ แล้วครูทุกคนสามารถบอกถึงประโยชน์หรือความสำคัญที่นักเรียนจะได้รับจากการทำโครงงานฐานวิจัยได้หลากหลาย เช่น ได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ได้เข้าใจสิ่งต่างๆ รอบตัว เป็นต้น สาเหตุที่ครูตอบเช่นนั้น เพราะครูทราบว่านักเรียนมีเป้าหมายในการเรียนคือ การศึกษาต่อในระดับมหาวิทยาลัย และนักเรียนที่จะเข้าศึกษาต่อในระดับมหาวิทยาลัยได้นั้นต้องผ่านการสอบด้วยข้อสอบที่เน้นด้านพุทธิพิสัย (cognitive domain) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ด้านความรู้-ความจำ และความเข้าใจ มากกว่าการให้ความสำคัญกับวิธีการที่ได้มาซึ่งความรู้ (science as inquiry) ดังนั้น จึงไม่มีความจำเป็นที่จะบอกถึงประโยชน์หรือความสำคัญอื่นๆ ที่จะได้รับจากการทำโครงงานฐานวิจัย ดังนั้นหากรัฐบาลต้องการที่จะผลักดันให้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยประสบความสำเร็จอย่างจริงจัง ก็ต้องแก้ที่รูปแบบการคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาต่อในระดับมหาวิทยาลัย อย่างไรก็ตามก็มีหลายมหาวิทยาลัย เช่น มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่มีโควตาโดยตรงนักเรียนที่ได้ทำโครงงานฐานวิจัยโดยความร่วมมือกับมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีและหน่วยงานภายนอกทั้งภาครัฐและเอกชน เช่น โครงการยุววิจัยยางพารา โครงการเพาะพันธุ์ปัญญา การประกวดโครงงานของนักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์ การประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ของสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

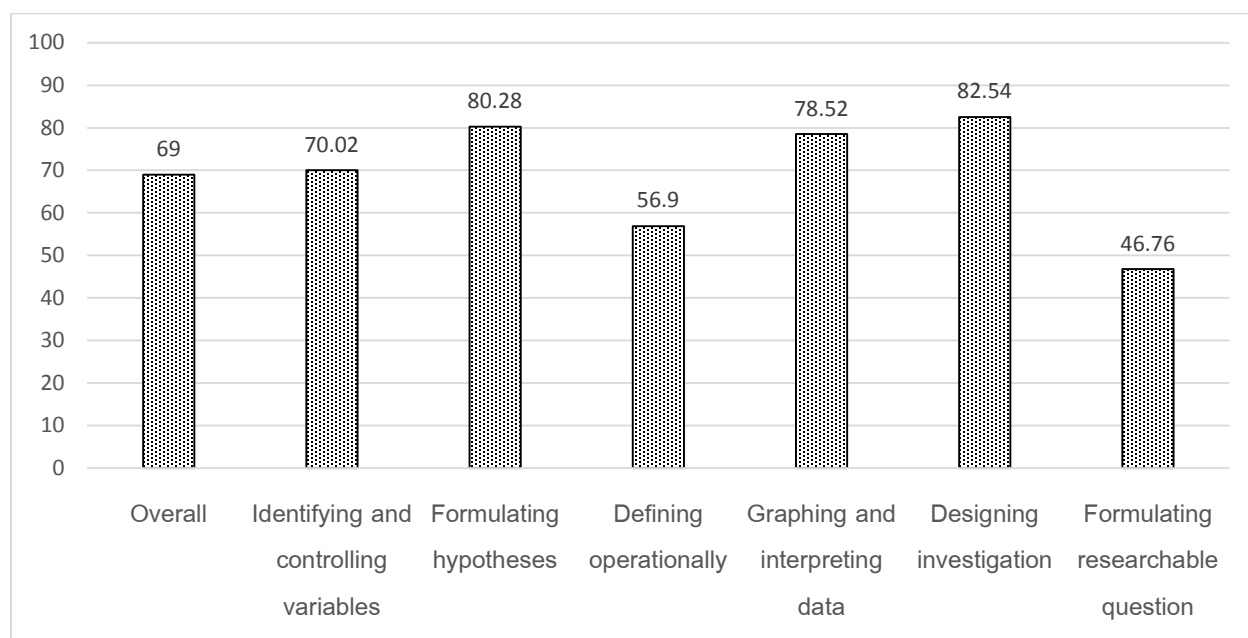
คำตอบในกลุ่มที่สี่ มีหลากหลาย เช่น ครูมองว่าความแตกต่างของนักเรียนด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ เป็นอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัย เช่น เรียนรู้ช้า/เร็ว เรียนอ่อน/เก่ง ทำให้ครูไม่สามารถจัดกิจกรรมเดียวกันไปพร้อมๆ กันเป็นกลุ่มใหญ่ทั้งห้อง นักเรียนที่เรียนช้า เรียนอ่อน ก็จะไม่กล้าพูดไม่กล้าแสดงออกได้แต่นั่งเงียบๆ ตลอด ผู้วิจัยจึงถามครูและได้ค้นพบว่าสาเหตุที่นักเรียนกลุ่มอ่อนไม่กล้าพูดไม่กล้าแสดงออกเกิดจาก นักเรียนกลุ่มอ่อน

ไม่ได้เริ่มทำในสิ่งที่ตนเองสงสัยตนเองชื่นชอบหรือการได้เริ่มมองเห็นสิ่งที่ใกล้ตัวมาลงมือทำวิจัยเล็กๆ ของตนเอง แต่หัวข้อวิจัยเกิดจากการชักจูงของครู หรือ นักเรียนเก่ง ผู้วิจัยมองว่า การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ นักเรียนสามารถตั้งคำถามวิจัยด้วยตนเองให้ได้จึงเป็นอีกหนึ่งกุญแจสำคัญที่จะผลักดันให้การจัดการเรียนรู้โครงงานฐานวิจัยประสบความสำเร็จ

อีกหนึ่งประเด็นที่ที่น่าสนใจคือ นักเรียนมีความไม่เสมอกัน ทำให้เห็นปัญหาการศึกษาที่ซับซ้อนอันเกิดเกิดจาก พื้นฐานสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมของพื้นที่ โดยเฉพาะครอบครัวของนักเรียน ทำให้เห็นความเป็นจริงของความเหลื่อมล้ำที่มีมาก่อนนักเรียนเข้าโรงเรียน เด็กจำนวนมากไม่พร้อมที่เรียนแบบโครงงานฐานวิจัย เพราะพื้นฐานชีวิตและการศึกษาที่ปูทางมาก่อนหน้านั้นไม่ได้เตรียมพร้อมเพื่อการเรียนแบบนี้

2. ความเข้าใจด้านทักษะวิจัยของครู

จากแบบประเมินขีดความสามารถด้านทักษะวิจัย (Research Skill Competency Test, RSC) ของกลุ่มตัวอย่าง ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 69 ซึ่งน้อยกว่าความคาดหวังของผู้วิจัย โดยผู้วิจัยคาดหวังว่าครูทุกคนควรมีคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 แต่อย่างไรก็ตามการที่ครูได้คะแนนน้อยก็ไม่ได้หมายความว่าครูจะด้อยประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาทักษะวิจัยของนักเรียน เพราะมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน เมื่อพิจารณาคะแนนรายทักษะวิจัย พบว่ามีเพียง 2 ทักษะเท่านั้นที่ได้คะแนนเฉลี่ยเกินร้อยละ 80 ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน และการออกแบบการทดลอง และมี 1 ทักษะ ที่ได้คะแนนต่ำกว่าร้อยละ 50 ได้แก่ ทักษะการตั้งคำถามวิจัย



รูปที่ 3 ความเข้าใจด้านทักษะวิจัยของครูประเมินจากแบบประเมินขีดความสามารถด้านทักษะวิจัย (Research Skill Competency Test, RSC)

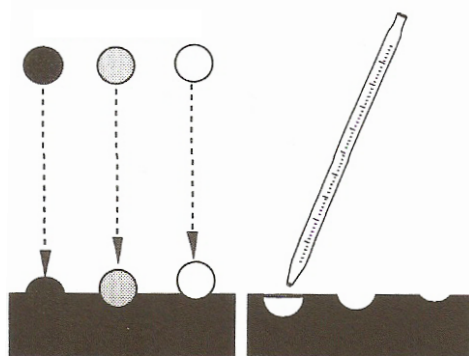
คำถามวิจัยเป็นการกำหนดประเด็นข้อสงสัยที่ต้องการค้นหาคำตอบโดยมักเขียนอยู่ในรูปประโยคที่เป็นคำถาม เช่น “อะไร อย่างไร ทำไม” แต่ไม่ควรเป็นคำถาม “ใช่/ไม่ใช่” มีความเฉพาะเจาะจงไม่กว้างเกินไป มีตัวแปรต้นและตัวแปรตามชัดเจน สามารถสังเกต และออกแบบการทดลองได้

ครูส่วนใหญ่สามารถบอกได้ว่าคำถามใดเป็นคำถามวิจัย ดังตัวอย่างคำถามข้อที่ 23 (รูปที่ 4) ร้อยละของครูที่ตอบถูกเท่ากับ 68 ตัวเลือก B เป็นคำถามวิจัยที่มีความชัดเจนในการระบุตัวแปรต้น (มวล) และตัวแปรตาม (ปริมาตรของลูกเหล็กส่วนที่จมลงไปในดินน้ำมัน) รวมทั้งตัวแปรสามารถวัดได้ สามารถจัดการกับข้อมูลนั้นได้ แต่มีตัวลวงอีก 2 ข้อ คือ A และ C ที่ครูเลือกตอบจำนวนใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 16 และ 13 ตามลำดับ

เมื่อสัมภาษณ์ครูที่เลือกตัวลวง A ครูอธิบายว่า ตัวลวง A มีความชัดเจนในการระบุตัวแปรต้น (ความสูง) และตัวแปรตาม (ปริมาตรของลูกเหล็กส่วนที่จมลงไปในดินน้ำมัน) และสามารถวัดได้ แต่ครูลืมนำประเด็นที่โจทย์กำหนดให้ปล่อยลูกเหล็กที่ระดับความสูงเดียวกัน ดังนั้นความสูงจึงไม่ใช่ตัวแปรต้นเพราะในการทดลองไม่ได้เปลี่ยนค่าความสูง

สำหรับคำอธิบายของครูที่เลือกตัวลวง C บอกว่า ตัวลวง C เป็นคำถามวิจัยที่ดีได้ เพราะมีตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ปรากฏในคำถาม และสามารถออกแบบการทดลองได้ แต่ครูอาจจะลืมนึกไปว่าคำถามที่ขึ้นต้นด้วยคำว่า “ทำไม” บางครั้งเมื่อทำการทดลองเสร็จแล้วผลการทดลองที่ได้ก็อาจจะไม่สามารถตอบคำถามวิจัยนั้นได้

23. ปีน้องคนหนึ่งได้ต้นแอปเปิลสงสัยว่าทำไมแอปเปิลเมื่อหล่นกระทบพื้นแล้วบางผลแตก บางผลไม่แตก เธอได้ทำการทดลองโดยการปล่อยลูกเหล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน ที่ระดับความสูงเดียวกัน แต่มวลแตกต่างกัน แล้ววัดปริมาตรของลูกเหล็กที่จมลงไปในดินน้ำมัน ด้วยวัดปริมาตรของน้ำจากปิเปตที่หยดลงไปในหลุมนั้นจนเต็ม



คำถามใดมีความชัดเจนในการระบุตัวแปรที่สามารถนำไปออกแบบการทดลองได้

- | | |
|--|--------------|
| A. ความสูงที่ปล่อยลูกเหล็กมีผลอย่างไรต่อปริมาตรของลูกเหล็กส่วนที่จมลงไปในดินน้ำมัน | (16%) |
| <u>B. มวลของลูกเหล็กมีผลอย่างไรต่อปริมาตรของลูกเหล็กส่วนที่จมลงไปในดินน้ำมัน</u> | <u>(68%)</u> |
| C. ทำไมลูกเหล็กที่มีมวลมากกว่าจึงมีปริมาตรส่วนที่จมลงไปในดินน้ำมันมากกว่า | (13%) |
| D. มีปัจจัยใดบ้างที่ทำให้ลูกเหล็กจมลงไปในดินน้ำมันแตกต่างกัน | (3%) |

รูปที่ 4 แบบประเมินขีดความสามารถด้านทักษะวิจัย (Research Skill Competency Test, RSC) ข้อที่ 23 วัดทักษะการตั้งคำถามวิจัย

รูปที่ 5 ตัวอย่างแบบประเมินขีดความสามารถด้านทักษะวิจัย ข้อที่ 11 วัดทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะนี้เป็นอีกหนึ่งทักษะที่ครูตอบได้น้อยรองลงมาจากทักษะการตั้งคำถามวิจัย คำตอบของครูในแต่ละตัวเลือกเป็นดังนี้

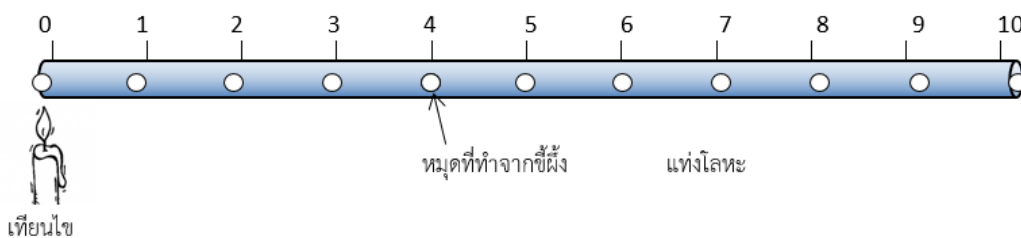
ตัวเลือก A เป็นตัวลวง มีเพียงครูร้อยละ 9 เท่านั้นเลือกตอบ สาเหตุที่ข้อนี้ไม่สามารถใช้เป็นวิธีการวัดอัตราการนำความร้อนของโลหะได้ เพราะภายในเวลา 2 นาทีที่กำหนดให้ทำการทดลอง อาจจะไม่สามารถบอกความแตกต่างของอัตราการนำความร้อนของโลหะได้ ในกรณีที่แต่ละแท่งโลหะมีอัตราการนำความร้อนเข้ามาหรือ เร็วมาก การวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งปลายสุดของโลหะ เมื่อเวลาผ่านไป 2 นาทีเพียงครั้งเดียว จึงทำให้ไม่ทราบความแตกต่างของอัตราการนำความร้อน

ตัวเลือก B เป็นตัวลวง ครูเลือกตอบข้อนี้เกือบเป็นสองเท่าของตัวลวง A คือร้อยละ 16 ครูส่วนใหญ่เลือกตอบข้อนี้ อธิบายว่าเป็นการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการที่ดี ไม่ซับซ้อน ตรงไปตรงมา และไม่ต้องใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ก็สามารถวัดอัตราการนำความร้อนของโลหะได้ แต่ข้อนี้ผู้วิจัยเฉลยว่าไม่สามารถใช้เป็นวิธีวัดอัตราการนำความร้อนของโลหะได้ โดยเหตุผลมีลักษณะเช่นเดียวกันกับตัวลวง A คือ ในกรณีที่แต่ละแท่งโลหะมีอัตราการนำความร้อนเข้ามา เมื่อเวลาผ่านไปแล้ว 2 นาที อาจจะไม่มีความแตกต่างที่มาจากชิ้นที่ตำแหน่งใดๆ หลุดออกมาเลยก็ได้ ทำให้ไม่ทราบความแตกต่างของอัตราการนำความร้อน

กล่าวโดยสรุป สาเหตุที่ตัวเลือก A และ B ไม่สามารถใช้เป็นวิธีวัดอัตราการนำความร้อนของแท่งโลหะ เพราะวิธีการวัดหยาบเกินไป ไม่สามารถบอกได้ถึงความแตกต่างของตัวแปรที่ต้องการวัด

ตัวเลือก D เป็นตัวลวง ตัวเลือกนี้คล้ายๆ กับตัวเลือก C ซึ่งเป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง แต่ตัวเลือก D ไม่สามารถใช้เป็นวิธีการวัดอัตราการนำความร้อนของแท่งโลหะได้ เพราะไม่นำเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้ทำการทดลองเพียงแค่ 2 นาที มากำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

11. กำนกล้วยต้องการศึกษาว่าโลหะชนิดใดนำความร้อนได้ดีที่สุด โดยการนำแท่งโลหะต่างชนิดกัน แต่มีเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวเท่ากัน ปักหมุดที่ทำมาจากขี้ผึ้งทุกระยะ 1 เซนติเมตร แล้วให้ความร้อนจากเทียนไขที่ตำแหน่งปลายสุดของโลหะ (หมายเลข 0) แต่ละชนิดนาน 2 นาที



กำนกล้วยจะมีวิธีการวัดอัตราการนำความร้อนของโลหะแต่ละชนิดอย่างไร

- | | |
|--|-------|
| A. วัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งปลายสุดของโลหะ (หมายเลข 10) เมื่อเวลาผ่านไป 2 นาที | (9%) |
| B. นับจำนวนหมุดที่หล่นออกจากโลหะเมื่อเวลาผ่านไป 2 นาที | (16%) |
| C. จับเวลาที่หมุดแต่ละอันหล่นออกจากโลหะ ภายในเวลา 2 นาที | (63%) |
| D. จับเวลาที่หมุดทั้งหมดหล่นออกจากโลหะ | (12%) |

รูปที่ 5 แบบประเมินขีดความสามารถด้านทักษะวิจัย (Research Skill Competency Test, RSC) ข้อที่ 23 วัดทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

สรุปผลการทดลอง:

สาเหตุที่ทำให้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยไม่ประสบความสำเร็จจากมุมมองของครู มีทั้งสาเหตุที่เกิดจากปัจจัยภายนอกที่ครูไม่สามารถควบคุมและแก้ไขได้ เช่น นักเรียน ผู้ปกครอง นโยบาย งบประมาณ ความร่วมมือระหว่างหน่วยงาน และปัจจัยภายในตัวครู เช่น ความเชื่อ ทศนคติ แรงจูงใจ ความคาดหวัง ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่า ปัจจัยภายในตัวครูน่าจะเป็นตัวกำหนดระดับความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัย ถ้าครูมีความเชื่อ ทศนคติ แรงจูงใจ ความคาดหวัง ที่เป็นบวก การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัย จะมีโอกาสหรือแนวโน้มที่จะประสบความสำเร็จ (ความสำเร็จในที่นี้ คือ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นกับครูและนักเรียน เช่น เห็นความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัย ได้พัฒนาทักษะวิจัย) มากกว่าครูที่มีปัจจัยภายในเชิงลบ

ความเข้าใจด้านทักษะวิจัยของครู เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ผู้วิจัยพยายามจะศึกษาว่า ความเข้าใจด้านทักษะวิจัยของครู มีผลต่อความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยหรือไม่ แต่ข้อมูลเบื้องต้นสะท้อนให้เห็นว่า ความเข้าใจด้านทักษะวิจัยของครู ที่วัดจากแบบประเมินขีดความสามารถด้านทักษะวิจัยจำนวน 24 ข้อ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี (ตอบถูกร้อยละ 69) แต่ในบทความวิจัยนี้ก็ยังตอบไม่ได้ว่า ความเข้าใจด้านทักษะวิจัยของครูมีผลต่อความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัยหรือไม่ การวิจัยต่อยอดเปรียบเทียบระดับความเข้าใจด้านทักษะวิจัยของครูกับผลการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัย น่าจะทำให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรนี้

Nipon Srinarumol and et.al. (2007) Recording Experienced from Outstanding Science Fair Project “Dehiscence and Dispersal of the Popping Pod *Ruellia tuberosa* L.” **Office of the Education Council**. Bangkok.

Sura Wuttiptom, Karntarat Wuttisela, and Rachapak Chitaree. (2014). Science Fair Projects of Enrich Science Classroom Students and Science Teachers’ Performances as Science Fair Project Assessors. **J. Res. Unit Sci. Technol. Environ. Learning** Vol. 5 No. 1 (2014): 67-75.

Suteera Prasertsan. (2012). Research based-Learning: Innovative Learning Process of Education in Thailand. Bangkok. **The Thailand Research Fund**.

Vicharn Panich. (2013). Teachers for Students: Make the Flipped Classroom. Bangkok. **P.R. Printing Mass Product**.

ภาคผนวก ข**Research Skills Competency Test**



ติดต่อ : ดร.สุระ วุฒิพรหม^{1,2}

¹Research and Innovation in Science Education Center

²ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

85 ถ.สถลมารค ต.เมืองศรีไค อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

โทรศัพท์ : 045353406 ต่อ 4539 โทรสาร : 045288381

มือถือ: 0818707303 อีเมล : wuttiprom@gmail.com

แบบประเมินขีดความสามารถด้านทักษะวิจัย Research Skill Competency Test

ข้าพเจ้ายินดีให้ความร่วมมือในการตอบแบบประเมินขีดความสามารถด้านทักษะวิจัย เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย

ห้ามขีดเขียนข้อความใดๆ ลงในแบบประเมินนี้

คำชี้แจง : แบบประเมินมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดขีดความสามารถด้านทักษะวิจัย 6 ด้าน ได้แก่ การตั้งคำถาม การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การให้นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การออกแบบการทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ข้อสอบมีทั้งหมด 24 ข้อ 10 หน้า โปรดตอบคำถามทุกข้อ ภายในเวลา 40 นาที

คำถามแต่ละข้อต้องการคำตอบสองแบบ :

1. คำตอบหลัก (มี 4 ตัวเลือก A, B, C, และ D)
2. ความมั่นใจสำหรับคำตอบหลัก (มี 2 ตัวเลือก มั่นใจ กับ ไม่มั่นใจ)

Item distribution of RSC-test according to subscale

Subscales	Item No.	Nos. Item
Identifying and controlling variables	3,6,8,9	4
Formulating hypotheses	5,7,24	3
Defining Operationally	1,11,13,15,22	5
Graphing and interpreting data	4,14,16	3
Designing investigation	2,12,18,20,21	5
Formulating researchable question	10,17,19,23	4
Total		24

1. นักชีววิทยาต้องการจะทดสอบสมมติฐานว่า หนูที่กินวิตามินมากกว่าจะมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วกว่า นักชีววิทยาจะมีวิธีการวัดอัตราการเจริญเติบโตของหนูอย่างไร
- A. วัดอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของหนู
 - B. นับจำนวนชั่วโมงที่ให้หนูออกกำลังกาย
 - C. ชั่งน้ำหนักของหนูทุกสัปดาห์
 - D. ชั่งน้ำหนักของวิตามินที่ให้หนูกิน

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ☐ ไม่มั่นใจ

2. เพชรมีต้นกุหลาบสีแดงและสีขาวอย่างละ 6 ต้น ชูใจตั้งสมมติฐานว่า กุหลาบที่ได้รับแสงแดดเฉพาะช่วงเช้าจะออกดอกมากกว่า ดอกกุหลาบที่ได้รับแสงแดดเฉพาะช่วงบ่าย เพชรจะออกแบบการทดลองอย่างไรเพื่อทดสอบสมมติฐานดังกล่าว
- A. วางต้นกุหลาบทั้งหมดให้ได้รับแสงแดดเฉพาะช่วงเช้าเป็นระยะเวลา 4 เดือน แล้วเปรียบเทียบจำนวนดอกกุหลาบทั้งหมดระหว่างสีแดงกับสีขาว
 - B. วางต้นกุหลาบทั้งหมดให้ได้รับแสงแดดเฉพาะช่วงเช้าเป็นระยะเวลา 4 เดือน หลังจากนั้นวางต้นกุหลาบทั้งหมดให้ได้รับแสงแดดเฉพาะช่วงบ่ายเป็นระยะเวลา 4 เดือน แล้วเปรียบเทียบจำนวนดอกกุหลาบทั้งหมดในแต่ละกรณี
 - C. วางต้นกุหลาบสีขาว 3 ต้นให้ได้รับแสงแดดเฉพาะช่วงเช้า และวางต้นกุหลาบสีขาวอีก 3 ต้นให้ได้รับเฉพาะแสงแดดช่วงบ่าย เป็นระยะเวลา 4 เดือน เปรียบเทียบจำนวนดอกกุหลาบทั้งหมดในแต่ละกรณี
 - D. วางต้นกุหลาบสีขาวและสีแดงอย่างละ 3 ต้น ให้ได้รับแสงแดดเฉพาะช่วงเช้า และวางต้นกุหลาบสีขาวและสีแดงอย่างละ 3 ต้น ให้ได้รับแสงแดดเฉพาะช่วงบ่ายเป็นระยะเวลา 4 เดือน เปรียบเทียบจำนวนดอกกุหลาบทั้งหมดในแต่ละกรณี

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ☐ ไม่มั่นใจ

2. โจทย์จัดชุดการทดลองเรื่องแรงเสียดทาน ดังรูป



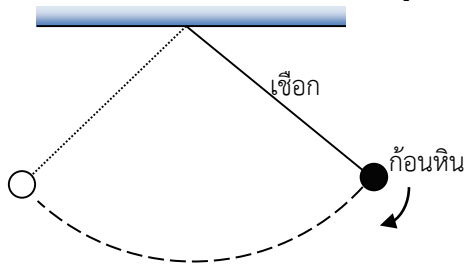
ถ้าเขาต้องการทดสอบแรงเสียดทานของวัสดุ เขาควรเปลี่ยนแปลงสิ่งใดในรูป

- A. เปลี่ยนมวล ให้มีขนาดต่างๆ
- B. เปลี่ยนความยาวเชือก ให้มีขนาดต่างๆ
- C. เปลี่ยนตาชั่งสปริง ให้มีจำนวนเพิ่มขึ้น
- D. เปลี่ยนแท่งไม้ ให้เป็นแท่งพลาสติก

ระดับความมั่นใจ

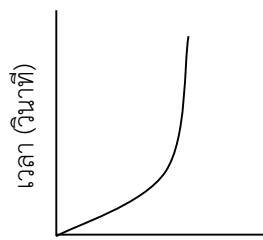
☐ มั่นใจ☐ ไม่มั่นใจ

4. เราต้องการศึกษาการผูกก้อนหินไว้ที่ปลายเชือกที่มีความยาวแตกต่างกัน แล้วจับเวลาที่ก้อนหินเคลื่อนที่ไปแล้วกลับมายังตำแหน่งเดิม ได้ข้อมูลดังตาราง

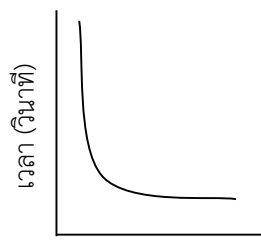


ความยาวเชือก (cm)	80	100	120	140	160	180
เวลา (s)	1.80	2.02	2.21	2.39	2.55	2.71

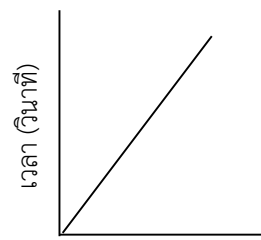
กราฟในข้อใดนำเสนอข้อมูลได้ถูกต้องที่สุด



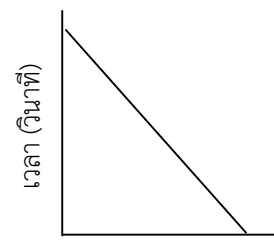
A. ความยาวเชือก (cm)



B. ความยาวเชือก (cm)



C. ความยาวเชือก (cm)



D. ความยาวเชือก (cm)

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

ข้อมูลต่อไปนี้สำหรับตอบคำถามข้อ 5-6

โนบิตะสงสัยว่า ถ้าพื้นดินกับพื้นน้ำได้รับแสงแดดในปริมาณเท่าๆ กัน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของพื้นดินกับพื้นน้ำจะแตกต่างกันหรือไม่ เขาจึงทำการทดลองโดยนำกระบอก 2 อันที่มีขนาดเท่าๆ กัน ใบหนึ่งใส่น้ำ อีกใบหนึ่งใส่น้ำดิน ในปริมาณเท่าๆ กัน แล้วนำกระบอกทั้ง 2 ไปวางไว้กลางแจ้งในบริเวณที่ได้รับปริมาณแสงแดดเท่าๆ กัน เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของพื้นดินและพื้นน้ำทุก 15 นาที

5. สมมติฐานของการทดลองนี้คืออะไร

- A. ยิ่งได้รับแสงแดดปริมาณมาก อุณหภูมิของดินและน้ำก็จะยิ่งสูงขึ้น
- B. ยิ่งวางดินและน้ำไว้กลางแจ้งนานเท่าไร อุณหภูมิของดินและน้ำก็จะยิ่งสูงขึ้นเท่านั้น
- C. ปริมาณความร้อนที่ดินและน้ำได้รับ ทำให้อุณหภูมิของดินและน้ำเพิ่มขึ้นแตกต่างกัน
- D. แต่ละช่วงเวลาใน 1 วัน ดินและน้ำได้รับแสงแดดปริมาณแตกต่างกัน

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

6. อะไรคือตัวแปรตาม (ผลที่เกิดจากการทดลอง) สำหรับการทดลองนี้

- A. การระเหยของไอน้ำและน้ำที่อยู่ในดิน
- B. อุณหภูมิของสาร (น้ำและดิน) ที่วัดได้
- C. ระยะเวลาที่สาร (ดินและน้ำ) ได้รับแสงแดด
- D. ชนิดของสาร (ดินและน้ำ) ที่ใส่ในกระบอก

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

7. ชูชานกำลังศึกษาปริมาณแสงที่สังเคราะห์ได้ของหัวมันสำปะหลัง โดยชูชานบอกว่าเขาสามารถควบคุมการให้ปริมาณแสงแดด คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำกับมันสำปะหลังได้ สมมติฐานในข้อใดที่ชูชานควรนำไปออกแบบเพื่อทำการทดลองมากที่สุด
- A. ถ้าให้คาร์บอนไดออกไซด์กับมันสำปะหลังมากๆ ก็ต้องให้แสงแดดในปริมาณมากด้วยเช่นกัน
 - B. ถ้าต้องการให้มันสำปะหลังสังเคราะห์แป้งได้ในปริมาณมากๆ ต้องให้แสงแดดในปริมาณมากด้วย
 - C. ยิ่งมันสำปะหลังได้น้ำมากเท่าไร ยิ่งต้องการคาร์บอนไดออกไซด์มากเท่านั้น
 - D. ยิ่งมันสำปะหลังได้รับแสงมากเท่าไร ยิ่งผลิตคาร์บอนไดออกไซด์มากเท่านั้น

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ☐ ไม่มั่นใจ

8. โดเรมอนทำการทดลองว่าอุณหภูมิของน้ำมีผลอย่างไรต่อการละลายของน้ำตาลทราย โดยการละลายน้ำตาลให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ในบีกเกอร์แต่ละใบที่มีปริมาณน้ำเท่ากัน แต่อุณหภูมิของน้ำแตกต่างกัน คือ 0, 25, 50, 75 และ 95 °C โดยที่กำหนดให้จำนวนครั้งและอัตราเร็วในการคนสารเท่ากัน อะไรคือตัวแปรต้น (สิ่งที่ต้องการศึกษา) สำหรับการทดลองนี้
- A. ปริมาณน้ำตาลทรายที่ละลายได้ในแต่ละบีกเกอร์
 - B. ปริมาณน้ำในแต่ละบีกเกอร์
 - C. อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ละลายน้ำตาลทราย
 - D. จำนวนครั้งและอัตราเร็วในการคนสาร

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ☐ ไม่มั่นใจ

9. ไจแอนต์มีภาชนะ 4 ใบขนาดเท่ากัน แต่ทำมาจากวัสดุต่างชนิดกัน (ดินเหนียว เหล็ก อะลูมิเนียม และทองแดง) เขาเทน้ำชนิดเดียวกัน ปริมาณเท่ากัน ลงในภาชนะแต่ละใบ แล้วให้ความร้อนกับภาชนะแต่ละใบปริมาณเท่ากัน จับเวลาตั้งแต่เริ่มให้ความร้อนจนกระทั่งน้ำเดือด ปัจจัยใดที่ทำให้เวลาในการเดือดของน้ำในการทดลองนี้แตกต่างกัน
- A. ปริมาณน้ำในภาชนะ
 - B. ชนิดของน้ำในภาชนะ
 - C. วัสดุที่ใช้ทำภาชนะแต่ละใบ
 - D. ปริมาณความร้อนที่ให้กับภาชนะ

ระดับความมั่นใจ

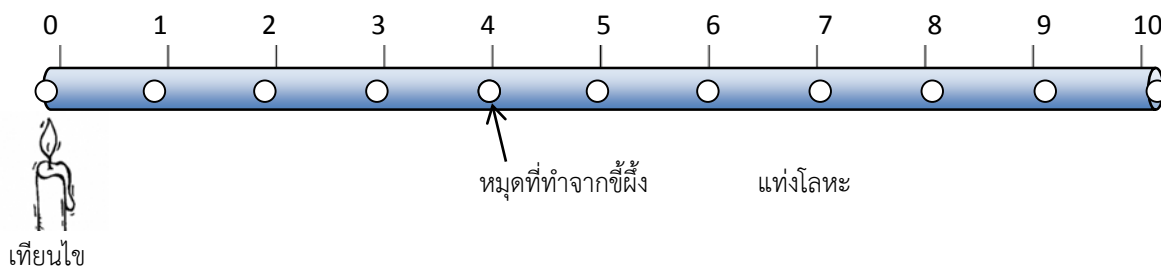
☐ มั่นใจ☐ ไม่มั่นใจ

10. วาริเป็นนักกีฬาว่ายน้ำสังเกตว่า หลังจากขึ้นจากสระว่ายน้ำจะรู้สึกว่ามีลมกระด้างและพัดกัน คำถามใดระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามชัดเจน และตัวแปรที่ระบุสามารถวัดได้
- A. ความเข้มข้นของคลอรีนในสระว่ายน้ำมีผลอย่างไรต่อแรงดึงที่ทำให้เส้นผมขาด
 - B. ระยะเวลาและช่วงเวลาในการว่ายน้ำมีผลอย่างไรต่อความชื้นของเส้นผม
 - C. ปริมาณคลอรีนที่เติมลงไปในสระว่ายน้ำ มีผลกระทบอย่างไรต่อเส้นผม
 - D. ปริมาณคลอรีนในสระว่ายน้ำทำให้ความแข็งแรงของเส้นผมลดลงหรือไม่

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ☐ ไม่มั่นใจ

11. ก้านกล้วยต้องการศึกษาว่าโลหะชนิดใดนำความร้อนได้ดีที่สุด โดยการนำแท่งโลหะต่างชนิดกัน แต่มีขนาดและความยาวเท่ากัน ปักหมุดที่ทำมาจากขี้ผึ้งทุกระยะ 1 เซนติเมตร แล้วให้ความร้อนจากเทียนไขที่ตำแหน่งปลายสุดของโลหะ (หมายเลข 0) แต่ละชนิดนาน 2 นาที



ก้านกล้วยจะมีวิธีการวัดอัตราการนำความร้อนของโลหะแต่ละชนิดอย่างไร

- A. วัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งปลายสุดของโลหะ (หมายเลข 10) เมื่อเวลาผ่านไป 2 นาที
- B. นับจำนวนหมุดที่หล่นออกจากโลหะเมื่อเวลาผ่านไป 2 นาที
- C. จับเวลาที่หมุดแต่ละอันหล่นออกจากโลหะ
- D. จับเวลาที่หมุดทั้งหมดหล่นออกจากโลหะ

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

12. เกษตรกรท่านหนึ่งต้องการต้นกล้าของมะเขือเทศจำนวนมากเพื่อให้เพียงพอความต้องการของตลาด เขามีสมมติฐานว่ายิ่งเมล็ดมะเขือเทศได้รับความชื้นมากเท่าไรยิ่งงอกเร็วเท่านั้น เขาจะมีวิธีทดสอบสมมติฐานนี้อย่างไร

- A. นับจำนวนวันที่เมล็ดมะเขือเทศงอก หลังจากที่เราเพาะเมล็ดในดินที่มีความชื้นในแตกต่างกัน
- B. วัดความสูงของต้นมะเขือเทศ หลังจากที่เราเพาะเมล็ดในดินที่มีความชื้นในแตกต่างกัน
- C. วัดปริมาณน้ำที่ไ้รดต้นมะเขือเทศในแต่ละวัน
- D. นับจำนวนเมล็ดที่เพาะกับจำนวนต้นที่งอก

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

13. ครูพลศึกษาต้องการศึกษาผลของการออกกำลังกายกับอัตราการเต้นของหัวใจ โดยให้นักกีฬา 4 คน นักกีฬา 3 คนแรกวิ่งในพื้นที่ต่างกันในเวลา 3, 2, และ 1 ตามลำดับด้วยการวิ่งที่เหมือนกัน และนักกีฬาคนที่ 4 ไม่ต้องวิ่ง

ครูพลศึกษาจะมีวิธีการวัดอัตราการเต้นของหัวใจของนักกีฬาอย่างไร

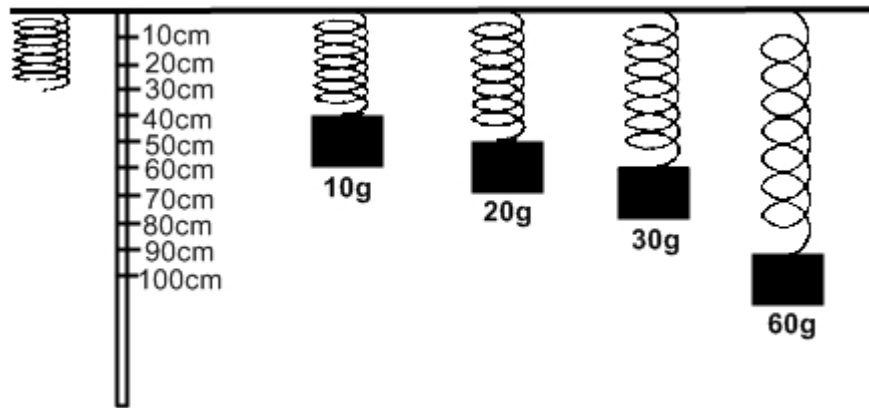
- A. นับจำนวนครั้งที่นักกีฬาแต่ละคนวิ่งได้ในเวลา 1 นาที
- B. นับจำนวนการเต้นของหัวใจของนักกีฬาแต่ละคนในเวลา 1 นาที หลังจากวิ่ง
- C. นับจำนวนการเต้นของหัวใจของนักกีฬาทุกคนในเวลา 1 นาที หลังจากวิ่งแล้วหาค่าเฉลี่ย
- D. นับจำนวนการเต้นของหัวใจทั้งหมดของนักกีฬาแต่ละคน ระหว่างที่วิ่ง

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ

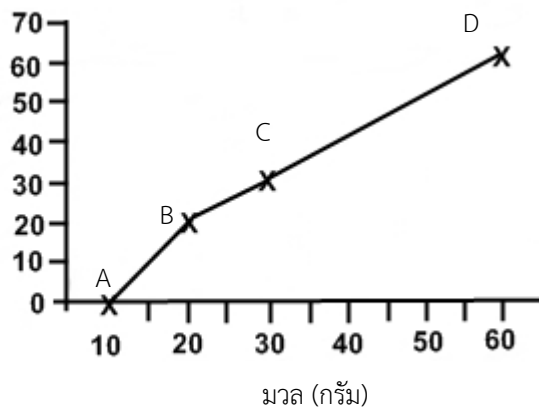
☐ ไม่มั่นใจ

14. มาหยาวิธีวัดวัตถุที่มีมวลแตกต่างกันไว้ที่ปลายสปริงและบันทึกระยะยืดออกของสปริงดังรูป



นำผลที่บันทึกได้มาเขียนกราฟ ดังด้านล่าง

ระยะยืดออกของสปริง
(เซนติเมตร)



ตำแหน่งใดของกราฟที่ไม่สอดคล้องกับผลการบันทึก

- A. A
- B. B
- C. C
- D. D

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

15. นาโซต้องการศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อรถมีผลอย่างไรต่อความคล่องตัวในการหมุนของล้อรถ โดยการทดลองกลิ้งล้อรถหลายขนาดลงจากพื้นเอียงที่ตำแหน่งเดียวกัน

นาโซจะมีวิธีการวัดความคล่องตัวในการหมุนของล้อรถได้อย่างไร

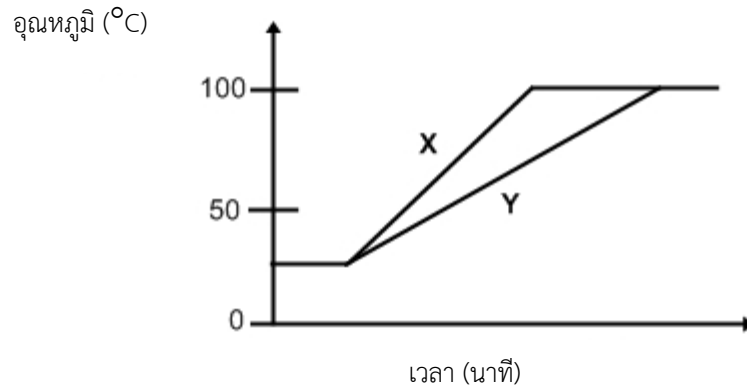
- A. จับเวลาที่ล้อรถเคลื่อนที่ถึงปลายพื้นเอียง
- B. วัดมุมที่พื้นเอียงกระทำกับพื้นราบ
- C. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อรถในการทดลองแต่ละครั้ง
- D. วัดน้ำหนักของรถในการทดลองแต่ละครั้ง

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

16. กราฟด้านล่างแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในปิกเกอร์ X และ Y ในช่วงเวลาหนึ่ง



ข้อความใดกล่าวถูกต้องที่สุด

- A. ปิกเกอร์ X มีปริมาณน้ำน้อยกว่าปิกเกอร์ Y
B. น้ำในปิกเกอร์ X และ Y เดือดพร้อมกัน
C. น้ำในปิกเกอร์ Y นำความร้อนได้ดีกว่าน้ำในปิกเกอร์ X
D. ปิกเกอร์ Y ได้รับความร้อนมากกว่าปิกเกอร์ X

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

17. คำถามใดมีความชัดเจนในการระบุตัวแปรที่สามารถนำไปออกแบบการทดลองได้

- A. การโรยเกลือบนถนนที่มีหิมะมีผลกระทบอย่างไรต่อต้นสน
B. ปัจจัยอะไรที่มีผลต่อระยะทางของน้ำที่พุ่งออกไปจากสายยาง
C. น้ำอัดลมต่างชนิดกันเมื่อใส่เมนทอลรสสมินต์ลงไปจะเกิดการฟุ้งของฟองก๊าซแตกต่างกันหรือไม่
D. ความยาวคลื่นเท่าใดของรังสีวีที่สามสามารถลดปริมาณของเชื้อ e-coli ในน้ำปนเปื้อนลงได้ 90%

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

18. วีระตั้งสมมติฐานว่า การขับรดด้วยอัตราเร็วสูงจะเปลืองน้ำมันมากกว่า

วีระจะออกแบบการทดลองอย่างไรเพื่อทดสอบสมมติฐานดังกล่าว

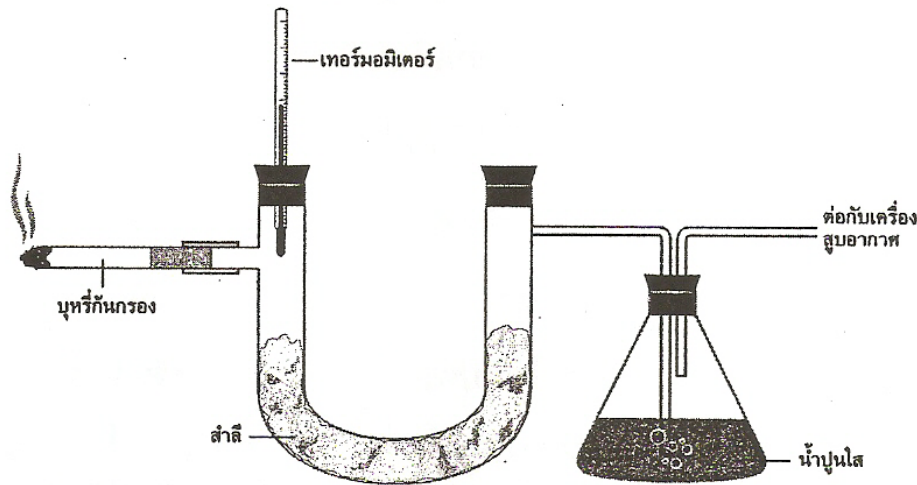
- A. สสำรวจผู้ที่ขับรถยนต์ด้วยอัตราเร็วสูงๆ ว่า ใน 1 ชั่วโมง รถยนต์ใช้น้ำมันไปเท่าไร
B. ทดลองขับรถยนต์ด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกัน แล้ววัดปริมาณน้ำมันที่ใช้ไปในแต่ละครั้ง
C. ทดลองขับรถยนต์ด้วยอัตราเร็วสูงๆ เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วทดลองขับรถยนต์ด้วยอัตราเร็วต่ำๆ เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันที่ใช้ไป
D. ทดลองขับรถยนต์ด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกัน ด้วยระยะทางที่เท่ากันหลายๆ ครั้ง แล้ววัดปริมาณน้ำมันที่ใช้ไปในแต่ละครั้ง

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

19. ไมเคิลไปเยี่ยมชมห้องปฏิบัติการที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เห็นการทดลองเรื่องพิษของบุหรี่ ในตู้ดูดควัน โดยจุดบุหรี่ก้นกรองยี่ห้อต่างๆ เข้ากับหลอดแก้วรูปตัวยู ภายในหลอดแก้วมีเทอร์มอมิเตอร์และสำลียีกข้างหลอดแก้วต่อกับขวดรูปชมพู่ที่มีน้ำปูนใสอยู่



คำถามใดไม่สามารถตอบได้ด้วยการทดลองนี้

- บุหรี่ยี่ห้อใดมีผลต่อสุขภาพมากที่สุด
- เมื่อเปรียบเทียบระหว่างยี่ห้อจุดบุหรี่กับจุดบุหรี่ยี่ห้ออื่นของน้ำปูนใสจะแตกต่างกันหรือไม่
- เมื่อจุดบุหรี่และทิ้งไว้นาน 5 นาที กับ 10 นาที สีของสำลียะเหมือนหรือแตกต่างกัน
- บุหรี่ยี่ห้อใดจะทำให้อุณหภูมิของเทอร์มอมิเตอร์สูงที่สุด

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

20. ชูใจบอกมานิว่า พื้นผิวที่มีผิวขรุขระมาก จะทำให้เกิดแรงเสียดทานมาก

การออกแบบการทดลองใดไม่สามารถทดสอบสมมติฐานดังกล่าวได้

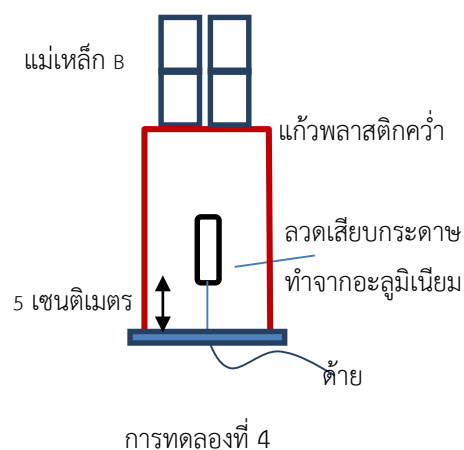
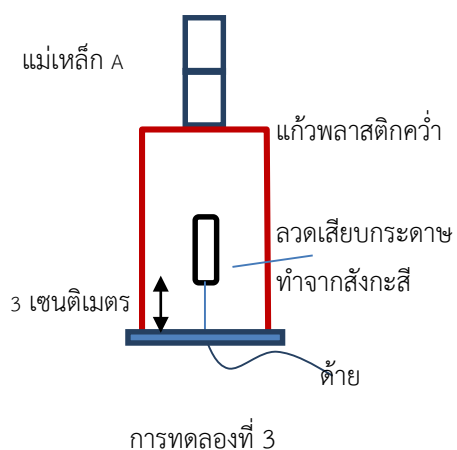
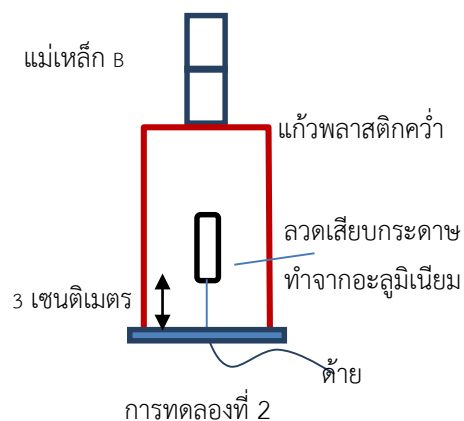
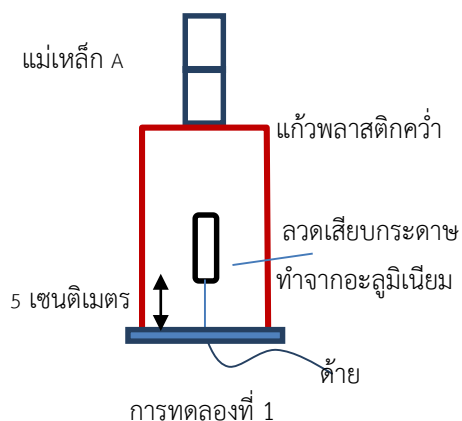
- ปล่อยรถของเล่นคันเดียวกันจากพื้นเอียงที่ทำจากวัสดุต่างชนิดกันที่ระดับความสูงเดียวกัน แล้วจับเวลาที่รถเคลื่อนที่มาถึงปลายพื้นเอียง
- ใช้ตาชั่งสปริงลากถุงทรายที่มีน้ำหนักเท่ากัน บนพื้นทรายกับพื้นกระเบื้อง แล้วอ่านค่าจากตาชั่งสปริงเมื่อถุงทรายเริ่มเคลื่อนที่
- วางรองเท้าผ้าใบที่มีพื้นรองเท้าคล้ายกันแต่ขนาดแตกต่างกัน บนพื้นเอียงปรับมุมได้ตั้งแต่ 0-90 องศา บันทึกมุมของพื้นเอียงเมื่อรองเท้าผ้าใบเริ่มเคลื่อนที่
- ใช้ตาชั่งสปริงลากแท่งไม้ที่มีน้ำหนักเท่ากัน แต่ขนาดพื้นที่ผิวสัมผัสแตกต่างกัน บนพื้นเรียบกับพื้นขรุขระ แล้วอ่านค่าจากตาชั่งสปริงเมื่อแท่งไม้เริ่มเคลื่อนที่

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

21. ออกแบบการทดลองโดยวางแม่เหล็กบนแก้วพลาสติกคว่ำเพื่อให้ออกแรงดึงดูดเสียบกระดาศที่ผูกกับด้ายให้ลอยในอากาศ แล้ววัดระยะห่างมากที่สุดระหว่างแม่เหล็กกับหลอดเสียบกระดาศก่อนที่จะหล่นลงพื้น การทดลองเป็นดังนี้



ถ้าต้องการทดสอบว่าแม่เหล็กอันมีความแรงแม่เหล็กมากกว่ากัน คู่การทดลองใดเหมาะสมที่สุด

- A. การทดลองที่ 1 กับ การทดลองที่ 2
- B. การทดลองที่ 2 กับ การทดลองที่ 3
- C. การทดลองที่ 3 กับ การทดลองที่ 4
- D. การทดลองที่ 4 กับ การทดลองที่ 1

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

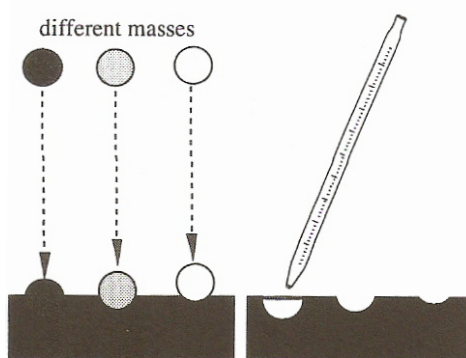
22. กาก้าต้องการศึกษาปริมาณน้ำที่อยู่ในอาหารแต่ละชนิด ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ 1) สับอาหารให้ละเอียด 2) ชั่งอาหารแต่ละชนิดๆ ละ 10 กรัม 3) นำอาหารไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 4) นำอาหารแต่ละชนิดออกมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 30 นาที จนกระทั่งน้ำหนักของอาหารคงที่ กาก้าจะมีวิธีการวัดปริมาณน้ำที่อยู่ในอาหารแต่ละชนิดอย่างไร

- A. ความแตกต่างของน้ำหนักก่อนอบและหลังอบ (อบนาน 30 นาที)
B. จับเวลาตั้งแต่เริ่มอบจนกระทั่งน้ำหนักของอาหารคงที่
C. ความแตกต่างของอุณหภูมิของอาหารก่อนและหลังอบ (เมื่อน้ำหนักของอาหารคงที่)
D. ความแตกต่างของน้ำหนักก่อนอบและหลังอบ (เมื่อน้ำหนักของอาหารคงที่)

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ☐ ไม่มั่นใจ

23. ปีนอนงค์นั่งใต้ต้นแอปเปิลสงสัยว่าทำไมแอปเปิลเมื่อหล่นกระทบพื้นแล้วบางผลแตก บางผลไม่แตก เธอได้ทำการทดลองโดยการปล่อยลูกเหล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน แต่มวลแตกต่างกัน ที่ระดับความสูงเดียวกัน แล้ววัดปริมาตรของลูกเหล็กที่จมลงไปในดินน้ำมัน ด้วยการหยดน้ำจากปิเปตลงไปในหลุมนั้นจนเต็ม



คำถามใดมีความชัดเจนในการระบุตัวแปรที่สามารถนำไปออกแบบการทดลองได้

- A. พลังงานจลน์มีผลอย่างไรต่อปริมาตรส่วนที่จมลงไปในดินน้ำมัน
B. มวลของลูกเหล็กมีผลอย่างไรต่อปริมาตรส่วนที่จมลงไปในดินน้ำมัน
C. ทำไมลูกเหล็กที่มีมวลมากกว่าจึงมีปริมาตรส่วนที่จมลงไปในดินน้ำมันมากกว่า
D. มีปัจจัยใดบ้างที่ทำให้ลูกเหล็กจมลงไปในดินน้ำมันแตกต่างกัน

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ☐ ไม่มั่นใจ

24. ชิสีต้องการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของราขนมปัง เธอคิดว่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม และ ปริมาณน้ำในขนมปัง น่าจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของราขนมปัง สมมติฐานใดที่ชิสีจะทดสอบเพื่อตอบข้อสงสัย

- A. ถ้าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมสูงขึ้น ปริมาณของน้ำในขนมปังจะลดลง
B. ถ้าในขนมปังมีปริมาณน้ำน้อย อุณหภูมิในขนมปังจะลดลง
C. ถ้าปริมาณน้ำในขนมปังมีมาก อัตราการเจริญเติบโตของราขนมปังจะสูงขึ้น
D. ถ้าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมลดลง ปริมาณของน้ำในขนมปังจะลดลง

ระดับความมั่นใจ

☐ มั่นใจ☐ ไม่มั่นใจ