

การพัฒนาชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี

The Development of a Distance Training Package on Measurement and

Evaluation of Science Process Skills for Secondary School Science Teachers,

Nonthaburi Province

ดวงเดือน พินสุวรรณ

Duongdearn Pinsuwan

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี (2) เปรียบเทียบความสามารถด้านการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการใช้ชุดฝึกอบรมทางไกลสำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี และ (3) ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึกอบรมทางไกลเรื่อง การวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาที่อยู่ในพื้นที่จังหวัดนนทบุรี จำนวน 30 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) ชุดฝึกอบรมทางไกล (2) แบบทดสอบวัดความสามารถเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ (3) แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยปรากฏว่า (1) ชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี มีขั้นตอนในการพัฒนา 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1.1) กำหนดจุดประสงค์ของชุดฝึกอบรมทางไกล (1.2) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (1.3) สร้างชุดฝึกอบรมทางไกล (1.4) ตรวจสอบคุณภาพชุดฝึกอบรมทางไกล (1.5) ทดลองใช้และวิเคราะห์ผลการใช้ชุดฝึกอบรมทางไกล และ (1.6) ปรับปรุงชุดฝึกอบรมทางไกล ซึ่งประกอบด้วย เอกสารชุดฝึกอบรมทางไกล และเอกสารประกอบการใช้ชุดฝึกอบรมทางไกล ชุดฝึกอบรมทางไกลมีประสิทธิภาพ 80.98 / 79.09 (2) กลุ่มตัวอย่างมีความสามารถด้านการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังใช้ชุดฝึกอบรมทางไกลสูงกว่าก่อนใช้ชุดฝึกอบรมทางไกลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (3) ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา

ความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับ
มากที่สุด

คำสำคัญ: ชุดฝึกอบรมทางไกล การวัดและประเมินผล ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูวิทยาศาสตร์ระดับ
มัธยมศึกษา

Abstract

The purposes of this research were to (1) develop a distance training package on measurement and evaluation of science process skills for secondary school science teachers in Nonthaburi province; (2) compare the ability in measurement and evaluation of science process skills before and after using the training package; and (3) study the participants' satisfaction on the distance training package on measurement and evaluation of science process skills for secondary school science teachers in Nonthaburi province.

The research sample comprised 30 secondary school science teachers in Nonthaburi province, obtained by stratified random sampling. The research instruments were (1) the distance training package; (2) tests on knowledge about measurement and evaluation of science process skills; and (3) a satisfaction questionnaire on the distance training package on measurement and evaluation of science process skills for secondary school science teachers in Nonthaburi province. Statistics used for data analysis were the percentage, mean, standard deviation, and t-test.

The research findings revealed that (1) there were 6 steps in the development of the distance training package on measurement and evaluation of science process skills for secondary school science teachers in Nonthaburi province, namely, (1.1) setting up the objectives of the distance training package; (1.2) doing a literature review; (1.3) developing the distance training package; (1.4) investigating the efficiency of the distance training package; (1.5) experimenting, and analyzing the results of using the distance training package; and (1.6) revising the distance training package. The distance training package consisting of the training documents and the manual was efficient at 80.98/79.09; (2) the participants' ability on measurement and evaluation of science process skills after using the distance training package was significantly higher than that of before at .05 level; and (3) the secondary school science teachers' rating mean for satisfaction with the distance training package on measurement and evaluation of science process skills was at the highest level.

Keywords: Distance training package, Measurement and evaluation, Science process skills, Secondary school science teachers

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การสอนวิทยาศาสตร์มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2551)) วิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงกันหลากหลายเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร แต่พบว่า วิธีการวัดและประเมินผลที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันทั้งในโรงเรียน การสอบเพื่อแข่งขัน และการคัดเลือกเข้าเรียนต่อในระดับที่สูงขึ้น ยังไม่สามารถพัฒนาให้ทันกับเปลี่ยนแปลงนี้ ยังคงวัดและประเมินผลเพียงความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชา การวัดและการประเมินผลในปัจจุบันเน้นการใช้เพื่อตัดสินผลการเรียนและคัดเลือกผู้เรียนเป็นส่วนใหญ่ ข้อสอบที่ใช้ในการคัดเลือกผู้เรียนเข้าศึกษาต่อส่วนใหญ่เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ เน้นถามเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชา ส่วนกระบวนการคิด กระบวนการแก้ปัญหา กระบวนการตัดสินใจอย่างวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะนิสัยทางวิทยาศาสตร์ยากที่จะวัดได้ด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ การสอบคัดเลือกจึงไม่ได้วัดสิ่งต่างๆ เหล่านี้

การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนมีบทบาทสำคัญมากในการกำหนดวิธีการสอนของผู้สอนและวิธีการเรียนของผู้เรียน เนื่องจากตัวผู้เรียนก็จะเรียนตามแนวที่จะถูกวัดและประเมินผล นั่นคือ เน้นการท่อง การจำ การทำความเข้าใจในเนื้อหาวิชามากกว่าที่จะฝึกปฏิบัติให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีปัญหาหลายประการ (สมคิด พรหมจ้อย 2557 : 13-9 ถึง 13-12) เช่น (1) การคัดเลือกนักเรียนเข้าทำงานหรือศึกษาต่อจะใช้ผลจากการสอบซึ่งส่วนใหญ่ใช้ข้อสอบแบบเลือกตอบเป็นหลัก ทำให้วัดได้เฉพาะความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชา (2) ปัญหาเกี่ยวกับตัวผู้สอนเองที่ไม่ได้รับการฝึกอบรมมาอย่างเพียงพอ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลที่ผู้สอนทั่วไปมีความมั่นใจว่าตนเองสามารถสร้างและใช้ได้มีเพียงข้อสอบเท่านั้น (3) ปัญหาเกี่ยวกับตัวผู้เรียน การวัดและการประเมินผลที่เน้นเฉพาะความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้การสอบแบบเขียนตอบ ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นวิชาที่เน้นเกี่ยวกับการปฏิบัติการทดลอง เน้นการแก้ปัญหาและการศึกษาหาความรู้ใหม่ๆ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การวัดและประเมินผลทำนองนี้บ่อยครั้ง จะเป็นผลให้ผู้เรียนหันมาเรียนวิทยาศาสตร์โดยการท่องจำซึ่งเป็นเรื่องที่น่าเบื่อ ท้ายที่สุดผู้เรียนก็จะมีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ไม่สนใจที่จะศึกษาต่อทางวิทยาศาสตร์ นับเป็นเรื่องที่มีอันตรายอย่างยิ่งต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และการพัฒนาประเทศที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นรากฐาน

ด้วยแนวคิดของการจัดการศึกษาที่เปลี่ยนแปลงไป การวัดและประเมินผลจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยการวัดและประเมินผลต้องคำนึงถึงผู้เรียนเป็นสำคัญ แนวโน้มของการวัดและประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในอนาคตจะต้องวัดว่าผู้เรียนรู้อะไรทำอะไรได้บ้าง วัดความสามารถด้านกระบวนการ วิธีการคิด และการแสดงออก (performance) รวมทั้งวัดคุณลักษณะต่างๆ ทางด้านเจตพิสัย และทักษะปฏิบัติการ

วิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่เน้นการทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะข้อสอบจึงควร วัดด้านการระบุ
ปัญหา การตั้งสมมติฐาน การทำการทดลอง การสังเกตขณะทดลอง การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล การตรวจสอบ
ข้อมูล และการสรุปผลการทดลอง ขอบข่ายของพฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้านทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบ่งเป็น 4
ด้านใหญ่ๆ ได้แก่ ด้านการออกแบบและการวางแผน ด้านการดำเนินการ ด้านการวิเคราะห์และแปลความหมาย และ
ด้านการนำไปใช้ เทคนิควิธีที่ใช้วัดทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การใช้แบบทดสอบแบบเขียนตอบ การ
สังเกตพฤติกรรมขณะทำปฏิบัติการ การตรวจจากรายงานผลการทำปฏิบัติการ และการสอบภาคปฏิบัติ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skills) เป็นหนึ่งในทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
ดังนั้น ลักษณะข้อสอบควรวัดด้านการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าว โดยใช้เทคนิควิธี ที่นอกเหนือจากการใช้
แบบทดสอบแบบเลือกตอบ ได้แก่ การใช้แบบทดสอบแบบเขียนตอบ การสังเกตพฤติกรรมขณะทำปฏิบัติการ การ
ตรวจจากรายงานผลการทำปฏิบัติการ และการสอบภาคปฏิบัติ

ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้ การฝึกอบรมเพิ่มเติมเกี่ยวกับเทคนิคการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน
วิทยาศาสตร์ จึงเป็นเรื่องที่มีความจำเป็นมาก การรวมกลุ่มกันระหว่างครูวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างเครื่องมือ และเทคนิค
วิธีการที่หลากหลายเพื่อวัดและประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้ครอบคลุมทุกๆ ด้านตามจุดมุ่งหมายของ
หลักสูตรก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหานี้ได้

ชุดฝึกอบรมทางไกลเป็นรูปแบบและวิธีการถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยให้บุคคลเกิด
การเรียนรู้และเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นการวางแผนการฝึกอบรมอย่างเป็นระบบ สามารถใช้ในการฝึกอบรมให้
เป็นไปตามเป้าหมายในรูปแบบที่ต้องการ สำหรับกลุ่มเป้าหมายจำนวนมากศึกษาด้วยตนเองตามเนื้อหาที่กำหนดไป
ทีละขั้น โดยไม่มีข้อจำกัดเรื่องเวลาและสถานที่ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์ 2556) ชุดฝึกอบรมทางไกลจึงเป็นเครื่องมือที่
สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาความสามารถด้านการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับ
ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาในจังหวัดนนทบุรี ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีความพร้อมในการทดลองใช้ชุดฝึกอบรม
ทางไกลเพื่อเป็นโครงการนำร่องไปสู่พื้นที่อื่นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อพัฒนาชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับ
ครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี
- 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถด้านการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและ
หลังการใช้ชุดฝึกอบรมทางไกลสำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี
- 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี

ขอบเขตของการวิจัย

1) ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับการวัดและการประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต (observing) ทักษะการวัด (measuring) ทักษะการจำแนกประเภท (classifying) ทักษะการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา (using space/space and space/time relationships) ทักษะการใช้ตัวเลข (using number) หรือการคำนวณ (calculating) ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (manipulating and communicating data) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (inferring) และทักษะการทำนาย (predicting) หรือการพยากรณ์ (forecasting) และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน (formulating hypothesis) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (operational defining of the variable) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (identifying and controlling variable) ทักษะการทดลอง (experimenting) และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (interpreting data and conclusion)

2) ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรอิสระ คือ การใช้ชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี

ตัวแปรตาม ประกอบด้วย

(1) ความสามารถด้านการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

(2) ความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาที่อยู่ในพื้นที่ จังหวัดนนทบุรี จำนวน 18 โรงเรียน ประชากรครูวิทยาศาสตร์ ประมาณ 290 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาที่อยู่ในพื้นที่จังหวัดนนทบุรี จำนวน 30 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยการสุ่มโรงเรียนที่อยู่ในอำเภอเมืองนนทบุรี อำเภอปากเกร็ด อำเภอละ 2 โรงเรียน และสุ่มโรงเรียนในอำเภอบางกรวย อำเภอบางใหญ่ อำเภอบางบัวทอง และอำเภอไทรน้อย อำเภอละ 1 โรงเรียน ตามสัดส่วนจำนวนโรงเรียนในแต่ละอำเภอ ได้ 8 โรงเรียน และสุ่มครูที่อยู่ในแต่ละโรงเรียน แล้วเชิญครูวิทยาศาสตร์ผู้สอนระดับมัธยมศึกษาที่สุ่มได้มา โรงเรียนละ 3-4 คน ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาที่อยู่ในพื้นที่จังหวัดนนทบุรี จำนวน 30 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การพัฒนาความสามารถด้านการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี

แบบทดสอบวัดความสามารถของครูเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีค่าความยากระหว่าง 0.31 - 0.54 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.23-0.85 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.72 แบบทดสอบหลังเรียนมีค่าความยากระหว่าง 0.35 - 0.58 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.30-0.88 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.76 และแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึกอบรมทางไกลซึ่งมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.79

การเก็บรวบรวมข้อมูล การทดลองใช้ชุดฝึกอบรมทางไกลมีรายละเอียดและขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

ครูที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดลองใช้ชุดฝึกอบรมทางไกลเป็นเพศชาย จำนวน 5 คน และเป็นเพศหญิง จำนวน 25 คน โดยมีอายุระหว่าง 21-59 ปี มีวุฒิการศึกษาสูงสุด (วิชาเอก) ดังนี้ วท.บ. (เคมี) จำนวน 4 คน วท.บ. (ชีววิทยา) จำนวน 3 คน วท.บ. (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) จำนวน 7 คน วท.บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร) จำนวน 1 คน ศษ.บ. (เคมี) จำนวน 2 คน ศษ.บ. (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) จำนวน 1 คน ค.บ. (การสอนวิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์) จำนวน 1 คน ค.บ. (การสอนชีววิทยา) จำนวน 2 คน ค.บ. (การสอนเคมี) จำนวน 1 คน ค.บ. (วิทยาศาสตร์ทั่วไป) จำนวน 3 คน ศษ.ม. (การศึกษาวิทยาศาสตร์) จำนวน 1 คน ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) จำนวน 2 คน ศษ.ม. (มัธยมศึกษา-การสอนวิทยาศาสตร์) จำนวน 1 คน และ วท.ม. (วิทยาศาสตร์) จำนวน 1 คน และมีประสบการณ์สอนวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ 1-36 ปี เป็นครูผู้ช่วย จำนวน 2 คน ครูที่ยังไม่มีวิทยฐานะ จำนวน 14 คน ครูชำนาญการ จำนวน 5 คน และครูชำนาญการพิเศษ จำนวน 9 คน โดยรายละเอียดเกี่ยวกับการสอนในปีการศึกษา 2558 นั้น มีครูผู้ทำหน้าที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ม.1-3 จำนวน 11 คน ครูผู้ทำหน้าที่สอนวิชาเคมี ม.4-6 จำนวน 6 คน ครูผู้ทำหน้าที่สอนวิชาชีววิทยา ม.4-6 จำนวน 10 คน และครูผู้ทำหน้าที่สอนฟิสิกส์ ม.4-6 จำนวน 3 คน โดยมีขั้นตอนการดำเนินการในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1) ทดสอบก่อนการใช้ชุดฝึกอบรมทางไกล โดยผู้วิจัยประสานงานการวิจัย ทำการทดสอบครูที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยทดสอบวัดความสามารถเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 10 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และใช้เวลาในการทดสอบ 30 นาที

2) มอบเอกสารชุดฝึกอบรมทางไกลและเอกสารประกอบการใช้ชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ให้กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างศึกษาล่วงหน้าก่อนการอบรม 30 วัน

3) กลุ่มตัวอย่างศึกษาเอกสารชุดฝึกอบรมทางไกลเป็นเวลา 30 วัน

4) จัดอบรมกลุ่มตัวอย่างเป็นเวลา 2 วัน ณ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จังหวัดนนทบุรี ทั้งนี้ กิจกรรมการฝึกอบรมประกอบด้วย

(1) การบรรยายสรุปให้ความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

(2) การฝึกปฏิบัติการออกแบบเครื่องมือวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

(3) ตัวแทนกลุ่มนำเสนอเครื่องมือวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามด้วยวิทยากรให้ข้อคิดเห็น แล้วสรุปการฝึกอบรม

(4) ทดสอบหลังการใช้ชุดฝึกอบรมทางไกล โดยผู้วิจัยทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างด้วย
แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 10 ข้อ ซึ่งเป็น
แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้เวลาในการทดสอบ 30 นาที

(5) ผู้เข้ารับการอบรมตอบแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึกอบรมทางไกล

การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง เปรียบเทียบความสามารถเกี่ยวกับการวัดและ
ประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึกอบรมทางไกล โดยใช้สถิติ
พื้นฐาน ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

สรุปผลการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี ขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล เป็น 3 ตอน
ซึ่งประกอบด้วย

**ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การพัฒนาความสามารถด้านการวัด
และประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี**
ประกอบด้วย

1.1 ผลการพัฒนาชุดฝึกอบรมทางไกล

การพัฒนาชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การพัฒนาความสามารถด้านการวัดและประเมินผลทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี ผู้วิจัยดำเนินการกำหนด
จุดประสงค์ของชุดฝึกอบรมทางไกล ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แล้วจัดทำเป็นชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การพัฒนาความสามารถด้านการวัดและ
ประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี ซึ่ง
ประกอบด้วย เอกสารชุดฝึกอบรมทางไกลและเอกสารประกอบการใช้ชุดฝึกอบรมทางไกล ดังรายละเอียดดังนี้

เอกสารชุดฝึกอบรมทางไกล ประกอบด้วย ชื่อชุดฝึกอบรมทางไกล คำชี้แจงการศึกษาชุดฝึกอบรมทางไกล
โครงสร้างเนื้อหา แนวคิด จุดประสงค์ และเนื้อหาจำนวน 3 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ลักษณะข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีเนื้อหาประกอบด้วย
รูปแบบการประเมินที่สามารถนำมาประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ 9 รูปแบบ การวัดพฤติกรรม
ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งบอกลักษณะข้อสอบที่ใช้ว่าควรวัดด้านการระบุปัญหา การ
ตั้งสมมติฐาน การทำการทดลอง การสังเกตขณะทดลอง การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล การตรวจสอบข้อมูล
และการสรุปผลการทดลอง ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ ความสามารถที่บ่งชี้ว่า
ผู้เรียนเกิดทักษะ และตัวอย่างคำถามที่ใช้วัดทักษะของผู้เรียน ตัวอย่างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ขั้นพื้นฐาน และกิจกรรมหลังการศึกษาชุดฝึกอบรมทางไกล ตอนที่ 1

ตอนที่ 2 พฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีเนื้อหาประกอบด้วย พฤติกรรม

ที่พึงประสงค์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ด้านการออกแบบและวางแผน ด้านการดำเนินการ
ด้านการวิเคราะห์และแปลความหมาย ด้านการนำไปใช้ และกิจกรรมหลังการศึกษาคู่มือฝึกอบรมทางไกล ตอนที่ 2

ตอนที่ 3 เทคนิควิธีที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีเนื้อหาประกอบด้วย เทคนิควิธีที่ใช้วัด
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อาจใช้เทคนิควิธีที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ได้แก่
ข้อสอบแบบเขียนตอบ การสังเกตพฤติกรรมขณะทำปฏิบัติการ การตรวจรายงานผลการทำปฏิบัติการ การสอบ
ภาคปฏิบัติ และกิจกรรมหลังการศึกษาคู่มือฝึกอบรมทางไกล ตอนที่ 3 เอกสารประกอบการใช้ชุดฝึกอบรมทางไกล
ประกอบด้วย คำอธิบายชุดฝึกอบรมทางไกลและจุดประสงค์ คำชี้แจงการใช้ชุดฝึกอบรมทางไกล กำหนดการ
ฝึกอบรม เอกสารประกอบการบรรยาย และการประเมินที่ใช้ในการฝึกอบรม

1.2 ผลการหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมทางไกล

การหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมทางไกล ดำเนินการโดยการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมทางไกลเพื่อ
เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80 ปรากฏผลดังต่อไปนี้

การหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ดำเนินการโดยการทดสอบ
ประสิทธิภาพแบบเดียวกับครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 3 คน การทดสอบประสิทธิภาพ
แบบกลุ่มกับครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 6 คน และการทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม
ซึ่งมีจำนวนผู้ร่วมในการทดลองภาคสนามจำนวน 30 คน โดยใช้สูตรการหาประสิทธิภาพ E_1/E_2 ปรากฏผลดัง
ตารางที่ 1-3

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมทางไกลแบบเดียว ทำการทดสอบกับครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์
ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 3 คน ปรากฏผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมทางไกลแบบเดียว

ช่วงเวลา	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระหว่างการใช้ชุดฝึกอบรม	3	39.33
หลังการใช้ชุดฝึกอบรม	3	30.33

จากตารางที่ 1 พบว่า การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดียวของชุดฝึกอบรมทางไกล มีประสิทธิภาพ เท่ากับ
39.33/30.33

หลังการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดียว ผู้วิจัยสัมภาษณ์ผู้เข้ารับการทดสอบจำนวน 3 คน ดังกล่าว ผลการ
สัมภาษณ์สรุปได้ดังนี้

1. เนื้อหาในตอนที่ 1 ผู้เข้ารับการทดสอบมีความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่เข้าใจความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ และความสามารถที่
บ่งชี้ว่าผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ อย่างถูกต้องและครบถ้วน

2. เนื้อหาในตอนที่ 2 พฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควรเพิ่มตัวอย่าง

เกี่ยวกับข้อสอบที่วัดด้านการดำเนินการ ด้านการวิเคราะห์และแปลความหมาย และด้านการนำไปใช้

3. เนื้อหาในตอนที่ 3 เทคนิควิธีที่ใช้วัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ควรเพิ่มตัวอย่างการใช้เทคนิควิธีที่ใช้วัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การใช้แบบทดสอบแบบเขียนตอบ การสังเกตพฤติกรรมขณะทำปฏิบัติการ การตรวจจากรายงานผลการทำปฏิบัติการ และการสอบภาคปฏิบัติ ที่ใช้ในการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ

4. ควรเพิ่มตัวอย่างการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เห็นความสอดคล้องกับตัวบ่งชี้การเกิดพฤติกรรมของแต่ละทักษะ

หลังการสัมภาษณ์ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงชุดฝึกอบรมทางไกล ดังนี้

1. เพิ่มตารางความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ และความสามารถที่บ่งชี้ว่าผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้ครบถ้วน ทั้ง 13 ทักษะ ในเนื้อหาตอนที่ 1

2. เพิ่มตัวอย่างเกี่ยวกับข้อสอบที่วัดด้านการดำเนินการ ด้านการวิเคราะห์และแปลความหมาย และด้านการนำไปใช้ในเนื้อหาตอนที่ 2

3. เพิ่มตัวอย่างการใช้เทคนิควิธีที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การใช้แบบทดสอบแบบเขียนตอบ การสังเกตพฤติกรรมขณะทำปฏิบัติการ การตรวจจากรายงานผลการทำปฏิบัติการ และการสอบภาคปฏิบัติ ที่ใช้ในการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ ในเนื้อหาตอนที่ 3

4. เพิ่มตัวอย่างการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เห็นความสอดคล้องกับตัวบ่งชี้การเกิดพฤติกรรมของแต่ละทักษะ โดยแทรกเป็นตัวอย่างลงในเนื้อหาทั้ง 3 ตอน

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมทางไกลแบบกลุ่ม ทำการทดสอบกับครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 6 คน ปรากฏผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมทางไกลแบบกลุ่ม

ช่วงเวลา	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระหว่างการใช้ชุดฝึกอบรม	6	71.59
หลังการใช้ชุดฝึกอบรม	6	67.05

จากตารางที่ 2 พบว่า การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มของชุดฝึกอบรมทางไกล มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 71.59/67.05

หลังการทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม ผู้วิจัยสัมภาษณ์ผู้เข้ารับการทดสอบจำนวน 6 คน ผลการสัมภาษณ์สรุปได้ดังนี้

1. เนื้อหาในตอนที่ 1 ควรแสดงให้เห็นตัวอย่างคำถามที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน เพิ่มเติมตัวอย่างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน และตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับลักษณะข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์

2. ในกิจกรรมหลังการศึกษาชุดฝึกอบรมทางไกลทั้ง 3 ตอน ควรปรับกิจกรรมบางกิจกรรมจากการให้
เขียนตอบแบบยาวเป็นการเขียนตอบสั้นๆ บ้าง เพื่อเป็นการจูงใจให้ตอบ

หลังจากการสัมภาษณ์ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงชุดฝึกอบรมทางไกล ดังนี้

1. เนื้อหาในตอนที่ 1 ได้เพิ่มตัวอย่างคำถามที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดย
การเพิ่มช่องตารางที่แสดงตัวอย่างคำถามที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน เพิ่มเติมตัวอย่าง
แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน และตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับลักษณะข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2. ปรับกิจกรรมหลังการศึกษาชุดฝึกอบรมทางไกลทั้ง 3 ตอน จากการให้เขียนตอบแบบยาวให้อยู่ใน
รูปการเติมคำตอบสั้นๆ ในบางคำถาม เพื่อเป็นการจูงใจให้ตอบ

การทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมทางไกลภาคสนาม โดยมีจำนวนผู้ร่วมในการทดลองภาคสนาม
จำนวน 30 คน ผลการทดสอบปรากฏดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมทางไกลภาคสนาม

ช่วงเวลา	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระหว่างการใช้ชุดฝึกอบรม	30	80.98
หลังการใช้ชุดฝึกอบรม	30	79.09

การหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมทางไกล วัดจากการทำกิจกรรมหลังการศึกษาชุดฝึกอบรมทางไกล
หลังจากผู้เข้ารับการอบรมศึกษาชุดฝึกอบรมทางไกลตอนที่ 1 ตอนที่ 2 และ ตอนที่ 3 เสร็จสิ้นลง พบว่าร้อยละของ
คะแนนระหว่างการศึกษาฝึกอบรมคิดเป็นร้อยละ 80.98 เมื่อผู้เข้ารับการอบรมศึกษาและทำกิจกรรมในชุดฝึกอบรมครบ
ทั้ง 3 ตอนแล้ว ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความสามารถเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี ให้ผู้เข้ารับการอบรมทำ พบว่าคะแนนที่ได้
จากแบบทดสอบหลังการใช้ชุดฝึกอบรมคิดเป็นร้อยละ 79.09

นอกจากนี้ ข้อมูลจากการอบรมทางไกลยังสะท้อนถึงการปรับปรุงชุดฝึกอบรมทางไกลต่อไป ดังนี้

1) ควรมีการปรับปรุงชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การพัฒนาความสามารถด้านการวัดและประเมินผลทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี โดยให้ภาษาที่ใช้มีความ
ชัดเจนและเข้าใจง่ายมากขึ้น

2) ควรมีการปรับปรุงชุดฝึกอบรมทางไกล ให้เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับกิจกรรมตามที่กำหนดให้
ทำมากขึ้น

3) ควรมีการปรับปรุงชุดฝึกอบรมทางไกล ให้มีความสอดคล้องสัมพันธ์กันของเนื้อหาของแต่ละตอนมีความเหมาะสมมากขึ้น

4) ควรมีการสั่งการบ้านให้ผู้เข้ารับการอบรมสร้างเครื่องมือวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เทคนิควิธีที่ใช้วัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ทุกเทคนิควิธี ได้แก่ การใช้แบบทดสอบแบบเขียนตอบ การสังเกตพฤติกรรมขณะทำปฏิบัติการ การตรวจจากรายงานผลการทำปฏิบัติการ และการสอบภาคปฏิบัติ ที่ใช้ในการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ มาส่งเมื่อมาร่วมกิจกรรมการอบรมแบบเผชิญหน้า และวิทยากรนำวิพากษ์การบ้านดังกล่าว

ตอนที่ 2 ความสามารถในการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรีระหว่างก่อนและหลังการใช้ชุดฝึกอบรม

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยกับกลุ่มทดลองที่เป็นครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา โดยทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี ของกลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังการใช้ชุดฝึกอบรมทางไกล ปรากฏผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี ก่อนและหลังการใช้ชุดฝึกอบรมทางไกล

ช่วงเวลา	n	\bar{X}	S.D.	\bar{d}	Sd	t	Sig.
ก่อนใช้ชุดฝึกอบรม	30	9.47	3.76	25.33	3.07	45.252	.000
หลังใช้ชุดฝึกอบรม	30	34.80	1.95				

ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากการทดสอบความสามารถเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี ก่อนการใช้ชุดฝึกอบรมทางไกล เท่ากับ 9.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.76 ค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากการทดสอบความสามารถหลังการใช้ชุดฝึกอบรมทางไกล เท่ากับ 34.80 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.95 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากการทดสอบความสามารถก่อนและหลังการใช้ชุดฝึกอบรมทางไกล พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความสามารถเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังใช้ชุดฝึกอบรมทางไกลสูงกว่าก่อนใช้ชุดฝึกอบรมทางไกลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ความพึงพอใจเกี่ยวกับชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การพัฒนาความสามารถด้านการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี

ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม เรื่อง การพัฒนาความสามารถด้านการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี ปรากฏผลดังตารางที่ 5

การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อเอกสารชุดฝึกอบรมทางไกล ปรากฏดัง
ตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความหมายเกี่ยวกับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อ
เอกสารชุดฝึกอบรมทางไกล

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ความหมาย
ตอนที่ 1 ลักษณะข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์	4.53	0.51	มากที่สุด
1. เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับผู้ศึกษา	4.67	0.48	มากที่สุด
2. เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับกิจกรรมตามที่กำหนดให้ ทำ	4.47	0.57	มาก
3. การลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหาที่มีความเหมาะสม	4.50	0.51	มากที่สุด
4. ภาษาที่ใช้มีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.40	0.50	มาก
5. เนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับระยะเวลาในการศึกษาชุดฝึก อบรม	4.63	0.49	มากที่สุด
ตอนที่ 2 พฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้านทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	4.57	0.56	มากที่สุด
1. เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับผู้ศึกษา	4.77	0.50	มากที่สุด
2. เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับกิจกรรมตามที่กำหนดให้ ทำ	4.47	0.57	มาก
3. การลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหาที่มีความเหมาะสม	4.57	0.57	มากที่สุด
4. ภาษาที่ใช้มีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.47	0.63	มาก
5. เนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับระยะเวลาในการศึกษาชุดฝึก อบรม	4.60	0.50	มากที่สุด
ตอนที่ 3 เทคนิควิธีที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	4.57	0.50	มากที่สุด
1. เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับผู้ศึกษา	4.63	0.49	มากที่สุด
2. เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับกิจกรรมตามที่กำหนดให้ ทำ	4.43	0.50	มาก

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ความหมาย
3. การลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหาที่มีความเหมาะสม	4.60	0.50	มากที่สุด
4. ภาษาที่ใช้มีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.60	0.50	มากที่สุด
5. เนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับระยะเวลาในการศึกษาชุดฝึก อบรม	4.60	0.50	มากที่สุด
ภาพรวมของชุดฝึกอบรม	4.52	0.50	มากที่สุด
1. เนื้อหาสาระของชุดฝึกอบรมทางไกลมีประโยชน์ต่อการ ปฏิบัติงานของครูวิทยาศาสตร์	4.60	0.50	มากที่สุด
2. ความสอดคล้องสัมพันธ์กันของเนื้อหาของแต่ละตอนมี ความเหมาะสม	4.43	0.50	มาก
3. กิจกรรมหลังการศึกษามีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.53	0.51	มากที่สุด
เฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.55	0.52	มากที่สุด

จากตารางที่ 5 พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อเอกสารชุดฝึกอบรมทางไกลในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.55$) เมื่อพิจารณารายตอน พบว่า ทุกตอนมีความพึงพอใจต่อเอกสารชุดฝึกอบรมทางไกลอยู่ในระดับมากที่สุด และเมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ข้อที่มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด คือ 1) เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับผู้ศึกษา 2) การลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหาที่มีความเหมาะสม 3) เนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับระยะเวลาในการศึกษาชุดฝึกอบรม ส่วนข้อที่เหลือมีความพึงพอใจในระดับมาก เมื่อพิจารณาภาพรวมของชุดฝึกอบรม พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อภาพรวมของชุดฝึกอบรมในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ข้อที่มีความพึงพอใจมากที่สุด คือ เนื้อหาสาระของชุดฝึกอบรมทางไกลมีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานของครูวิทยาศาสตร์ ($\bar{X} = 4.60$) รองลงมา คือ กิจกรรมหลังการศึกษามีความชัดเจนและเข้าใจง่าย ($\bar{X} = 4.53$)

อภิปรายผล

ผู้วิจัยเสนอการอภิปรายผลใน 3 ประเด็น คือ การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมทางไกล การใช้ชุดฝึกอบรมทางไกล และความพึงพอใจเกี่ยวกับชุดฝึกอบรมทางไกล ดังต่อไปนี้

1. การพัฒนาและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมทางไกล

1.1 การพัฒนาชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี ชุดฝึกอบรมทางไกลที่พัฒนาขึ้น มีขั้นตอนในการพัฒนาที่สอดคล้องกับการสร้างชุดฝึกอบรมของ ชัยขงค์ พรหมวงส์ (2537) และ นิพนธ์ สุขปริดี (2547) คือ มีการวิเคราะห์เนื้อหา กำหนดหัวข้อเรื่อง แนวคิด วัตถุประสงค์ กิจกรรม การประเมิน การทดสอบประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมและ

ปรับปรุงชุดฝึกอบรม สำหรับองค์ประกอบของเอกสารชุดฝึกอบรมที่พัฒนาขึ้นสอดคล้องกับนิพนธ์ สุขปริดี (2547 : 154-157) ซึ่งกล่าวว่า องค์ประกอบของชุดฝึกอบรมทางไกล ประกอบด้วย (1) คู่มือการฝึกอบรม (2) สื่อที่ใช้ในการฝึกอบรม (3) กิจกรรมในชุดฝึกอบรมทางไกล และ (4) การประเมินในชุดฝึกอบรมทางไกล และภายในชุดฝึกอบรมประกอบด้วย เนื้อหาสาระและแผนภาพประกอบ จำนวน 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 ลักษณะข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตอนที่ 2 พฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ ตอนที่ 3 เทคนิควิธีที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีคำอธิบายที่เป็นความรู้เชิงหลักการและนำเสนอตัวอย่างแนวทางในการปฏิบัติ เช่น ตัวอย่างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับตัวบ่งชี้พร้อมเกณฑ์การประเมินแบบรูบริกที่ละเอียดและคำอธิบายในตอน 1, 2 และ 3 และ กิจกรรมหลังการศึกษาชุดฝึกอบรมทางไกล ตอนที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดในการพัฒนาชุดฝึกอบรมของ นิพนธ์ สุขปริดี (2547 : 179) ที่เสนอว่า การออกแบบสื่อการฝึกอบรมเนื้อหาที่นำเสนอต้องกระชับ ชัดง่ายต่อการเข้าใจ และเมื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเนื้อหาสาระของชุดฝึกอบรมทางไกล ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นสอดคล้องกันว่า การจัดลำดับเนื้อหาสาระของชุดฝึกอบรมทางไกลมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องและสอดคล้องกันเป็นลำดับ โดยนำเสนอลักษณะข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในตอน 1 พฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในตอน 2 แล้วจึงนำเสนอเทคนิควิธีที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งตัวอย่างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับตัวบ่งชี้พร้อมเกณฑ์การประเมินแบบรูบริกที่ละเอียดและคำอธิบาย ซึ่งผู้ใช้ชุดฝึกอบรมทางไกลสามารถศึกษาได้ด้วยตนเองและนำไปทดลองปฏิบัติในการสร้างเครื่องมือวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 การหาประสิทธิภาพใช้ชุดฝึกอบรมทางไกล พบว่า กลุ่มตัวอย่างสามารถศึกษาเอกสารชุดฝึกอบรมทางไกลและทำกิจกรรมหลังการศึกษาชุดฝึกอบรมแต่ละตอนได้ด้วยตนเอง ก่อให้เกิดความสามารถเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งเห็นได้จากผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมทางไกลซึ่งมีประสิทธิภาพ 80.98/79.09 สอดคล้องกับความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจสอบคุณภาพชุดฝึกอบรมทางไกลก่อนนำไปทดลองใช้ ที่มีความเห็นว่าชุดฝึกอบรมทางไกลมีเนื้อหาสาระและกิจกรรมหลังการศึกษาชุดฝึกอบรมแต่ละตอนที่นำเสนอ ตลอดจนรูปแบบการจัดพิมพ์และองค์ประกอบที่เหมาะสม

จากผลการสัมภาษณ์ผู้ร่วมการทดสอบหาประสิทธิภาพแบบเดี่ยวและแบบกลุ่ม พบว่า ผู้ร่วมการทดสอบต้องการให้ชุดฝึกอบรมทางไกลมีตัวอย่างที่ชัดเจน ดังเห็นได้จากการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว ผู้ร่วมการทดสอบระบุให้มีตัวอย่างเกี่ยวกับข้อสอบที่วัดด้านการดำเนินการ ด้านการวิเคราะห์และแปลความหมาย และด้านการนำไป และให้เพิ่มตัวอย่างการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เห็นความสอดคล้องกับตัวบ่งชี้การเกิดพฤติกรรมของแต่ละทักษะ เนื่องจากผู้เข้าร่วมการทดสอบเป็นครูผู้สอนวิทยาศาสตร์อยู่แล้ว การได้เห็นตัวอย่างข้อสอบที่ชัดเจนมากขึ้น ทำให้สามารถประยุกต์หลักการและตัวอย่างเพื่อใช้ในการสร้างเครื่องมือวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในการทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม ผู้ร่วมการทดสอบระบุให้เพิ่มเติมตัวอย่างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน และตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับลักษณะข้อสอบวัดพฤติกรรมด้าน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้มีการเสนอให้ปรับเนื้อหาในตอนที่ 1 ตอนที่ 2 และ ตอนที่ 3 ให้มีตัวอย่าง
ข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น

2. การใช้ชุดฝึกอบรมทางไกลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความสามารถเกี่ยวกับการวัดและ
ประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังใช้ชุดฝึกอบรมทางไกลสูงกว่าก่อนใช้ชุดฝึกอบรมทางไกลอย่าง
มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองใช้ชุดฝึกอบรมของสุจินต์ วิสุทธิรานนท์ และคณะ
(2554) ดวงเดือน พินสุวรรณ (2557) พัชรี ผลโยธิน และคณะ (2548) จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2555) และศันสนีย์
สังสรรค์อนันต์ (2558) ที่ได้พัฒนาชุดฝึกอบรมขึ้นและนำไปทดลองใช้แล้วพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ความเข้าใจ
เกี่ยวกับเนื้อหาที่นำเสนอในชุดฝึกอบรมหลังการใช้ชุดฝึกอบรมสูงกว่าก่อนการใช้ชุดฝึกอบรม ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก
เอกสารชุดฝึกอบรมทางไกลประกอบด้วยเนื้อหาสาระเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญซึ่งถูกจัดเรียงลำดับความสัมพันธ์ไว้อย่างเหมาะสม มีตัวอย่างประกอบและแบบฝึกหัด
ซึ่งมีแนวคำตอบที่ชัดเจนทำให้เข้าใจได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพิ่มเติม ทำให้กลุ่มตัวอย่าง
ได้รับความรู้เพิ่มเติมจากการฟังบรรยาย การซักถามวิทยากร และการอภิปรายร่วมกันระหว่างผู้เข้าร่วมอบรมเชิง
ปฏิบัติการ

3. ความพึงพอใจเกี่ยวกับชุดฝึกอบรมทางไกล ผู้ใช้ชุดฝึกอบรมทางไกลมีความพึงพอใจเกี่ยวกับเนื้อหา
สาระมีความเหมาะสมกับผู้ศึกษา และภาษาที่ใช้มีความชัดเจนและเข้าใจง่ายในระดับมาก และมีความพึงพอใจ
เกี่ยวกับเนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับกิจกรรมตามที่กำหนดให้ทำ การลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหา มีความ
เหมาะสม และเนื้อหามีความเหมาะสมกับระยะเวลาในการศึกษาชุดฝึกอบรมในระดับมากที่สุด เกี่ยวกับภาพรวม
ของชุดฝึกอบรมทางไกล กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดในเรื่อง เนื้อหาสาระของชุดฝึกอบรม
ทางไกลมีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานของครูวิทยาศาสตร์ และกิจกรรมหลังการศึกษามีความชัดเจนและเข้าใจง่าย
และมีความพึงพอใจเกี่ยวกับความสอดคล้องสัมพันธ์กันของเนื้อหาของแต่ละตอนมีความเหมาะสมในระดับมาก
ผู้ใช้ชุดฝึกอบรมทางไกลมีความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึกอบรมทางไกลในภาพรวมและรายตอนอยู่ในระดับมากที่สุด
ที่เป็นเช่นนี้เพราะเนื้อหาในชุดฝึกอบรมทางไกลมีรายละเอียดเกี่ยวกับความสามารถที่บ่งชี้ว่าผู้เรียนเกิดทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และตัวอย่างคำถามที่วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนรายทักษะ
ครบถ้วนทั้ง 13 ทักษะ ซึ่งครูวิทยาศาสตร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้

ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาและทดลองใช้ชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การพัฒนาความสามารถด้านการวัดและ
ประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี มี
ข้อเสนอแนะ 2 ประการ คือ ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงชุดฝึกอบรมทางไกลและข้อเสนอแนะในการนำ
ผลการวิจัยไปใช้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ผู้ใช้ชุดฝึกอบรมทางไกลควรศึกษาชุดฝึกอบรมด้วยตนเองอย่างละเอียดจนเข้าใจแนวทางการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาจังหวัดนนทบุรี ก่อนที่จะนำไปใช้เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.2 ผู้ใช้ชุดฝึกอบรมทางไกลควรใช้เทคนิควิธีที่ใช้ในการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้ครบทุกเทคนิควิธีเพื่อวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ทั้ง 13 ทักษะ โดยใช้ตัวอย่างในชุดฝึกอบรมในการสอบเก็บคะแนนในชั้นเรียนตามปกติ

1.3 ผู้ใช้ชุดฝึกอบรมทางไกลควรใช้เวลาในการศึกษาชุดฝึกอบรม 1-3 เดือน เพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ตอน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดฝึกอบรมทางไกลเพื่อพัฒนาทักษะการวัดและประเมินผลทักษะอื่นๆ ที่มีการเน้นในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา เช่น ทักษะการสืบเสาะหาความรู้ เป็นต้น

2.2 ควรมีการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดฝึกอบรมทางไกลที่ใช้สื่อเสริมอื่นๆ เช่น e-Learning เพื่อเสริมการใช้สื่อสิ่งพิมพ์เป็นสื่อหลัก และศึกษาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมทางไกลดังกล่าว

2.3 ควรมีการวิจัยติดตามผลการนำความรู้ความเข้าใจและทักษะการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในชั้นเรียน

บรรณานุกรม

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2555). การพัฒนาชุดฝึกอบรมทางไกลเรื่องการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเปลี่ยนแปลง มโนคติสำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นฝนกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 5(1), 13-25.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2537). หน่วยที่ 9 วิธีการและสื่อการฝึกอบรมแบบการพัฒนาโครงการจากกรณีงาน. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการฝึกอบรม*. หน่วยที่ 8-15 (น. 45-102). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*, 5(1), 7-19.

ดวงเดือน พินสุวรรณ. (2557). การพัฒนาชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง การสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาในกรุงเทพและปริมณฑล. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 7(1), 78-92.

นิพนธ์ สุขปริดี. (2547). หน่วยที่ 11 ชุดฝึกอบรม ใน *เอกสารการสอนชุดวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการฝึกอบรม* หน่วยที่ 8-15 (น. 147-197) นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

- พัชรี ผลโยธิน และคณะ. (2548). “รายงานการวิจัย เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมทางไกล เรื่อง นวัตกรรม
จัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์” โครงการได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัย
แห่งชาติ. เอกสารอัดสำเนา.
- สันสนีย์ สังสรรค์อนันต์. (2558). การพัฒนาชุดฝึกอบรมทางไกล เรื่อง อุทกภัยจากน้ำป่า สำหรับโรงเรียนเขตพื้นที่
การศึกษาประถมศึกษาแพร่ เขต 2. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 8(1), 72 – 83.
- สุจินต์ วิสุทธิรานนท์ และคณะ. (2554). การพัฒนาชุดฝึกอบรมทางไกลในการพัฒนาสมรรถนะครู ด้านการจัดการ
เรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โครงการได้รับทุน
สนับสนุนจากมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. เอกสารอัดสำเนา.
- สมคิด พรหมจ้อย. (2557). หน่วยที่ 13 สถานภาพและปัญหาของการวัดและการประเมินผลการเรียนการสอน
วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 2).
นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*.
กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.