

การสำรวจสภาพการเรียนการสอนเรื่องเสียง ในโรงเรียนระดับ
มัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดตรัง
Exploring the State of Teaching and Learning about Sound in
Higher Secondary Schools in Trang

ลือชา ลดาชาติ (Luecha Ladachart)^{1*}
วรรณทิพา รอดแรงคำ (Vantipa Roadrangka)²

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจสภาพการเรียนการสอนเรื่องเสียง ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษাত্রัง เขต 1 และ 2 กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยครูฟิสิกส์ที่สอนเรื่องเสียงจำนวน 28 คน เครื่องมือวิจัยคือแบบสอบถามการปฏิบัติการสอนของครูซึ่งประกอบด้วย ภูมิหลังของครู หลักสูตร วิธีสอน พฤติกรรมการสอน สื่อและแหล่งเรียนรู้ วิธีวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ปัญหาและความต้องการของครู ผู้วิจัยได้รับแบบสอบถามคืนจำนวน 17 ชุด และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาความถี่ของคำตอบของครู ผลการวิจัยพบว่า ครูส่วนใหญ่มีวุฒิตำแหน่งครูชั้นปริญญาตรีในสาขาฟิสิกส์ จัดการเรียนการสอนเรื่องเสียงครอบคลุมเนื้อหาตามโครงสร้างหลักสูตรเดิม ใช้วิธีสอน สื่อและแหล่งเรียนรู้ วิธีวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่หลากหลาย อย่างไรก็ตามวิธีสอนแบบบรรยายเป็นวิธีสอนหลัก ครูส่วนใหญ่ใช้สื่อสิ่งพิมพ์ อุปกรณ์การทดลองอย่างง่าย ห้องสมุดและอินเทอร์เน็ตเป็นสื่อและแหล่งเรียนรู้ ครูส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังด้านความรู้ และใช้แบบฝึกหัดและแบบทดสอบในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ครูบางส่วนระบุถึงการขาดทักษะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและการขาดแคลนอุปกรณ์การทดลองเป็นอุปสรรคสำคัญในการสอนเรื่องเสียง

Abstract

The objective of this survey was to explore the state of teaching and learning about sound in higher secondary schools in Trang Educational Service Area Offices 1 and 2. The subjects were 28 physics teachers who taught about sound. The instrument was a Teacher Teaching Practice Questionnaire which included teachers' background, curricular context, teaching methods, instructional behavior, learning materials and resources, measurement and evaluation, and teachers' needs and problems. Seventeen questionnaires were returned. Data were analyzed to determine frequencies of teachers' responses. The results showed that a majority of teachers had a bachelor degree related to physics, taught sound by covering content prescribed in the traditional curriculum, and used a variety of teaching methods, learning materials and resources, measurement and evaluation.

¹ โครงการผลิตนักวิจัยพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

* corresponding author, e-mail: ladachart@gmail.com

The lecture approach, however, was the most dominant teaching method. Most teachers used hardcopy, simple experimental equipment, library and internet as learning materials and resources. Most teachers regarded science knowledge as the most important learning outcome and used assignments and tests to measure and evaluate student learning. Some teachers referred to the students' lack of mathematic skills and the lack of equipment as the primary obstacles in their teaching of sound.

คำสำคัญ: การเรียนการสอน, เสียง, โรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

Key words: teaching and learning, sound, higher secondary school

บทนำ

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ.2545) (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545) ได้กำหนดแนวทางในการจัดการศึกษาว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถในการเรียนรู้ สามารถพัฒนาตนเองได้ และเป็นผู้ที่มีความสำคัญที่สุดในการจัดการศึกษา ดังนั้นการจัดการศึกษาจะต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองตามศักยภาพและเต็มความสามารถ ด้วยเหตุนี้โรงเรียนควรพัฒนาหลักสูตรที่สอดคล้องกับความต้องการ ความสนใจ ความสามารถ และบริบทของผู้เรียน ครูควรทำวิจัยเพื่อพัฒนาการสอนของตนเองอย่างต่อเนื่อง และชุมชนควรเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการศึกษา

การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ถือเป็นเป้าหมายหนึ่งของการจัดการศึกษา ตามมาตรฐานหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2545: 24) เสียงถูกจัดเป็นแนวคิดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับนักเรียน เมื่อสำเร็จการศึกษาขั้นพื้นฐานแล้ว นักเรียนควรสามารถ “ทดลอง อภิปราย และอธิบายได้ว่าเสียงเกิดจากการสั่นของวัตถุ เสียงเคลื่อนที่ได้ต้องอาศัยตัวกลาง เสียงสูงเสียงต่ำขึ้นอยู่กับความถี่ในการสั่นของแหล่งกำเนิด เสียงดังมีพลังงานมากกว่าเสียงเบา เมื่อฟังเสียงดังมากๆ และฟังเป็นเวลานานจะเป็นอันตรายต่อหู” และสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ ความยาวคลื่น และอัตราเร็วของเสียง “สำรวจ ตรวจสอบ และอธิบายการเคลื่อนที่ของเสียง ความเข้มของเสียง การ

ได้ยิน คุณภาพของเสียง มลภาวะของเสียงที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์”

อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยหลายชิ้นซึ่งศึกษาแนวคิดเรื่องเสียงของผู้เรียนทั้งในระดับมัธยมศึกษา และระดับอุดมศึกษารายงานว่า ผู้เรียนเหล่านี้ยังมีปัญหาในการเรียนเรื่องเสียง ในกรณีของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา อภิสิทธิ์ และคณะ (2549) รายงานว่า นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเรื่องเสียง เช่น อัตราเร็วเสียงขึ้นอยู่กับความถี่และความยาวคลื่น และเสียงเป็นคลื่นตามขวาง เป็นต้น เช่นเดียวกับนักศึกษาในระดับอุดมศึกษา ขจรศักดิ์ และคณะ (2548) และ สุรัชย์ และคณะ (2547) พบว่า นักศึกษามีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือความเข้าใจเพียงบางส่วนในหลายแนวคิดเรื่องเสียง เช่น การเดินทางของเสียง ความถี่ธรรมชาติของเสียง อัตราเร็วเสียง บีตส์ และปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ ด้วยเหตุนี้ นักการศึกษาหลายท่านจึงได้พยายามคิดค้น พัฒนา วิจัยวิธีการต่างๆ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องเสียงของนักเรียนในทุกระดับการศึกษา เช่น การใช้ชุดสาธิตปรากฏการณ์เสียง (สุรัชย์ และคณะ, 2547) ชุดการทดลองอย่างง่าย (Tongchai et al., 2006) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ประวิทย์, 2536) และชุดการสอน (รัชนิย์, 2535) เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนการสอนตามแนวปฏิรูปการศึกษาไม่ใช่เรื่องง่าย ครูอาจจะประสบปัญหาในการจัดกิจกรรมการสอนภายใต้บริบทที่ซับซ้อนและจำกัดในโรงเรียน (พินิจ และคณะ, 2550) ดังนั้น การเตรียมและพัฒนาสื่อการสอนสำหรับครูเพียงอย่างเดียวนั้นอาจไม่เพียงพอ ครูอาจต้องการความช่วยเหลือ

ในการจัดการกับปัญหาทางการสอนที่แตกต่างและหลากหลาย ดังนั้นเพื่อช่วยเหลือและส่งเสริมครูผู้สอนได้อย่างมีประสิทธิภาพและตรงประเด็น การสำรวจสภาพการเรียนการสอนรวมทั้งปัญหาและความต้องการของครูจึงเป็นสิ่งจำเป็น ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะทราบถึงสภาพการเรียนการสอนเรื่องเสียง ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและช่วยเหลือครูผู้สอน และส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนเรื่องเสียงต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจสภาพการเรียนการสอนเรื่องเสียง ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดศรีสะเกษ ในปีการศึกษา 2549

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจเพื่อศึกษาสภาพการเรียนการสอนเรื่องเสียง ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานพื้นที่การศึกษาจังหวัดศรีสะเกษ 1 จำนวน 16 โรงเรียน ซึ่งประกอบด้วยโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ (นักเรียน 1,500 คนขึ้นไป) 4 โรงเรียน โรงเรียนขนาดใหญ่ (นักเรียน 601 - 1,500 คน) 7 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดกลาง (นักเรียน 121 - 600 คน) 5 โรงเรียน และโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดศรีสะเกษ 2 จำนวน 12 โรงเรียน ซึ่งประกอบด้วยโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 3 โรงเรียน โรงเรียนขนาดใหญ่ 5 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดกลาง 4 โรงเรียน รวมโรงเรียนทั้งสิ้น 28 โรงเรียน โดยสภาพการเรียนการสอนเรื่องเสียงในงานวิจัยนี้ครอบคลุมภูมิหลังของครู หลักสูตร วิธีสอน พฤติกรรมการสอน สื่อและแหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผล การเรียนรู้ ปัญหาและความต้องการของครูผู้สอน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยนี้คือครูผู้สอนเรื่องเสียง ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในทุกโรงเรียน

สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดศรีสะเกษ 1 และ 2 โดยผู้วิจัยส่งแบบสอบถาม 1 ฉบับไปยังแต่ละโรงเรียน และขอให้ผู้บริหารโรงเรียนเป็นผู้คัดเลือกครู 1 คน เป็นผู้ตอบแบบสอบถาม

เครื่องมือที่ใช้วิจัย

แบบสอบถามการปฏิบัติการสอนของครูซึ่งพัฒนาโดยผู้วิจัยประกอบด้วย 2 ส่วนคือ (1) ภูมิหลังของครู และ (2) สภาพการเรียนการสอนเรื่องเสียง ในส่วนที่สองของแบบสอบถามนั้น ผู้วิจัยสำรวจหลักสูตรที่ครูใช้สอน วิธีสอน พฤติกรรมการสอน สื่อและแหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ปัญหาและความต้องการของครู ผู้วิจัยใช้รูปแบบคำถามที่หลากหลาย เช่น แบบสำรวจรายการ แบบมาตราวัดตามวิธีการของไลเกอร์ท และแบบปลายเปิด

ในกระบวนการพัฒนาแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัย ตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้อง กำหนดรายการคำถาม และสร้างแบบสอบถามแบบสอบถามฉบับร่างถูกส่งให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์จำนวน 3 ท่าน ซึ่งประกอบไปด้วยนักวิทยาศาสตร์ศึกษา 2 ท่าน และครูฟิสิกส์ 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของข้อความและภาษาที่ใช้ หลังจากที่ได้แบบสอบถามผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับครูผู้สอนเรื่องเสียง ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 3 ท่านที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะทั้งจากผู้เชี่ยวชาญและครูผู้ตอบแบบสอบถามไปปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถาม จนกระทั่งได้แบบสอบถามที่พร้อมใช้จริง โดยผ่านความเห็นชอบจากผู้เชี่ยวชาญทั้งสามดังกล่าวแล้ว

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยส่งแบบสอบถามไปยังโรงเรียนทุกโรงเรียนในเขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดศรีสะเกษ 1 และ 2 โรงเรียนละ 1 ฉบับ โดยผู้วิจัยขอให้ผู้บริหารโรงเรียนเป็นผู้คัดเลือกครูผู้ตอบแบบสอบถามโรงเรียนละ

1 ท่าน และส่งแบบสอบถามกลับคืนผู้วิจัยทางไปรษณีย์ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลในระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2550 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ.2551

ผู้วิจัยได้รับแบบสอบถามคืนทั้งสิ้นจำนวน 17 ฉบับ จากโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 1 จำนวน 9 โรงเรียน และโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเขต 2 จำนวน 8 โรงเรียน อย่างไรก็ตาม ในจำนวน 11 โรงเรียนที่ผู้วิจัยไม่ได้รับแบบสอบถามคืน ประกอบด้วยโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 1 โรงเรียน โรงเรียนขนาดใหญ่ 5 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดกลาง 5 โรงเรียน นอกจากนี้ผู้วิจัยไม่ได้รับแบบสอบถามคืนจากโรงเรียนในอำเภอปะเหลียน อัตราการตอบแบบสอบถามคิดเป็นร้อยละ 61

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การหาค่าความถี่ของคำตอบของครู โดยแบ่งข้อมูลเป็น 4 หัวข้อคือ (1) ภูมิหลังของครู (2) หลักสูตรที่ครูใช้สอน (3) การปฏิบัติการสอนของครู และ (4) ปัญหาและความต้องการของครู ในการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติการสอนของครู ผู้วิจัยพิจารณาข้อมูล 4 ด้านคือ วิธีสอน พฤติกรรมการสอน สื่อและแหล่งเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ โดยผลการวิจัยจะถูกนำเสนอในลักษณะเช่นเดียวกันนี้

ผลการวิจัย

1. ภูมิหลังของครู

ครูที่ตอบแบบสอบถามมีทั้งหมด 17 คน (ชาย 8 คน และหญิง 9 คน) ครู 16 คนจบการศึกษาระดับปริญญาตรีในสาขาฟิสิกส์ โดยจบจากคณะวิทยาศาสตร์ 4 คน และจบจากคณะวิทยาศาสตร์ 12 คน ครู 1 คนจบการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาเอก

วิทยาศาสตร์ทั่วไป นอกจากนี้ ในจำนวนครู 4 คนที่จบการศึกษาจากคณะศึกษาศาสตร์ วิชาเอกฟิสิกส์ 2 คน จบการศึกษาระดับปริญญาโท ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และ 1 คน จบการศึกษาระดับปริญญาโท ด้านการบริหารการศึกษา

ครูทั้ง 17 คนประกอบไปด้วยข้าราชการครู 15 คน และครูอัตราจ้าง 2 คน มีประสบการณ์สอน 1-20 ปี อย่างไรก็ตามครูส่วนใหญ่ (7 คน) มีประสบการณ์สอนวิทยาศาสตร์ 1-5 ปี และครูส่วนใหญ่ (8 คน) มีประสบการณ์สอนเรื่องเสียง 1-5 ปี

ในช่วงปีการศึกษา 2548-2549 ครู 12 คนไม่เคยเข้าร่วมการพัฒนาวิชาชีพครู ขณะที่ครู 5 คนได้เข้าร่วมการพัฒนาวิชาชีพครูทางด้าน เนื้อหาวิทยาศาสตร์ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการทำวิจัยในชั้นเรียน ในช่วงสองปีการศึกษาดังกล่าว ครู 6 คนไม่ได้ทำวิจัยในชั้นเรียน ในขณะที่ครู 11 คนได้ทำวิจัยในชั้นเรียน เพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

ครู 16 คนมีภาระงานอื่นนอกเหนือจากการสอน เช่น การจัดสวัสดิการต่างๆ ให้แก่นักเรียน งานวิชาการ งานพัสดุ งานพัฒนาแผนงานและนโยบายโรงเรียน งานธุรการ การเงิน และประชาสัมพันธ์ เป็นต้น

2. หลักสูตร

โรงเรียนส่วนใหญ่ (15 โรงเรียน) สอนเรื่องเสียงในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ขณะที่อีก 2 โรงเรียนสอนเรื่องดังกล่าวในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 6 โดยทุกโรงเรียนสอนเรื่องเสียงซึ่งมีหัวข้อย่อยดังนี้ การเกิดเสียง การเดินทางของเสียง อัตราเร็วเสียง การสะท้อนของเสียง การหักเหของเสียง การแทรกสอดของเสียง การเลี้ยวเบนของเสียง บีตส์ คลื่นนิ่งของเสียง การสั่นพ้องของเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง ปฏิกิริยาการนำความร้อน คลื่นกระแทก หูและการได้ยิน และการใช้ประโยชน์ของเสียง

Table 1: Number of teachers spent an amount of time to teach each concept of sound.

Concepts of sound	Number of teachers spent time to teach each concept of sound		
	Lesser than 50 minutes	51-100 minutes	More than 100 minutes
Sound production	12	5	0
Sound propagation	11	6	0
Speed of sound	6	10	1
Reflection of sound	4	12	1
Refraction of sound	5	10	2
Interference of sound	6	9	2
Diffraction of sound	6	10	1
Beats of sound	6	8	3
Standing wave of sound	6	10	1
Resonance of sound	5	8	4
Sound intensity	3	13	1
Sound intensity level	2	13	2
The Doppler effect	3	12	2
Shock wave of sound	4	12	1
Ears and hearing	8	8	1
Uses of sound	7	7	3

เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องเสียงประมาณ 10-28 ชั่วโมง หัวข้อที่ครูส่วนใหญ่ใช้เวลาสอนน้อยกว่า 50 นาทีคือการเกิดเสียง (12 คน) รองลงมาคือการเดินทางของเสียง (11 คน) ส่วนหัวข้อที่ครูส่วนใหญ่ใช้เวลาสอนระหว่าง 51-100 นาที ได้แก่ ความเข้มเสียง (13 คน) ระดับความเข้มเสียง (13 คน) รองลงมาได้แก่ การสะท้อนของเสียง (12 คน) ปรากฏการณ์คอปเปอเรอร์ (12 คน) และคลื่นกระแทก (12 คน) สำหรับหัวข้อที่ครูส่วนใหญ่ (4 คน) ใช้เวลาสอนมากกว่า 100 นาทีคือการสั่นพ้องของเสียง รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1

3. การปฏิบัติการสอนของครู

3.1 วิธีสอน

ในการปฏิบัติการสอน ครูทั้ง 17 คน ใช้วิธีสอนที่หลากหลาย เช่น การบรรยาย การสาธิต การอภิปรายกลุ่ม การทดลอง และการให้นักเรียนศึกษาด้วยตัวเอง อย่างไรก็ตามครูใช้การบรรยายเป็นวิธีสอนหลัก โดยใช้สอนร่วมกับวิธีสอนอื่นๆ ครู 15 คนระบุว่าไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยการทำโครงการ มีครู 2 คนที่ให้นักเรียนทำโครงการเรื่องการใช้ประโยชน์ของเสียง รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

Table 2: Number of teachers who used teaching strategies in each concept of sound

Concepts of sound	Teaching strategies					
	Lecture	Demonstration	Group discussion	Doing experiment	Self-study	A project-based approach
Sound production	11	5	9	3	4	0
Sound propagation	13	5	7	1	4	0
Speed of sound	16	1	7	1	6	0

Table 2: Number of teachers who used teaching strategies in each concept of sound (cont.)

Concepts of sound	Teaching strategies					
	Lecture	Demonstration	Group discussion	Doing experiment	Self-study	A project-based approach
Reflection of sound	11	7	8	8	7	0
Refraction of sound	13	4	8	5	10	0
Interference of sound	11	8	8	9	8	0
Diffraction of sound	12	5	8	2	10	0
Beats of sound	13	3	6	9	6	0
Standing wave of sound	12	8	7	10	5	0
Resonance of sound	12	6	9	11	5	0
Sound intensity	16	2	9	0	6	0
Sound intensity level	16	2	7	0	7	0
The Doppler effect	15	4	8	2	4	0
Shock wave of sound	14	2	9	2	5	0
Ears and hearing	13	0	9	0	9	0
Uses of sound	10	0	8	0	11	2

3.2 พฤติกรรมการสอน

จากตารางที่ 3 พบว่า พฤติกรรมการสอนที่ครูส่วนใหญ่ทำเป็นประจำคือ ถามคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับเนื้อหาที่สอน (7 คน) ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตัวเอง (7 คน) และทบทวนความรู้พื้นฐานก่อนสอนหัวข้อใหม่ (7 คน) พฤติกรรมที่ครูส่วนใหญ่ทำบ่อยครั้งคือ ถามคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับเนื้อหาที่สอน (7 คน) ส่งเสริมให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกัน (7 คน) และ

อนุญาตให้นักเรียนถามคำถาม (7 คน) สำหรับพฤติกรรมการสอนที่ครูส่วนใหญ่ทำบางครั้งคือ ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม (7 คน) และจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับความสนใจ ความต้องการและความสามารถของผู้เรียน (7 คน) ส่วนพฤติกรรมที่ครูส่วนใหญ่ทำน้อยครั้งหรือไม่เคยทำเลยคือ เชิญบุคลากรในท้องถิ่นมามีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอน (7 คน และ 10 คน ตามลำดับ) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3

Table 3: Number of teachers relating the degree of their instructional behaviors

Instructional behavior	How often they have been used*				
	0	1	2	3	4
Ask students questions to let them think about the content being taught	0	0	3	7	7
Provide students to practice by themselves	0	1	3	6	7
Review basic knowledge when teaching a new concept	0	2	3	5	7
Foster students to link the content being taught to students' real life experiences	0	0	5	6	6
Foster students to link their prior knowledge to the content being taught	0	0	6	5	6
Encourage students to discuss together about the content being taught	0	1	5	7	4
Allow students to ask questions if they want	1	0	5	7	4
Explore students' prior knowledge before teaching	1	4	4	5	3
Let students to work together as a group	0	1	7	6	3

Table 3: Number of teachers relating the degree of their instructional behaviors (cont.)

Instructional behavior	How often they have been used*				
	0	1	2	3	4
Provide learning activities regarding to students' interest, need, and capability	1	2	7	6	1
Inform students learning objectives before teaching	1	2	6	3	5
Integrate the content being taught into other contents	1	4	6	5	1
Foster students to acquire knowledge from local resources	1	5	5	2	4
Invite local community personnel to participate in instructional processes	10	7	0	0	0

* : 0 = never ; 1 = rarely; 2 = sometimes; 3 = often; 4 = always

3.3 สื่อและแหล่งเรียนรู้

ครูใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่ สื่อสิ่งพิมพ์ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์การทดลอง และแหล่งเรียนรู้ในโรงเรียน ครู 14 คนเตรียมใบความรู้หรือใบงานประกอบการสอน ครู 13 คนใช้หนังสือของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครู 15 คนใช้อินเตอร์เน็ตเป็นสื่อการสอน ครู 14 คนใช้สปริง ครู 12 คนใช้สื่อเสียง ครู 11 คนใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณ ลำโพง และหลอดกำเนิด นอกเหนือครู 16 คนใช้ห้องทดลองและห้องสมุดเป็นแหล่งเรียนรู้สำหรับนักเรียน อย่างไรก็ตาม ครู 3 คนใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครู 2 คนใช้เครื่องวัดระดับความเข้มเสียง ครู 1 คนใช้ชุดการทดลองกระดิ่งในครอบแก้ว และมีครู 1 คนใช้แหล่งการเรียนรู้ในท้องถิ่น

3.4 การวัดและการประเมินผล

การวัดและประเมินผลโดยพิจารณาจากผลการเรียนรู้ที่คาดหวังพบว่า ครูทั้งหมดให้ความสำคัญกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังด้านเจตคติ (Attitude: A) น้อยกว่าด้านความรู้ (Knowledge: K) และด้านกระบวนการ (Process: P) ครู 12 คนให้ความสำคัญกับผลการเรียนรู้ด้านความรู้มากกว่าด้านกระบวนการ ขณะที่ครู 3 คนให้ความสำคัญกับผลการเรียนรู้ด้านความรู้เท่ากับด้านกระบวนการ โดยมีครู 2 คนคำนึงผลการเรียนรู้ด้านกระบวนการมากกว่าด้านความรู้

ส่วนวิธีวัดผลการเรียนรู้ที่ครูส่วนใหญ่ใช้พบว่า ครูทั้ง 17 คนใช้แบบฝึกหัดในหนังสือเรียน ครู 16 คนใช้แบบทดสอบที่สร้างขึ้นเอง ครู 15 คนวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนจากการส่งงาน ครู 14 คนพิจารณาการเข้าชั้นเรียนของนักเรียน ครู 13 คนตรวจสมุด

บันทึกของนักเรียน ครู 12 คนพิจารณารายงานการทดลองของนักเรียน ครู 11 คนให้นักเรียนทำรายงานการนำเสนอในชั้นเรียน และการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนของนักเรียน ครู 10 คนใช้การวัดผลภาคปฏิบัติ ครู 6 คนใช้แฟ้มสะสมงานของนักเรียน ครู 3 คนสัมภาษณ์นักเรียน และครู 2 คนให้นักเรียนทำโครงการวิทยาศาสตร์

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่า ครู 13 คนกำหนดเกณฑ์การประเมินด้วยตัวเอง ครู 10 คนใช้มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์เป็นเกณฑ์การประเมิน ครู 7 คนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดเกณฑ์การประเมิน และครู 3 คนให้นักเรียนกำหนดเกณฑ์การประเมินตัวเอง ส่วนการนำผลการประเมินไปใช้ ครู 12 คนรายงานว่าใช้ผลการประเมินเพื่อการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนและให้ผลย้อนกลับแก่นักเรียน ตลอดจนใช้ผลการประเมินเพื่อวินิจฉัยและปรับปรุงการสอนของตนเอง

4. ปัญหาและความต้องการของครู

เมื่อให้ครูระบุหัวข้อที่ครูเห็นว่ายากมากที่สุดในการจัดการเรียนการสอนพบว่า จากคำตอบทั้งหมดของครูจำนวน 38 คำตอบนั้น การสันนิษฐานของเสียงปรากฏการณ์คอปเปิลอร์ และระดับความเข้มเสียง เป็นหัวข้อที่ครูอ้างถึงมากที่สุด เป็นจำนวน 7, 6, และ 5 ครั้ง ตามลำดับ โดยครูให้เหตุผลว่า หัวข้อเหล่านี้เป็นเรื่องที่ยาก เพราะนักเรียนต้องอาศัยความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ในการเรียน และหัวข้อเหล่านี้เป็นเรื่องที่ยากในการทำการทดลองและสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ ครูระบุว่า การขาดอุปกรณ์การทดลองเป็นอุปสรรคในการจัดการเรียนการสอน

เมื่อให้ครูระบุหัวข้อที่ครูเห็นว่ายากน้อยที่สุดในการจัดการเรียนการสอน จากการวิเคราะห์คำตอบทั้งหมดของครูจำนวน 45 คำตอบพบว่า การเกิดเสียงหูและการได้ยิน การใช้ประโยชน์ของเสียง และการสะท้อนของเสียง เป็นหัวข้อที่ถูกอ้างถึงมากที่สุด เป็น

จำนวน 12, 7, 6, และ 6 ตามลำดับ โดยครูให้เหตุผลว่าหัวข้อเหล่านี้เป็นเรื่องง่ายต่อการทดลอง สาธิต และอธิบาย นอกจากนี้หัวข้อเหล่านี้สัมพันธ์โดยตรงกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน รายละเอียดดังปรากฏในตารางที่ 4

Table 4: Number of teachers' responses regarding to the most and the least difficult concepts of sound in helping students' learning

Concepts of sound	Number of teachers' responses	
	The most difficult concepts	The least difficult concepts
Sound production	1	12
Sound propagation	1	0
Speed of sound	1	2
Reflection of sound	0	6
Refraction of sound	1	0
Interference of sound	3	1
Diffraction of sound	2	1
Beats of sound	3	1
Standing wave of sound	3	1
Resonance of sound	7	3
Sound intensity	3	3
Sound intensity level	5	0
The Doppler effect	6	2
Shock wave of sound	1	0
Ears and hearing	0	7
Uses of sound	0	6
Unidentified	1	0
Total	38	45

อย่างไรก็ตาม เมื่อให้ระบุปัญหาในการจัดการเรียนการสอน ครู 11 คนระบุว่าไม่มีปัญหาในการจัดการเรียนการสอน ในทำนองเดียวกัน ครู 16 คนระบุว่าไม่มีปัญหาในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน มีครูส่วนน้อยระบุถึงปัญหาที่เกี่ยวข้องกับนักเรียน เช่น การขาดทักษะทางคณิตศาสตร์ พฤติกรรมก่อนวันขึ้นเรียน และการไม่ส่งงานตามเวลาที่กำหนดเป็นปัญหาในการเรียนการสอน นอกจากนี้ ครู 7 คนระบุว่าไม่มีปัญหาในการเตรียมการสอนและการจัดหาสื่อการสอน ขณะที่ครู 8 คนระบุว่า ปัญหาการขาดอุปกรณ์การทดลองเป็นอุปสรรคสำคัญในการเตรียมการสอน

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัยเมื่อพิจารณาในภาพรวม ผู้วิจัยพบว่า ครูผู้ตอบแบบสอบถามได้รับหลักการและแนวคิดของการปฏิรูปการศึกษาในระดับหนึ่ง กล่าวคือครูเหล่านี้ใช้วิธีสอน สื่อและแหล่งเรียนรู้ วิธวัดและประเมินผลที่หลากหลายในการส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องเสียงของนักเรียน นอกจากนี้ ครูยังระบุถึงการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับความต้องการ ความสนใจและความสามารถของผู้เรียน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในรายละเอียดทางด้านหลักสูตร วิธีสอน สื่อและแหล่ง

เรียนรู้ วิถีวัดและประเพณีผล ครูยังคงสอนในรูปแบบที่เคยปฏิบัติกันมาแต่เดิม นั่นคือ สอนโดยใช้วิธีการบรรยายเป็นหลัก

เมื่อพิจารณาที่หลักสูตร ครูมีแนวโน้มที่จะสอนตามโครงสร้างหลักสูตรเดิมที่มีการใช้ก่อนการปฏิรูปการศึกษา ซึ่งครอบคลุมทุกหัวข้อที่กำหนดไว้ในหนังสือเรียนของสำนักงานส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ความพยายามที่จะสอนทุกหัวข้อนี้สอดคล้องกับสิ่งที่ Dahsah และ Faikhanta (2008) ระบุไว้ว่า ครูยังขาดความเข้าใจในเรื่องการพัฒนาหลักสูตรและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แนวคิด “less is more” อาจเป็นเรื่องใหม่สำหรับครูในการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่มีโรงเรียนเป็นฐาน

ครูส่วนใหญ่ใช้เวลาสอนหัวข้อ การเกิดเสียงและการเดินทางของเสียงน้อยกว่าหัวข้ออื่นๆ เหตุผลที่เป็นไปได้คือว่า การเกิดเสียงและการเดินทางของเสียงเป็นหัวข้อพื้นฐานที่นักเรียนได้เรียนมาแล้วในระดับประถมศึกษา (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2545) ดังนั้นครูอาจคิดว่า นักเรียนในระดับมัธยมศึกษามีความพร้อมที่จะเรียนหัวข้ออื่นต่อไป อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่า แม้แต่ผู้เรียนในระดับอุดมศึกษายังมีโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องการเกิดเสียงและการเดินทางของเสียง (Linder, 1992) ดังนั้นครูผู้สอนจะต้องสำรวจความรู้นักเรียนในหัวข้อดังกล่าวอย่างระมัดระวัง เพื่อให้แน่ใจว่านักเรียนมีความรู้พื้นฐานเพียงพอในการเรียนหัวข้ออื่นๆ ต่อไป

เมื่อพิจารณาด้านวิธีสอน ถึงแม้ว่าครูใช้วิธีสอนที่หลากหลาย แต่การสอนแบบบรรยายยังคงเป็นวิธีสอนหลักของครู ข้อค้นพบบอกเป็นนัยว่า ครูยังคงเน้นการสอนโดยวิธีการอธิบายและการทำแบบฝึกหัดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากกว่าการส่งเสริมให้นักเรียนทำกิจกรรมคิดและปฏิบัติ (Hands-on Mind-on Activities) ครูต้องตระหนักว่า การสอนแบบบรรยายที่เน้นการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียวนั้นอาจทำให้นักเรียนเรียนด้วยการท่องจำ และนำไปสู่การมีโมเมนต์ที่คลาดเคลื่อนได้ (Linder, 1992) ด้วยเหตุนี้ครูจะต้องส่งเสริมให้นักเรียนเรียนเรื่องเสียง โดยการเรียนรู้ที่ประสบผลจริง เน้นความเข้าใจ และสามารถ

เชื่อมโยงสิ่งที่เรียนกับความรู้เดิมของตนเองได้ การให้นักเรียนทำโครงการวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชุมชนจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการสอนเรื่องเสียง

การสอนโดยเน้นการบรรยายของครูนั้นอาจจะสัมพันธ์กับปัญหาการขาดอุปกรณ์การทดลองของครู การขาดอุปกรณ์ทดลอง (เช่น เครื่องวัดระดับความเข้มเสียง และชุดทดลองกระดิ่งในกรอบแก้ว) เป็นอุปสรรคหนึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้รับประสบการณ์จริง เป็นไปได้ว่า ครูอาจจะใช้สื่อและแหล่งการเรียนรู้ที่มีอยู่ในโรงเรียน เช่น ห้องสมุด และอินเทอร์เน็ต เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนอุปกรณ์การทดลองดังกล่าว ดังนั้นการช่วยเหลือครูในการจัดหาและใช้สื่อการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญ (พิณี และคณะ, 2550)

นอกจากนี้ ครูบางส่วนได้สะท้อนถึงข้อจำกัดของตนเองในการจัดการเรียนการสอนเรื่องเสียง ซึ่งเกี่ยวข้องกับความรู้และทักษะทางด้านเนื้อหา เช่น “ขาดความรู้ในด้านทักษะกระบวนการคิดคำนวณ” ด้านการใช้สื่อ เช่น “ใช้อุปกรณ์บางอย่างไม่เป็น... เนื่องจากคู่มือการใช้เป็นภาษาอังกฤษ” และด้านการนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบที่นักเรียนสามารถเข้าใจได้ง่าย เช่น “ไม่สามารถหาวิธีการอธิบายให้นักเรียนเข้าใจ” เป็นต้น การขาดความรู้และทักษะเหล่านี้อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่จำกัดให้ครูใช้วิธีสอนแบบบรรยายเป็นหลัก ดังนั้นการส่งเสริมให้ครูได้พัฒนาความรู้ด้านเนื้อหา ด้านวิธีสอน และความรู้ทางด้านเนื้อหาผนวกวิธีสอน (pedagogical content knowledge) (Shulman, 1986) จึงเป็นเรื่องสำคัญ

เมื่อพิจารณาผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและวิถีวัดและประเมินผลของครู ผู้วิจัยพบว่าครูส่วนใหญ่เน้นผลการเรียนรู้ที่คาดหวังด้านความรู้ ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ญาณพัฒน์ และคณะ (2551) และสอดคล้องกับข้อค้นพบที่ว่า ครูสอนโดยเน้นการบรรยายและการทำแบบฝึกหัดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีครูบางคนเท่านั้นที่ใช้วิถีวัดและประเมินผลตามสภาพจริง ซึ่งสามารถใช้วัดและประเมินผลการเรียนรู้ด้านกระบวนการและเจตคติ เช่น การใช้แฟ้มสะสมงาน การสัมภาษณ์ และการทำโครงการ เป็นไป

ได้ว่า การวัดและการประเมินผลตามสภาพจริงเป็นสิ่งที่ค่อนข้างใหม่สำหรับครู ด้วยเหตุนี้ การส่งเสริมให้ครูใช้วิธีวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริงในการประเมินและส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญ

ครูส่วนใหญ่เห็นว่านักเรียนควรสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวันได้ แต่ครูก็ไม่ได้เชิญบุคลากรในชุมชนมามีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอน ครูส่วนใหญ่ไม่ได้ให้นักเรียนทำโครงการหรือกิจกรรมอื่นที่เกี่ยวข้องกับชุมชนของตนเอง ครูควรตระหนักว่า การนำบุคลากรในชุมชนมามีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอนสามารถช่วยให้ครูและนักเรียนสามารถใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ในชุมชน และแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับบุคลากรในชุมชน (ญาณพัฒน์ และคณะ, 2551) การมีส่วนร่วมของบุคลากรในชุมชนสามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่าง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2545) ด้วยเหตุนี้ครูควรได้รับการส่งเสริมให้ทำงานร่วมกับบุคลากรในชุมชนในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ข้อสรุปและการนำไปใช้

งานวิจัยนี้พบว่า สภาพการเรียนการสอนเรื่องเสียง ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาศรีสะเกษ เขต 1 และ 2 อาจอยู่ในช่วงของการเปลี่ยนแปลง (Dahsah and Faikhamta, 2008) ครูได้ใช้วิธีสอน สื่อและแหล่งเรียนรู้ วิธีวัดและประเมินผล ที่หลากหลายในการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน อย่างไรก็ตาม ครูยังคงสอนโดยใช้วิธีบรรยายเป็นหลัก สาเหตุที่เป็นไปได้ก็คือว่า ครูอาจจะยึดติดและเคยชินกับโครงสร้างหลักสูตรเดิม และเน้นวิธีสอนด้วยการบรรยายและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การใช้วิธีสอนดังกล่าวสัมพันธ์กับการขาดสื่อและแหล่ง

เรียนรู้ในโรงเรียน นอกจากนี้ ครูอาจจะขาดความรู้และทักษะในการจัดการเรียนรู้ บริบทในโรงเรียนอาจจะไม่เหมาะสมและเป็นอุปสรรคในการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการเรียนการสอน ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาครูจึงเป็นสิ่งที่จะต้องพิจารณา โดยการพัฒนาครูนั้นจะต้องจัดให้สอดคล้องกับความต้องการของครูเป็นหลัก และควรส่งเสริมให้ครูได้พัฒนาตนเองในทุกๆ ด้าน เช่น ความรู้ด้านเนื้อหาและวิธีสอน การพัฒนาหลักสูตร การพัฒนาและจัดหาสื่อการสอน การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. 2545. หนังสือ **สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ เพ็ญจันทร์ ชิงห์ และวรรณทิพรอดแรงคำ. 2548. การสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับ ฟิสิกส์ ของ นิสิต นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป. **วารสารเกษตรศาสตร์ (สาขาสังคมศาสตร์)** 26(1): 52-63.
- ญาณพัฒน์ พรประสิทธิ์ นฤมล ยุตาคม และพัฒนินันทรโรทัย. 2551. การรับรู้ของครูและนักเรียนเกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนการสอนเรื่องความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต. **วารสารเกษตรศาสตร์ (สาขาสังคมศาสตร์)** 29(1): 1-10.
- ประวิทย์ บุญเต็ม. 2536. การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง เสียงและการได้ยิน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- พินิจ ขำวงษ์, ญาณพัฒน์ พรหมประสิทธิ์, พงนา มะกรูด อินทร์, พรรณวิไล ชมจิต, ศศิธร โสภารัตน์, สาวิตรี โรจนะสมิต อาร์โนด, เอกรัตน์ ศรี ตัญญู, นฤมล ยุตาคม และบุปผชาติ ทัพพิกรณ์. 2550. สาเหตุและปัญหาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของครูในระดับ ช่วงชั้นที่ 1-3. การประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วทท.) ครั้งที่ 33, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช, 18-20 ตุลาคม 2550.
- รัชนีย์ งามขุนทด. 2535. การสร้างชุดการสอนกลุ่ม สร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. การศึกษามหาบัณฑิต (การประถมศึกษา). มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุรัชย์ นพรัตน์แจ่มจำรัส, อัสวิน เรณูสวัสดิ์, เชิญโชค ศรีขวัญ, ขวัญ อารยะชนิตกุล, นฤมล เอ มะรัตต์ และรัชภาภย์ จิตต์อารี. 2547. การแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องคลื่น เสียงภายในหลอดกำทอน. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วทท.) ครั้งที่ 30, ศูนย์แสดงสินค้าและการประชุมอิมแพ็ค เมืองทองธานี กรุงเทพฯ. 19-21 ตุลาคม 2547.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2545. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ.2545). กรุงเทพฯ: บริษัทพริกหวานกราฟฟิก จำกัด.
- อภิสิทธิ์ ธงไชย, ขวัญ อารยะชนิตกุล และเชิญโชค ศรีขวัญ. 2549. ความเข้าใจของนักเรียน ในการตอบคำถามแบบปลายเปิดในเรื่อง คลื่นเสียง. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วทท.) ครั้งที่ 32, ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพฯ. 10-12 ตุลาคม 2549.
- Dahsah, C. and Faikhamta, C. 2008. Science Education in Thailand: Science Curriculum Reform in Transition. In R.K. Coll and N. Taylor. (Eds.). **Science Education in Context: An International Examination of the Influence of Context on Science Curricula Development and Implementation.** Rotterdam: Sense Publishers. pp. 291-300
- Linder, C. J. 1992. Understanding Sound: So What Is the Problem?. **Physics Education** 27(5): 258-264.
- Shulman, L. S. 1986. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. **Educational Researcher** 15(2): 4-14.
- Tongchai, A., Arayathanitkul, K., and Soankwan, C. 2006. Constructing Conceptual Knowledge in Sound Resonance by Using Active Learning With Simple Experiments. **The Abstract of the ICASE Asian Symposium, Singapore.** 28-30 November 2006.