

---

## ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และตัวชี้วัดการเรียนรู้ NATURE OF SCIENCE AND ITS LEARNING BENCHMARKS

สิรินภา กิจเกื้อกุล<sup>1</sup>  
Sirinapa Kijkuakul

### บทคัดย่อ

การพัฒนาความเข้าใจวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ที่ใช้มุมมองเกี่ยวกับโลกแตกต่างไปจากศาสตร์อื่น ๆ และเป็นศาสตร์ที่ต้องอาศัยกระบวนการสืบเสาะ ตลอดจนความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์ ฉะนั้น การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จึงควรศึกษาตัวชี้วัดการเรียนรู้ให้กระจ่าง เพื่อช่วยให้ครูสามารถจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้สอดคล้องกับธรรมชาติวิชาและเหมาะสมกับสภาพสังคมของผู้เรียน

### Abstract

Development of science understanding needs an understanding of nature of science that holds different world views from other disciplines, and that requires scientific inquiry and scientific enterprise. Science teaching and learning for understanding of the nature of science also needs to study learning indicators clearly. This would enable a teacher to teach science in appropriate to the nature of science and learner's social circumstances.

---

<sup>1</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

## บทนำ

การศึกษาวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่ต้องอาศัยสติปัญญาและความพยายามของมนุษย์ ในการทำความเข้าใจและนำเสนอภาพการทำงานของโลกใบนี้ในรูปของ “ความรู้วิทยาศาสตร์” ที่ประกอบไปด้วย 1) ความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ หรือที่เราเรียกว่า ความรู้วิทยาศาสตร์ (knowledge of science) และ 2) ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (knowledge about science) ซึ่งเป็นความรู้ที่บอกถึงเรื่องราวของการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ หรือที่เรารู้จักกันในชื่อของ “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์”

ไดรเวอร์และคณะ (Driver, et al., 1996 อ้างอิงใน สิริรักษา นฤมล และอรุณี, 2548) อธิบายถึงคุณค่าของความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่า จะช่วยให้ผู้เรียนทราบถึงขอบเขตและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ เข้าใจเกี่ยวกับการจัดการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน สามารถร่วมตัดสินใจในประเด็นปัญหาสังคมที่เป็นผลจากวิทยาศาสตร์ได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดี รู้สึกชื่นชมวิทยาศาสตร์ในแง่ของการมีจริยธรรมและมีวัฒนธรรมการเรียนรู้ด้วยเหตุผล ตระหนักและเห็นคุณค่าความจำเป็นของการศึกษาวิทยาศาสตร์ ซึ่งทำที่สุดแล้ว ความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และอยู่ในสังคมได้อย่างรู้เท่าทัน

## ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ ณ ประเทศสหรัฐอเมริกา นำมาซึ่งการก่อตั้งโครงการ “Project 2061” ([www.project2061.org](http://www.project2061.org)) เมื่อปี 1989 ของสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย (The American Association for the Advancement of Science, AAAS, 2009) โดยโครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ เพื่อช่วยให้ประชาชนทุกคน อ่านออกเขียนได้ (literate) ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (nature of science, NOS) ตามคำอธิบายของ AAAS มีด้วยกัน 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) การมองโลกแบบวิทยาศาสตร์ 2) การสืบเสาะความรู้แบบวิทยาศาสตร์ 3) กิจการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ห้องสมุดดิจิทัลทางวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Digital Library [NSDL], March 27, 2012) ซึ่งเป็นอีกหน่วยงานหนึ่งที่ส่งเสริมการพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของ AAAS เชื่อมโยงกับมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Education Standards, NSES) ทำให้ NSDL แบ่งองค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ออกเป็น 7 องค์ประกอบ ดังตารางที่ 1

### ตารางที่ 1 องค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

AAAS (1989)	NSDL (2012)
<p>1) การมองโลกแบบวิทยาศาสตร์ (Scientific World View)</p> <p>1.1) โลกคือสิ่งที่สามารถทำความเข้าใจได้</p> <p>1.2) แนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกเปลี่ยนได้</p> <p>1.3) ความรู้วิทยาศาสตร์มีความคงทน</p> <p>1.4) ทฤษฎีและกฎมีความสัมพันธ์กันแต่มีความแตกต่างกันวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบได้ทุกคำถาม</p> <p>2) การสืบเสาะความรู้แบบวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)</p> <p>2.1) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานเชิงประจักษ์</p> <p>2.2) วิทยาศาสตร์มีการผสมผสานระหว่างตรรกศาสตร์ จินตนาการและการคิดสร้างสรรค์</p> <p>2.3) วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและการทำนาย</p> <p>2.4) นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะระบุและหลีกเลี่ยงความลำเอียง</p> <p>2.5) นักวิทยาศาสตร์ไม่ตกอยู่ใต้อำนาจหรืออิทธิพลใดๆ</p> <p>3) กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Enterprise)</p> <p>3.1) วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน</p> <p>3.2) วิทยาศาสตร์แตกแขนงเป็นสาขาต่าง ๆ และมีการดำเนินการในหลายองค์กร</p> <p>3.3) วิทยาศาสตร์มีหลักการทางจริยธรรมในการดำเนินการ</p> <p>3.4) นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญและประชาชนคนหนึ่ง</p> <p>3.5) ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี</p>	<p>1) การมองโลกแบบวิทยาศาสตร์ (Scientific World View)</p> <p>1.1) ข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์</p> <p>1.2) การสำรวจโลกที่รู้จัก</p> <p>1.3) ความต่อเนื่องและการเปลี่ยนแปลง</p> <p>2) ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Theories)</p> <p>2.1) หลักฐานที่สามารถเข้าใจได้</p> <p>3) คำอธิบายทางเลือกการปรับเปลี่ยนทฤษฎีหลักฐานและเหตุผลในการสืบเสาะ (Evidence and Reasoning in inquiry)</p> <p>3.1) ที่มาของเหตุผล</p> <p>3.2) การสังเกตและหลักฐานเชิงประจักษ์</p> <p>4) การสืบเสาะความรู้แบบวิทยาศาสตร์ (Scientific Investigation)</p> <p>4.1) ตัวแปรควบคุมและเงื่อนไข</p> <p>4.2) ความเที่ยงตรงของผลการทดลอง</p> <p>4.3) การเก็บบันทึกข้อมูล</p> <p>4.4) รูปแบบของการสืบเสาะ</p> <p>5) การหลีกเลี่ยงความลำเอียงทางวิทยาศาสตร์ (Avoiding Bias in Science)</p> <p>5.1) ความน่าเชื่อถือของผลการทดลอง</p> <p>5.2) สิ่งป้องกันความลำเอียง</p> <p>5.3) ความคาดหวังและคำอธิบาย</p> <p>6) ประชาคมวิทยาศาสตร์ (The Scientific Community)</p> <p>6.1) ระเบียบวินัยทางวิทยาศาสตร์</p> <p>6.2) อาชีพและทุนวิจัยทางวิทยาศาสตร์</p> <p>6.3) นักวิทยาศาสตร์ในฐานะพลเมือง</p> <p>6.4) การติดต่อ สื่อสาร เผยแพร่งานทางวิทยาศาสตร์</p> <p>7) วิทยาศาสตร์และสังคม (Science and Society)</p> <p>7.1) จริยธรรมการวิจัย</p> <p>7.2) สังคมที่ส่งผลต่อวิทยาศาสตร์</p> <p>7.3) วิทยาศาสตร์ที่ส่งผลต่อสังคม</p>

### ตัวชี้วัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

เพื่อให้ครูผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ The American Association for the Advancement of Science (AAAS, 2009) จึงได้พัฒนาตัวชี้วัด (Benchmarks) การเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งตามช่วงชั้นระดับการศึกษาไว้ดังนี้ ช่วงชั้นที่ 1 คือ ระดับปฐมวัยถึงเกรด 2 (kindergarten through Grade 2) ช่วงชั้นที่ 2 คือ

เกรด 3 ถึง 5 ช่วงชั้นที่ 3 คือ เกรด 6 ถึง 8 และช่วงชั้นที่ 4 คือ เกรด 9 ถึง 12 และได้เผยแพร่ไว้ในเว็บไซต์ ([www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php?chapter=1](http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php?chapter=1)) หรือใน Chapter 1: Benchmarks Online ของ Project 2061 สำหรับบทความฉบับนี้ ผู้เขียนได้นำเสนอตัวชี้วัดของช่วงชั้นที่ 1 และ 2 ไว้ดังตารางที่ 2 และจะพยายามนำเสนอตัวชี้วัดของช่วงชั้นที่ 3 และ 4 ในบทความฉบับต่อไป

ตารางที่ 2 ตัวชี้วัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	ตัวชี้วัดการเรียนรู้	
	ช่วงชั้นที่ 1 (ระดับปฐมวัยถึงเกรด 2)	ช่วงชั้นที่ 2 (เกรด 3 ถึง 5)
การมองโลกแบบวิทยาศาสตร์ (Scientific World View)	<p>เมื่อเรียนจบแล้ว ผู้เรียนควรรู้อะไร...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>เมื่อการสำรวจทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นด้วยวิธีการแบบเดิม เราคาดหวังว่าผลลัพธ์ที่ได้ตามมา จะเหมือนเดิมเช่นกัน</li> <li>เมื่อการสำรวจทางวิทยาศาสตร์ถูกทำซ้ำ ณ สถานที่แห่งใหม่ เราคาดหวังว่าผลลัพธ์ที่ได้ตามมา จะยังคงเหมือนเดิม</li> </ul>	<p>เมื่อเรียนจบแล้ว ผู้เรียนควรรู้อะไร...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ในบางครั้งการสำรวจด้วยวิธีการแบบเดิม อาจให้ผลลัพธ์ที่ต่างไปจากเดิม ทั้งนี้ถ้าเป็นเพราะ สิ่งที่สำรวจเปลี่ยนแปลงไป หรืออาจเป็นเพราะเราใช้วิธีการที่ไม่เหมือนเดิม หรือสถานการณ์ขณะสำรวจเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม</li> <li>วิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการหนึ่งที่ได้แสดงถึงความพยายามของมนุษย์ ที่จะวาดภาพการทำงานของโลก โดยการสังเกตอย่างระมัดระวัง และพยายามที่จะทำความเข้าใจสิ่งที่สังเกตได้</li> </ul>
การสืบเสาะความรู้แบบวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)	<ul style="list-style-type: none"> <li>บ่อยครั้งที่เราสามารถเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ รอบตัวได้ด้วยการสังเกตอย่างระมัดระวัง แต่เราจะเรียนรู้ได้มากยิ่งขึ้นหากเรากระทำบางอย่างกับสิ่งนั้น และเป็นทั้งเรื่องราวที่เกิดขึ้น</li> <li>การศึกษาสิ่งต่าง ๆ ด้วยเครื่องมือ เช่น เทอร์โมมิเตอร์ หรือยานอวกาศ หรือดาวเทียม จะช่วยให้เราได้ข้อมูลมากกว่าการศึกษาด้วยการสังเกตที่ปราศจากเครื่องมือ</li> <li>สิ่งสำคัญของวิทยาศาสตร์ คือ ความพยายามที่จะอธิบายสิ่งต่าง ๆ ให้ถูกต้องและแม่นยำ เพื่อช่วยให้ผู้อื่นสามารถเปรียบเทียบผลการศึกษาที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาถัดมาได้</li> <li>เมื่อมีผู้นำเสนอคำอธิบายใหม่เกี่ยวกับสิ่งที่เรากำลังศึกษาอยู่แล้ว คงจะเป็นการดีหากเราจะช่วยกันทำการสังเกต/ตรวจสอบสิ่งนั้นใหม่อีกครั้ง แทนที่จะบอกเถียงกันว่าคำอธิบายของใครดีกว่า</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>การสำรวจทางวิทยาศาสตร์อาจทำได้หลากหลายวิธี เช่น —— การสังเกต การบันทึกข้อมูล และการทดลอง</li> <li>เพราะเราคาดหวังว่า เมื่อทำการสำรวจทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการเดิม ย่อมจะให้ผลลัพธ์เหมือนเดิม แต่เมื่อใดก็ตามที่เราได้ผลลัพธ์ต่างไปจากเดิม เราจำเป็นต้องตรวจสอบว่า เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น</li> <li>การที่เราต้องทำการสำรวจ (เช่น การทดลอง) ตามขั้นตอน หรือการที่เราต้องบันทึกข้อมูลตามลำดับเหตุการณ์ ก็เพราะเราจะได้ทราบถึงสาเหตุ(ในกรณี) ที่ผลลัพธ์ต่างไปจากเดิม</li> <li>คำอธิบายของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นบนโลกใบนี้ ส่วนหนึ่งมาจาก การสังเกตของนักวิทยาศาสตร์ และอีกส่วนหนึ่งมาจากสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์คิด</li> <li>บางเวลา นักวิทยาศาสตร์ ก็มีคำอธิบายที่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะใช้วิธีการสังเกตแบบเดียวกัน ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงพยายามที่จะทำการสังเกตให้มากยิ่งขึ้น เพื่อลดผลเลือกคำอธิบายที่ดีที่สุด</li> <li>นักวิทยาศาสตร์ ไม่ค่อยให้ความสำคัญกับการกล่าวอ้างว่าตนเก่งรู้ในสิ่งที่กำลังศึกษาหรือเหนือเพียงใด ยกเว้นในกรณีที่นักวิทยาศาสตร์(ท่านนั้น) มีหลักฐานมายืนยันต่อข้อโต้แย้งต่าง ๆ</li> </ul>
กิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Enterprise)	<ul style="list-style-type: none"> <li>คน สามารถเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สร้างสิ่งประดิษฐ์ และสร้างความคิดใหม่ ๆ ได้ทุกคน</li> <li>ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ มันจะเป็นประโยชน์หากเราทำงานเป็นทีม และร่วมแลกเปลี่ยนสิ่งที่ค้นพบ อย่างไรก็ตาม สมาชิกทุกคนในทีมควรได้ค้นพบเหตุผลหรือความหมายของสิ่งที่ค้นพบด้วยตนเอง</li> <li>เราสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับพืชและสัตว์ได้ด้วยการสังเกตใกล้ ๆ และเราจำเป็นต้องเรียนรู้ที่จะทำให้สิ่งมีชีวิตนั้นมีชีวิตอยู่ได้เมื่อเรานำสิ่งมีชีวิตนี้มาศึกษาในห้องเรียนด้วย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>วิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการที่ประชาชนทุกคนทุกแห่งสามารถเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการที่น่าตื่นเต้นและท้าทายนี้ได้</li> <li>การสื่อสารที่ตรงประเด็นชัดเจน คือ ส่วนประกอบสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ เพราะมันช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สามารถตีความและเปิดเผยข้อมูลการทำงานของตน เพื่อให้ให้นักวิทยาศาสตร์ท่านอื่นตรวจสอบได้ และสามารถยืนยันข้อมูลการค้นพบของตนเองต่อนักวิทยาศาสตร์อื่นทั่วโลกได้</li> <li>การศึกษาวิทยาศาสตร์ เกี่ยวข้องกับการทำงานของชนหลากหลายอาชีพ และเป็นการทำงานร่วมกันของทุกคนทุกวัยเข้าด้วยกัน</li> <li>การดำเนินกิจกรรมทางสังคม และผลิตผลของเทคโนโลยีหลายอย่าง ถูกกำหนดด้วยความรู้วิทยาศาสตร์ที่เราใช้อยู่</li> </ul>

### การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

เป็นเวลากว่า 10 ปีแล้ว ที่การพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ยังไม่ประสบความสำเร็จ ผลการวิจัยต่าง ๆ ได้นำเสนอรายงานไปในทิศทางเดียวกันว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ทั้งในระดับมัธยมศึกษา (Moss and Robb, 2001; สิริธนา นฤมล และอรุณี, 2548) และระดับประถมศึกษา (ทัศนีย์ ปรีญา และสุปรียา, 2012) ต่างมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเด็นเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์ อาทิ อิทธิพลของสังคมและ

วัฒนธรรมที่มีต่อวิทยาศาสตร์ ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ครบโดยสมบูรณ์ Abd – El - Khalick, et al., (1997) เสนอแนะว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับ "กิจการทางวิทยาศาสตร์" มากยิ่งขึ้น โดยนอกจากจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองเพื่อศึกษาความรู้แล้ว ครูผู้สอนจะต้องอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาความรู้นั้น

ด้วย ซึ่ง Barker (1997) ยกตัวอย่างไว้ว่า การเล่าเรื่องราวประวัติศาสตร์ความรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ที่แสดงให้เห็นลำดับเหตุการณ์และภูมิหลังของการพัฒนาความรู้ จนกระทั่งเกิดการค้นพบความรู้ใหม่ อย่างมีเหตุผล อาจช่วยให้นักเรียนเข้าใจกิจการทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

อลชินและคณะ (Allchin, et al.,1999 อ้างอิงใน สิริินภา, 2549) ศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้เรื่องราวประวัติศาสตร์ (history of science) มาบูรณาการสู่การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักศึกษาที่ไม่ได้เรียนวิทยาศาสตร์เป็นวิชาเอก (non-major science students) ที่ไม่มีความสุขกับการเรียนในวิชาปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบว่า การนำประเด็นหรือสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (science-technology-society, STS) ที่เกิดขึ้นในอดีต มาชี้้นำให้ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ อภิปราย และวางแผนสำรวจประเด็นปัญหาด้วยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แล้วลงมือทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ด้วยตนเอง ช่วยให้นักศึกษาทำคะแนนสอบได้ดีขึ้น

นอกจากนี้ นักศึกษายังคิดว่า การทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ช่วยให้พวกเขาเข้าใจถึงวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ได้ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น ยิ่งกว่านี้ สิริินภา กิจเกื้อกูล (2552) ได้เสนอแนะไว้ว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ยังจำเป็นต้องคำนึงถึงสภาพการเรียนรู้ทางสังคมของผู้เรียนอีกด้วย

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ภายใต้การปฏิบัติการทดลองรวมทั้งการประยุกต์ใช้เรื่องราวประวัติศาสตร์เพื่อสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจแก่การทดลอง อาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ความรู้วิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้เพราะความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์และกิจการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการบูรณาการ จะช่วยให้นักเรียนซาบซึ้งและตระหนักถึงคุณค่าของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จนนำมาซึ่งความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้และพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ของตนเองต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

- ทัศนีย์ พุฒนอก ปรีญา บุญญศิริ และ สุปรียา ตรีวิจิตรเกษม. (2555). "ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5." การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 13, 17 กุมภาพันธ์ 2555 ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- สิริินภา กิจเกื้อกูล นฤมล ยุติาคม และ อรุณี อิงคากุล (2548). "ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5", วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์, ปีที่ 26 ฉบับที่ 2, หน้า 133-145.
- สิริินภา กิจเกื้อกูล. (2549). เอกสารอัดสำเนาเรื่อง การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Learning Science by Integrating Nature of Science) ในโครงการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่อง "การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2544" จัดโดย นิสิตปริญญาเอกสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษารุ่นที่ 1 โครงการผลิตนักวิจัยด้านการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์, หน้า 23-26.
- สิริินภา กิจเกื้อกูล. (2552). "จากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองสู่ทฤษฎีการเรียนรู้เป็นวัฒนธรรมทางสังคม." วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม - เมษายน 2552, หน้า 117-122.

- Abd-El-Khalick, F., et al. (1997). *"The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural Natural"*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Chicago IL.
- Allchin, et al. (1999). *"History of Science-With Labs"*. Science and Education 8: 619-632.
- The American Association for the Advancement of Science (AAAS). (2009). Benchmarks Online: The Nature of Science, Retrieved 2009, from <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php>
- The National Science Digital Library, (NSDL). (March 27, 2012). *The Nature of Science*. Retrieved June 24, 2012, from <http://strandmaps.nsdl.org>
- Driver, R. et al. (1996). *Young People's Images of Science*, Buckingham: Open University Press.