

## ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และตัวชี้วัดการเรียนรู้ (ตอนที่ 2)

### Nature of Science and Its Learning Benchmarks

สิรินภา กิจเกื้อกูล<sup>1</sup>

Sirinapa Kijkuakul

#### บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ นำเสนอตัวชี้วัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามแนวของ The American Association for the Advancement of Science (AAAS, 2009) ต่อจากฉบับแรก เพื่อช่วยให้ผู้สอนมองเห็นความแตกต่างระหว่างธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับกระบวนการวิทยาศาสตร์ และได้แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ที่จะช่วยให้ผู้เรียนได้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์มากกว่าเป็นผู้สอบผ่านตามหลักสูตร

#### Abstract

This article presented learning benchmarks of nature of science based on The American Association for the Advancement of Science (AAAS, 2009), and was continued from the previous article. This article also aimed to enable teachers to distinguish between nature of science and process of science. Then the teachers received alternative ways of teaching science integrated with the nature of science that would probably promoted students to be science literate persons rather than curriculum-based students.

#### บทนำ

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือการสร้าง *ผู้รู้วิทยาศาสตร์ (science literate person)* หรือ ผู้ที่จะสามารถใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เพื่อการดำรงชีวิตในโลกอนาคตได้อย่างรู้เท่าทันตามแนวคิดของ Pisa นั้น อาจจำเป็นต้องมีคุณลักษณะ 3 ประการ ได้แก่ 1) มีความเข้าใจแนวคิดหลักการ ทฤษฎี และ 2) กระบวนการวิทยาศาสตร์ (process of science) รวมทั้ง 3) เห็นคุณค่าของความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยทั้งในและต่างประเทศได้นำเสนอ ความยากลำบากของการสร้างผู้รู้วิทยาศาสตร์ และได้รายงานถึงสาเหตุของความไม่รู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนว่า มีสาเหตุหนึ่งมาจากความเข้าใจคลาดเคลื่อนของผู้สอนที่เข้าใจว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ดี คือ การเน้นให้ผู้เรียนเข้าใจถึงองค์ความรู้ และกระบวนการวิทยาศาสตร์เท่านั้น (McComas, Almazroa, and Clough, 1998) นอกจากนี้ ยังมีสาเหตุมาจากการที่เนื้อหาของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมา

ไม่ได้นำเสนอคุณค่าของความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมอย่างชัดเจน จนอาจเป็นเหตุให้ผู้สอนเข้าใจคลาดเคลื่อนในที่สุด (Bartholomew, Osborne, and Ratcliffe, 2004)

ดังนั้น บทความฉบับนี้จึงได้นำเสนอตัวบ่งชี้ความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หรือตัวชี้วัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามแนวของ The American Association for the Advancement of Science (AAAS, 2009) เพื่อช่วยให้ผู้สอนมองเห็นความเหมือนและความแตกต่างระหว่างธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กับกระบวนการวิทยาศาสตร์ ที่ปรากฏอยู่ที่สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในเอกสารตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

#### ตัวชี้วัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

จากบทความเชิงวิชาการเรื่อง *ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และตัวชี้วัดการเรียนรู้* ในวารสาร

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

ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ปีที่ 14 ฉบับที่ 3 กันยายน – ธันวาคม 2555 ผู้เขียนได้นำเสนอตัวชี้วัด (Benchmarks) ของ การ เรี ยน รู้ ธร ร ม ชา ตี ของ นำเสนอตัวชี้วัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ใน วิทยาศาสตร์ช่วงชั้นที่ 1 (ปฐมวัยถึงเกรด 2) และช่วงชั้นที่ 2 (เกรด 3 ถึง 5) ตามแนวทางของ The American Association for the Advancement of Science (AAAS, 2009) ไปแล้วนั้น บทความฉบับนี้ผู้เขียนจะได้ นำเสนอตัวชี้วัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ใน ของช่วงชั้นที่ 3 (เกรด 6 ถึง 8) และ ช่วงชั้นที่ 4 (เกรด 9 ถึง 12) ตามลำดับ (ดูตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

| ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์                               | ตัวชี้วัดการเรียนรู้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                      | ช่วงชั้นที่ 3 (เกรด 6 ถึง 8)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ช่วงชั้นที่ 4 (เกรด 9 ถึง 12)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| การมองโลกแบบวิทยาศาสตร์ (Scientific World View)      | <p>เมื่อเรียนจบแล้ว ผู้เรียนควรรู้ว่า...</p> <ul style="list-style-type: none"><li>เมื่อการสำรวจด้วยวิธีการเดิมกลับให้ผลลัพธ์ที่ต่างไปจากเดิม นักวิทยาศาสตร์จะทำการสำรวจต่อไปอีกเพื่อหาหลักฐานมาประกอบการตัดสินใจว่าผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย หรือกำลังมีบางอย่างเกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ</li><li>ถึงแม้ผลลัพธ์ที่ได้จากการสำรวจจะเหมือนเดิมนักวิทยาศาสตร์ จะทำการสำรวจซ้ำอีกหลายครั้งก่อนที่จะยอมรับว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นถูกต้องแล้ว</li><li>ความรู้วิทยาศาสตร์ คือ สิ่งที่น่าไปสู่การปรับเปลี่ยน คล้ายกับการที่เรามีข้อมูลใหม่ ๆ มาท้าทาย ทฤษฎีปัจจุบัน ให้ต้องพิสูจน์ตนเองและอาจนำไปสู่การเปลี่ยนแปลง หรือคล้ายกับ การที่เราค้นพบทฤษฎีใหม่ ที่ทำให้เราต้องย้อนกลับไปพิจารณาสิ่งที่เราเคยสังเกตได้ ด้วยมุมมองที่ต่างไปจากเดิม</li><li>ความรู้วิทยาศาสตร์บางเรื่อง ถูกค้นพบมานานมากแล้ว แต่ความรู้นั้นยังคงใช้ได้อยู่ในยุคปัจจุบัน</li><li>วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตรวจสอบวัตถุบางชนิดได้ทั้งนี้เป็นเพราะวัตถุนั้น มีธรรมชาติบางอย่างที่ ให้ผลลัพธ์ขัดแย้งกับสิ่งที่เรามองเห็น</li><li>มนุษย์สามารถใช้วิทยาศาสตร์ เพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับศีลธรรมของมนุษย์โดยวิทยาศาสตร์จะบ่งบอกถึงลำดับของเหตุการณ์ย่อยๆ ที่เกิดขึ้น แต่วิทยาศาสตร์ไม่ได้เป็นผู้ที่ทำให้เหตุการณ์นั้นเป็น เรื่องที่มีศีลธรรมหรือไม่ศีลธรรม</li></ul> | <p>เมื่อเรียนจบแล้ว ผู้เรียนควรรู้ว่า...</p> <ul style="list-style-type: none"><li>(การศึกษา)วิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสันนิษฐานว่าจักรวาล คือระบบเดี่ยวที่มีขนาดใหญ่ทุก ๆ ที่ในจักรวาลใช้กฎพื้นฐานเดียวกัน และวัตถุและเหตุการณ์ต่าง ๆ ในจักรวาลนี้เกิดขึ้นอย่างมีระเบียบแบบแผน ซึ่งเราสามารถเข้าใจได้ด้วยการศึกษาอย่างรอบคอบเป็นระบบ</li><li>ถึงแม้วิทยาศาสตร์จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาแต่บ่อยครั้งที่การเปลี่ยนแปลงนั้น เป็นเพียงการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งสิ่งที่เกิดขึ้นนี้แสดงให้เห็นถึงความคงทนของวิทยาศาสตร์</li><li>ถึงแม้ทฤษฎีที่เรามีอยู่จะสอดคล้องกับผลการสังเกตมากเพียงใดก็ตามทฤษฎีใหม่ที่เกิดขึ้น ก็อาจจะสอดคล้องกับผลการสังเกตได้มากกว่าหรือไม่ก็อาจจะครอบคลุมผลการสังเกตได้ครบถ้วนมากกว่า</li><li>การทดสอบ การปรับปรุง และการปฏิเสธทฤษฎี เป็นกระบวนการต่อเนื่อง ที่ทำให้เกิดทฤษฎีใหม่ ทฤษฎีเก่าวนเวียนไปไม่สิ้นสุด แต่กระบวนการนี้ได้ นำไปสู่ความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้นเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ บนโลกใบนี้ที่ไม่มีความจริงแท้ (absolute truth)</li><li>การพัฒนาความสามารถของนักวิทยาศาสตร์ในการอธิบายสิ่งต่าง ๆ อย่างมีความเที่ยง และ ทำนายสิ่งต่าง ๆ ได้ตรงประเด็นจะช่วยให้ได้หลักฐานที่เป็นประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น</li></ul> |
| การสืบเสาะความรู้แบบวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) | <ul style="list-style-type: none"><li>ธรรมชาติของนักวิทยาศาสตร์กับธรรมชาติของปรากฏการณ์และวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อ การสำรวจ (ธรรมชาติทั้งสองนี้)ไม่ใช่สิ่งเดียวกัน</li><li>การสำรวจทางวิทยาศาสตร์ ส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมข้อมูล การใช้เหตุผลอย่างมีตรรกะ และการใช้จินตนาการเพื่อสร้างสมมติฐาน และคำอธิบายที่สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้</li><li>ขณะทำการทดลอง หากมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับตัวแปรมากกว่า 1 ตัว ณ เวลาเดียวกัน เราอาจไม่สามารถสรุปผลการทดลองได้ ซึ่งข้อผิดพลาดนี้อาจเนื่องมาจาก การที่เราไม่</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"><li>การสำรวจเกิดขึ้นด้วยเหตุผลเพื่อการสำรวจปรากฏการณ์ใหม่ การตรวจสอบผลการทดลองในอดีต การทดสอบว่าทฤษฎีหนึ่ง ๆ นั้นสามารถนำไปใช้ได้หรือไม่ และการเปรียบเทียบทฤษฎีต่าง ๆ</li><li>สมมติฐานใช้เพื่อบ่งบอกว่าข้อมูลชนิดใดที่เราควรให้ความสำคัญ และข้อมูลชนิดใดที่เราควรหาข้อมูลเพื่อเติม และเพื่อบ่งบอกถึงวิธีการวิเคราะห์/ตีความข้อมูล</li><li>นักวิทยาศาสตร์สามารถควบคุมสภาวะ/เงื่อนไขของการหาหลักฐานได้ แต่บางครั้งเมื่อการควบคุมนั้นไม่สามารถทำได้ในทางปฏิบัติ หรือเป็นการผิด</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| ธรรมชาติของ | ตัวชี้วัดการเรียนรู้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | <div>สามารถป้องกันระบบจากตัวแปรภายนอก ที่เข้ามารบกวนตลอดเวลาได้ หรือ อาจเป็นเพราะการที่เราไม่สามารถวิเคราะห์หาตัวแปรทุกตัว ที่มีผลต่อการทดลองนี้ได้</div> <ul style="list-style-type: none"><li>• ความร่วมมือในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ สามารถนำไปสู่การออกแบบงานวิจัยที่เหมาะสมกับสถานการณ์ หรือบริบทที่ยากแก่การค้นพบตัวแปรหรือควบคุมตัวแปรทุกตัวได้</li><li>• ความคาดหวังต่อผลสังเกต จะกระทบต่อวิธีการสังเกต คล้ายกับการที่เรามีความเชื่อบางอย่างที่ฝังแน่นอยู่ในตัวเรา แล้วความเชื่อนั้นทำให้เรามองข้ามผลการสังเกตอื่นที่เราไม่ได้คาดหวัง</li><li>• นักวิทยาศาสตร์ทราบถึงอันตรายของความคาดหวัง เขาจึงพยายามหลีกเลี่ยงมันขณะทำการออกแบบการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งวิธีการป้องกันอย่างหนึ่งก็คือ การให้นักวิทยาศาสตร์แต่ละคน (หลายคน) ทำการศึกษา เพื่อตอบคำถามวิจัยคำถามเดียวกัน</li></ul> | <div>ต่อศีลธรรม นักวิทยาศาสตร์จะพยายามทำความเข้าใจกับสภาวะนั้น โดยการสังเกตให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้</div> <ul style="list-style-type: none"><li>• นักวิทยาศาสตร์ มีธรรมเนียมที่แตกต่างกันเกี่ยวกับสิ่งที่สำรวจและวิธีการสำรวจ ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายจึงมีข้อตกลงร่วมกันว่าจะโต้เถียงกันด้วยเหตุผลและหลักฐานเชิงประจักษ์เท่านั้น</li><li>• นักวิทยาศาสตร์ที่ทำวิจัยร่วมกันเป็นกลุ่ม มีแนวโน้มที่จะมองสิ่งต่าง ๆ คล้ายกันแต่เมื่อนักวิทยาศาสตร์กลุ่มนี้ พบปัญหาเกี่ยวกับวิธีวิจัยหรือผลการวิจัย นักวิทยาศาสตร์จะพยายามมองหาที่มาของความลำเอียงในการออกแบบการสำรวจหรือการวิเคราะห์ข้อมูล และจะตรวจสอบการทำงานของกันและกัน อย่างไรก็ตามความพยายามเหล่านี้ อาจไม่สามารถช่วยให้ นักวิทยาศาสตร์ค้นพบความลำเอียงได้</li><li>• หากมีความคิดใหม่ (new ideas) เกิดขึ้น โดยยังไม่สามารถเชื่อมโยงกับความคิดหลักเดิมได้ ความคิดใหม่นั้นอาจถูกวิพากษ์วิจารณ์อย่างรุนแรงในช่วงระยะเวลาแรก ๆ</li><li>• ในระยะยาว ทฤษฎี จะถูกตัดสินโดยพิจารณาว่าทฤษฎีนั้นใช้เวลาในการศึกษา/สังเกตนานเพียงใด อธิบายผลการสังเกตได้ดีหรือไม่ และทฤษฎีนั้นช่วยให้เกิดผลการทำนาย ที่เที่ยงตรงมากเพียงใด</li><li>• ความคิดใหม่ จะถูกกำจัดโดยนักสำรวจจำนวนมากย ที่อาจกล่าวว่า ความคิดใหม่นั้นเป็นเพียงจินตนาการ ไม่ได้รับการยอมรับจากองค์กรทางวิทยาศาสตร์ เป็นข้อค้นพบที่ไม่มีใครต้องการ และทำการพัฒนาได้ยาก</li><li>• เชื้อชาติ เพศ ศาสนา อายุ ความสนใจทางการเมือง และอื่น ๆ อาจส่งผลให้นักวิทยาศาสตร์เกิดความเอนเอียงต่อชนิดของหลักฐานและการตีความข้อมูล</li><li>• สมมติฐานที่ดี ควรบอกว่าอะไรคือหลักฐานที่จะสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐานนั้น แต่ถ้าสมมติฐานนั้นไม่สามารถบอกได้ ก็จัดว่าเป็นสมมติฐานที่ไม่มีประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์</li><li>• นักวิทยาศาสตร์ อาจไม่สามารถหลีกเลี่ยงความลำเอียงที่เกิดขึ้นกับตนเอง กลุ่มตัวอย่าง วิธีวิจัย หรือเครื่องมือวิจัยได้ทุกครั้ง ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงต้องการรู้ถึงแหล่งที่มาของความลำเอียง และผลของความลำเอียงที่มีต่อหลักฐานที่ค้นพบ</li><li>• เพื่อหลีกเลี่ยงความลำเอียงที่อาจเกิดขึ้นขณะทำการสังเกต บางครั้งนักวิทยาศาสตร์จึงใช้ผู้สังเกตที่ไม่รู้ว่าผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นน่าจะเป็นอะไร</li></ul> |

| ธรรมชาติของ<br>วิทยาศาสตร์                                 | ตัวชี้วัดการเรียนรู้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                            | ช่วงชั้นที่ 3 (เกรด 6 ถึง 8)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | ช่วงชั้นที่ 4 (เกรด 9 ถึง 12)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| กิจการทาง<br>วิทยาศาสตร์<br><br>(Scientific<br>Enterprise) | <ul style="list-style-type: none"><li>คอมพิวเตอร์ กลายเป็นสิ่งที่มีค่ามหาศาลสำหรับวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เพราะ คอมพิวเตอร์ ช่วยให้ทำงานได้รวดเร็ว และเพิ่มศักยภาพของมนุษย์ในการเก็บ สะสม เรียบเรียง และวิเคราะห์ข้อมูล อีกทั้งยังช่วยเตรียมรายงานวิจัย แบ่งปันข้อมูลและความคิดกับนักสำรวจได้ทั่วโลก</li><li>การมีความความแม่นยำในการเก็บบันทึกข้อมูล ความใจกว้าง และการทำซ้ำ จะทำให้นักวิทยาศาสตร์ท่านนั้นมี “ความน่าเชื่อถือ” ตามมุมมองของนักวิทยาศาสตร์ท่านอื่นและสังคม</li><li>ความสนใจและทัศนคติของนักวิทยาศาสตร์สามารถส่งผลต่อคำถามวิจัยได้</li></ul> <p>นักวิทยาศาสตร์สร้างความสัมพันธ์กับนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลก โดยอาศัยการสร้างความสัมพันธ์ส่วนตัว และโดยองค์กรวิทยาศาสตร์ระหว่างประเทศ</p> | <ul style="list-style-type: none"><li>นักวิทยาศาสตร์ สามารถนำข้อมูล ความเข้าใจอย่างถ่องแท้ และทักษะการวิเคราะห์ที่ตนเองมีความเชี่ยวชาญ ไปอธิบายสิ่งที่สาธารณชนกำลังให้ความสนใจ การทำเช่นนี้เท่ากับว่า นักวิทยาศาสตร์สามารถช่วยให้ประชาชนเข้าใจถึงที่มาของเหตุการณ์ และตัดสินใจผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้</li><li>นักวิทยาศาสตร์ ไม่ควรแสดงความคิดเห็นในเรื่องที่ตนไม่มีความเชี่ยวชาญ</li><li>เมื่อไรก็ตามที่ นักวิทยาศาสตร์ มีความเป็นเจ้าของทั้งในเรื่องส่วนตัว สถาบัน และชุมชน นักวิทยาศาสตร์ท่านนั้นอาจจะมีความลำเอียงเอนก เช่นเดียวกับคนทั่ว ๆ ไป</li><li>การรักษาสัญญาต่อผู้ตรวจสอบ(peer review)และการตีพิมพ์ (publication) เป็นส่วนหนึ่งของประเพณีที่เข้มงวดของวิทยาศาสตร์ ที่ช่วยให้นักวิทยาศาสตร์จำนวนมาก ยังคงรักษาจรรยาบรรณวิชาชีพอยู่ได้ แต่หากมีการใช้ กลอุบาย บางอย่างที่ยังไม่สามารถตรวจสอบเจอ ณ เวลานั้น เมื่อถูกจับได้ นักวิทยาศาสตร์ท่านนั้นจะถูกประณามอย่างรุนแรงจากชุมชนนักวิทยาศาสตร์ และจะไม่ได้รับการยอมรับอีกต่อไป</li><li>เงินงบประมาณ มีผลต่อทิศทางของวิทยาศาสตร์ เพราะงานวิจัยที่มีงบประมาณ (เท่านั้น) จึงจะสามารถดำเนินการได้ แหล่งเงินทุนวิจัยส่วนใหญ่มาจากหน่วยงานภาครัฐบาล บริษัท/โรงงานภาคอุตสาหกรรม และความสนใจส่วนบุคคล</li><li>บ่อยครั้งที่ นักวิทยาศาสตร์ ไม่อาจให้คำตอบสุดท้ายต่อสิ่งที่สาธารณชนกำลังได้เถียงได้ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะ ข้อมูลที่อาจมีความเที่ยงตรงไม่เพียงพอ หรืออาจยังไม่มีทฤษฎีใดอธิบายปรากฏการณ์นั้นได้เหมาะสม หรือคำตอบนั้น อาจเกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบคุณค่าของสิ่งที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์</li><li>เพราะวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมหนึ่งของมนุษย์ ดังนั้น สิ่งที่สังคมเห็นว่ามีความค่า สิ่งนั้นจะส่งผลต่อสิ่งที่วิทยาศาสตร์เห็นว่ามีความค่าด้วยเช่นกัน</li><li>ทิศทางการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ได้รับอิทธิพลจากวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์เช่น การแสดงความคิดเห็นว่าอะไรคือคำถามวิจัยที่น่าสนใจ หรือ การสำรวจด้วยวิธีการใดน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย นอกจากนี้ ยังมีกระบวนการโดยคณะกรรมการหลากหลายสาขา เป็นผู้พิจารณาคัดเลือกว่าโครงร่างงานวิจัยใดควรได้รับงบประมาณสนับสนุน</li></ul> |

| ธรรมชาติของ | ตัวชี้วัดการเรียนรู้ |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             |                      | <ul style="list-style-type: none"><li>การเผยแพร่ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ นับเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์ โดยนักวิทยาศาสตร์จะนำเสนอข้อค้นพบ/ทฤษฎีในรูปแบบของเอกสารที่ตีพิมพ์แจกจ่ายในที่ประชุมหรือวารสารทางวิทยาศาสตร์ เอกสารเหล่านี้ช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สามารถเข้าถึงผลงาน และแสดงแนวคิดของตนให้ผู้อื่นได้พิจารณาวิจารณ์ เพื่อช่วยให้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ยังคงอยู่สืบต่อไป</li></ul> |

วิธีการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การส่งเสริมให้ผู้สอนมีความเข้าใจที่ถูกต้องว่ากระบวนการวิทยาศาสตร์ กับ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นั้นไม่ใช่สิ่งเดียวกัน นับเป็นความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่ง White (2006) ได้สรุปให้เห็นข้อแตกต่างว่า กระบวนการวิทยาศาสตร์ คือ การทำกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับการเก็บข้อมูล การตีความข้อมูล และการลงข้อสรุป ส่วนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นเรื่องเกี่ยวกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (epistemology of science) ที่ว่าองค์ความรู้วิทยาศาสตร์นั้นถูกพัฒนาขึ้นมาได้อย่างไร (McComas, Almazroa, and Clough, 1998) โดยธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สามารถแบ่งได้ 3 องค์ประกอบ คือ องค์ความรู้ กระบวนการ และวิธีการสร้างองค์ความรู้วิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ White (2006) ยังได้รวบรวมวิเคราะห์ และสังเคราะห์งานวิจัยและเอกสาร เพื่อนำเสนอแนวทางการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ได้ 3 วิธี ได้แก่

1) กรณีศึกษาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นตามประวัติศาสตร์ (Historical Case Studies of Error) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นำเสนอภาพทางสังคมวิทยาของวิทยาศาสตร์ (sociology of science) ซึ่งจะใช้อย่างสถานการณ์ของนักวิทยาศาสตร์ในอดีต ที่ทำข้อผิดพลาดบางประการเกี่ยวกับการสำรวจหรือศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ และนักวิทยาศาสตร์ได้ตรวจสอบ จนกระทั่งพบข้อผิดพลาดและได้ทำการแก้ไข ปรับปรุง และพัฒนา กลายเป็นองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ที่เราได้ศึกษากัน การจัดการเรียนรู้ด้วยกรณีศึกษานี้จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงพื้นฐานและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ เปรียบได้กับการที่แพทย์ ต้องเรียนรู้ศาสตร์ทางการแพทย์จากผู้ป่วยและ

โรคภัยไข้เจ็บในชีวิตประจำวัน หรือการที่ทนายความเรียนรู้กฎหมายจากการเกิดอาชญากรรมในสังคม มีใช้เรียนรู้จากตำราเพียงอย่างเดียว (Allchin, 2004)

2) ปฏิบัติการสืบเสาะและสะท้อนผล (Inquiry-Based Lab Activities with Reflection) เป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะ ที่ต้องใช้เวลาแก่ผู้เรียนได้สะท้อนความคิดว่า กิจกรรมที่ผู้เรียนกำลังปฏิบัติ นั้นได้เลียนแบบความซับซ้อน ยุ่งเหยิง ของวิธีการและชีวิตการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในประเด็นใดบ้าง และแต่ละประเด็นนั้น นักวิทยาศาสตร์ มีแนวทางการทำงานอย่างไรการจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้ ผู้สอนจะต้องนำผู้เรียนไปสู่การอภิปรายประเด็นต่าง ๆ และท้าทายให้ผู้เรียนสะท้อนความคิดออกมา เพื่อช่วยให้ ผู้สอนสามารถหยิบยกประเด็นของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ขึ้นมาอภิปรายได้อย่างเปิดเผย ตรงไปตรงมา (มีใช้นามากกว่าเป็นนัยหรือแฝงไว้ในกิจกรรมโดยคิดว่าผู้เรียนจะเข้าใจถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้เอง เปรียบเช่นกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะในอดีต)

3) การอภิปรายเกี่ยวกับวิวัฒนาการ (Discussion of Evolution) เป็นการเล่าเรื่องราวของนักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเรื่องวิวัฒนาการ โดยผู้สอนจัดเตรียมฟอสซิล (fossil) ของจริง ซึ่งจัดเป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ มาให้ผู้เรียนได้สัมผัส ตรวจสอบ และอภิปรายถึงหลักฐานแต่ละชิ้นว่า นักวิทยาศาสตร์ค้นพบหลักฐานเหล่านี้ได้อย่างไร และหลักฐานแต่ละชิ้นให้ข้อมูลอะไรแก่เราบ้าง จากนั้นจึงเล่าเรื่องราวของนักวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบหลักฐานแต่ละชิ้นให้ผู้เรียนได้ฟัง และเชื่อมโยงการค้นพบกับบริบททางสังคม ณ ช่วงเวลาที่ค้นพบฟอสซิลเหล่านั้น รวมทั้ง การเล่าเรื่องราวถึงพยายามของนักวิทยาศาสตร์ปัจจุบัน ที่พยายามรวบรวมข้อมูลจากอดีตจนถึงปัจจุบัน และได้พยายามลงข้อสรุปจากข้อมูลที่รวบรวมได้จากการสำรวจ สังเกต ตรวจสอบหลักฐานเหล่านี้ การจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้จะช่วยให้

ผู้เรียนเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการต่าง ๆ ที่สืบทอดมาจากประวัติศาสตร์ กับธรรมชาติของความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

ดังนั้น การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จำเป็นต้องพัฒนาผู้เรียนให้มีความเข้าใจที่ถูกต้องทั้งในด้านความรู้ กระบวนการ และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติ

ของวิทยาศาสตร์ ควรนำเรื่องราวของนักวิทยาศาสตร์ตามประวัติศาสตร์ ให้ผู้สอนและผู้เรียนได้ร่วมกันอภิปรายถึงวิทยาศาสตร์ทั้งในแง่ของการมองโลกแบบวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะความรู้แบบวิทยาศาสตร์ และกิจการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจและเห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์ จนนำไปสู่การเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ได้ในที่สุด

### เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2549). เอกสารอัดสำเนาเรื่อง การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Learning Science by Integrating Nature of Science) ใน โครงการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่อง “การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2544” จัดโดยนิสิตปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษารุ่นที่ 1 โครงการผลิตนักวิจัยด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์, หน้า 23-26.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2555). “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และตัวชี้วัดการเรียนรู้.” *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, ปีที่ 14 ฉบับที่ 3 กันยายน – ธันวาคม 2555, หน้า 119-124.
- Allchin, D. (2004). *Should the Sociology of Science Be Rate X?* *Science Education*, 88 (6), 934-946.
- Bartholomew, H., Osborne, J., & Ratcliffe, M. (2004). *Teaching Students "ideas-about-science": Five Dimensions of Effective Practice*. *Science Education*, 88 (5), 655-682.
- Donovan-White, C. (2006). *Teaching the Nature of Science*. *ACASEJAEESA*, 1 (7), 1-24.
- McComas, F., Almazroa, H., & Clough, P. (1998). The Nature of Science in Science Education: An Introduction. *Science and Education*, 7, 511-532.
- 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>