

เอกสารประกอบการสอน
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์



ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

คำว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (The Nature of science : NOS) เป็นคำศัพท์ทางวิชาการที่พบในวงการวิทยาศาสตร์ศึกษาอย่างแพร่หลาย ทั้งในเอกสารหลักสูตรและกรอบมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รวมทั้งในเอกสารรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังนี้

กุศลีน มุสิกุล (2551 : 66) ได้อธิบายว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์ที่ทำให้วิทยาศาสตร์แตกต่างจากศาสตร์อื่น ๆ เป็นค่านิยม ข้อสรุป แนวคิดหรือคำอธิบายที่บอกความหมายของวิทยาศาสตร์ กระบวนการทำงานของวิทยาศาสตร์ ความสัมพันธ์ของงานด้านวิทยาศาสตร์กับสังคม แนวคิดหรือคำตอบที่ผสมผสานกลมกลืนอยู่ในวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ รวมถึงการมองในเชิงปรัชญาเกี่ยวกับการกำเนิดธรรมชาติ วิธีการและขอบเขตของญาณวิทยาและในเชิงสังคมวิทยา

อาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ (2558 : 12) ได้ให้ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่าเป็นลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์ที่มีความแตกต่างจากสาขาอื่น ๆ อาทิ ลักษณะองค์ความรู้ วิทยาศาสตร์ วิธีการในการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยาของวิทยาศาสตร์ ลักษณะการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และการมีส่วนร่วมในกิจการทางวิทยาศาสตร์

ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์ (2559 : 23) ได้อธิบายว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นความเชื่อและค่านิยมที่ใช้อธิบายถึง ลักษณะเฉพาะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กิจการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกันของสังคม นักวิทยาศาสตร์ รวมทั้งความสัมพันธ์ ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2563 : 8) ได้อธิบายว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์ในแง่ต่าง ๆ เช่น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การทำงานหรือสังคมของนักวิทยาศาสตร์และคุณค่าของวิทยาศาสตร์ต่อสังคม

ลีเดอร์แมนและคณะ (Lederman, 1992 : 331; 2002 : 498) ได้อธิบายว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นปรัชญาแขนงหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับความรู้ของวิทยาศาสตร์ ลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์ วิธีการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดจากการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์กับสังคม

มักโคมัสและคณะ (Mccomas et al., 2002 : 4) ได้อธิบายว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานกันของศาสตร์ต่าง ๆ ที่มีการศึกษาวิทยาศาสตร์ในเชิงสังคม ไม่ว่าจะเป็นประวัติศาสตร์ สังคมศาสตร์ ปรัชญาวิทยาศาสตร์ ร่วมกับผลการวิจัยทางจิตวิทยา จนสามารถอธิบาย

ได้ว่า วิทยาศาสตร์คืออะไร วิทยาศาสตร์มีการทำงานอย่างไร นักวิทยาศาสตร์ทำงานเป็นกลุ่มสังคมอย่างไร และสังคมมีการชี้นำหรือตอบสนองต่องานด้านวิทยาศาสตร์อย่างไร

จากการให้ความหมายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ศึกษา สรุปได้ว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง ลักษณะเฉพาะ ค่านิยมและความเชื่อที่บอกถึงความเป็นวิทยาศาสตร์ การได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ สังคมหรือการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์กับสังคม

ดังนั้นจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความหมายของความเข้าใจและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จึงสรุปได้ว่า ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถทางสติปัญญาของบุคคลในการแปลความ ตีความ ขยายความ เชื่อมโยงความสัมพันธ์กับสิ่งใหม่และอธิบายให้เหตุผลในสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะเฉพาะ ค่านิยมและความเชื่อที่บอกถึงความเป็นวิทยาศาสตร์ การได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ สังคมหรือการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์กับสังคม

2. คุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาและองค์กรทางการศึกษามีมุมมองที่สอดคล้องและแตกต่างกันเกี่ยวกับคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังนี้

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ หรือ American association for the advancement of science (AAAS, 1993, Online) ได้แบ่งองค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 องค์ประกอบคือ

1. โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (The scientific world view) เป็นการอธิบายเกี่ยวกับมุมมองหรือโลกทัศน์ของนักวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ รอบตัวว่า นักวิทยาศาสตร์ทำงานโดยมีแนวความเชื่อพื้นฐานบางอย่างร่วมกัน ซึ่งทำให้แตกต่างจากการทำงานของผู้ใช้ที่ไม่ใช่ นักวิทยาศาสตร์ เช่น นักวิทยาศาสตร์มีความเชื่อว่า จักรวาลเป็นระบบที่มีเอกภาพ ซึ่งเราสามารถทำความเข้าใจได้ ความเข้าใจที่นักวิทยาศาสตร์มีต่อโลกยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ จึงมีการตั้งคำถามอย่างต่อเนื่องว่า ปรากฏการณ์ธรรมชาติมีกลไกการทำงานอย่างไร หรือมีความเชื่อว่า เมื่อเราศึกษาส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบแล้วจะสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับส่วนอื่น ๆ ได้ แต่ก็มีข้อจำกัดภายใต้เงื่อนไขบางประการ เช่น เมื่อศึกษาสิ่งมีชีวิตบางอย่างในห้องทดลองที่แตกต่างกันออกไปและนำผลการศึกษาไปใช้ในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติก็อาจจะได้ผลการทดลองที่แตกต่างออกไป หรือมีความเชื่อว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ค่อนข้างคงที่และเชื่อถือได้ เนื่องจากค่อย ๆ ถูกสั่งสมมาเป็นเวลานาน แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็สามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ นักวิทยาศาสตร์ไม่เคยยึดถือว่าความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้ครบถ้วนสมบูรณ์

2. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) เป็นกลุ่มแนวคิดที่อธิบายเกี่ยวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ว่า การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งครอบคลุมไปถึงการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง และการจัดกระทำข้อมูล เพื่อใช้สร้างคำอธิบายโดยมีขั้นตอนและกระบวนการที่ยืดหยุ่นไม่จำเป็นต้องเป็นลำดับขั้นตอนที่ตายตัว และมีจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ประกอบกับการใช้เหตุผลแบบหลักฐานเชิงประจักษ์ และเป็นทั้งการทำงานโดยส่วนตัวและการทำงานร่วมกันของกลุ่มคน

3. กิจการทางวิทยาศาสตร์ (The scientific enterprise) เป็นกลุ่มแนวคิดที่อธิบายเกี่ยวกับการทำงานทางวิทยาศาสตร์ว่า กิจการทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันมีลักษณะแตกต่างจากในอดีต เช่น มีความเป็นองค์กรอยู่ในสังคม ผู้ที่ทำงานด้านวิทยาศาสตร์สามารถเลี้ยงชีพได้จากการทำงานด้านนี้และนโยบายของรัฐบาลส่งผลต่อการสนับสนุนกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ของสังคม คุณลักษณะกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 4 ด้านหลัก ๆ คือ 1) โครงสร้างทางสังคมของวิทยาศาสตร์ 2) วิชาชีพและสถาบันที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ 3) จริยธรรมของกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ และ 4) บทบาทของนักวิทยาศาสตร์ในสังคม

สมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ หรือ The National Science Teacher Associations (NSTA, 2000, Online) ได้กล่าวถึง คุณลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์น่าเชื่อถือและมีความไม่คงทน ตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์ มีการตรวจสอบเพื่อดูความสอดคล้องของแนวคิดนั้นกับหลักฐานนั้นประกอบกัน
2. วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธีและไม่มีขั้นตอนตายตัว
3. ความคิดสร้างสรรค์มีความสำคัญและเป็นองค์ประกอบหนึ่งในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์
4. วิทยาศาสตร์ คือ การอธิบายปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ โดยอาศัยข้อค้นพบต่าง ๆ ที่ได้ในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์
5. กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน กฎได้มาจากการสิ่งที่สังเกตหรือสิ่งที่รับรู้ได้ในธรรมชาติ สร้างความสัมพันธ์จากสิ่งที่สังเกตในธรรมชาติ แต่ทฤษฎีเป็นการให้คำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ทฤษฎีไม่สามารถเปลี่ยนเป็นกฎได้ ถึงแม้จะมีหลักฐานมาสนับสนุนก็ตาม
6. ผลงานทางวิทยาศาสตร์สามารถสร้างโดยคนทั่วโลก
7. สังคมและวัฒนธรรมมีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
8. ประวัติของวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการและการปฏิวัติ ทฤษฎีเก่าก็จะถูกแทนที่ด้วยทฤษฎีใหม่ เมื่อมีหลักฐานเชิงประจักษ์ การตีความที่ชัดเจนและน่าเชื่อถือ

9. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกี่ยวข้องกันและส่งผลกระทบต่อซึ่งกันและกัน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์เข้าใจธรรมชาติและผลักดันให้นำความรู้ไปใช้ในการสร้างและพัฒนาเทคโนโลยี

ลีเดอร์แมน และคณะ ๆ (Lederman et al., 2002 : 499-502) ได้อธิบายคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ 8 คุณลักษณะดังนี้

1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน ซึ่งได้มาจากกระบวนการสืบเสาะอย่างมีระเบียบแบบแผน มีการสังเกตร่วมกับการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือและมีการลงข้อสรุป พิสูจน์ตรวจสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบ เพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ ของโลก

2. ความรู้วิทยาศาสตร์อาศัยการสังเกตและการลงความเห็น การสังเกตเป็นการบรรยายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นโดยอาศัยการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสของมนุษย์หรือเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ส่วนการลงความเห็นเป็นการให้ความหมาย ตีความกับข้อมูลที่ได้มาจากการสังเกต โดยการลงความเห็นจะขึ้นอยู่กับความเชื่อหรือแนวคิดของแต่ละบุคคล ซึ่งพิจารณาจากหลาย ๆ มุมมองของแต่ละบุคคลร่วมกันและส่งผลให้ได้มาซึ่งการแปลความที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3. กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ กฎและทฤษฎีแตกต่างกัน กล่าวคือ กฎ (Law) เป็นการบรรยายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สังเกตได้หรือหลักการอย่างหนึ่งที่เขียนอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ของระหว่างสิ่งสองสิ่งหรือมากกว่า เช่น กฎของข้อที่ 2 นิวตันจะกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงมวลของวัตถุและความเร่ง คือ เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุมีค่าเพิ่มขึ้น ความเร่งก็จะเพิ่มขึ้นด้วย แต่เมื่อมวลของวัตถุเพิ่มขึ้น ความเร่งของวัตถุจะลดลง ซึ่งกฎได้จากการทดลองหรือทดสอบหลาย ๆ ครั้ง มีพยานหลักฐานเชิงประจักษ์แล้วอุปมาเป็นข้อสรุปที่แสดงความสัมพันธ์ของสิ่งที่ถูกทดสอบ แต่ทฤษฎี (Theory) เป็นการอธิบายหลักการหรือข้อเท็จจริงและใช้ทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่ทฤษฎีจะเป็นคำอธิบายและตอบคำถามว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือการทดลองนั้น ๆ ให้ได้ เช่น ทฤษฎีจลน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกเวลล์ อธิบายการเปลี่ยนแปลงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าร้อน เป็นต้น

4. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานเชิงประจักษ์การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นอกเหนือจากการอาศัยการสังเกตและการลงความเห็นปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ แล้วยังรวมไปถึงการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการของมนุษย์ร่วมด้วย เพื่อใช้ในการอธิบาย ทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ หรือสร้างทฤษฎีขึ้นมา

5. ความเป็นอัตโนมัติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลและถูกขับเคลื่อนโดยกฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้รับการยอมรับในเวลานั้น กล่าวคือ การตั้งคำถามวิธีการสืบเสาะหาคำตอบและการตีความหมายของข้อมูลมักถูกเหนี่ยวนำกับกฎและทฤษฎีดังกล่าวอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทำให้วิทยาศาสตร์ก้าวหน้าไปภายใต้แนวคิดเดิมยกเว้นมีการตีความหมายของข้อมูลจากมุมมองที่แตกต่างจากเดิม โดยเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ความเป็นอัตโนมัติ รวมถึงค่านิยม ความเชื่อส่วนบุคคล ประสบการณ์เดิม ซึ่งคอยกำกับสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาและวิธีการใช้

6. สังคมและวัฒนธรรมมีอิทธิพลต่อความรู้วิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์เป็นกิจการที่ดำเนินการโดยมนุษย์ ดังนั้นจึงได้รับอิทธิพลจากสังคมและวัฒนธรรม ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ผู้นั้นเป็นสมาชิกอยู่ในสังคม ค่านิยมและความคาดหวังของวัฒนธรรมจะเป็นตัวกำหนดสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษา วิธีการศึกษา การตีความหมายข้อมูลและสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ ดังนั้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สังคมและวัฒนธรรมจึงมีความสัมพันธ์กันและมีผลกระทบซึ่งกันและกัน

7. วิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิธีการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์คนส่วนใหญ่มักมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีขั้นตอนตายตัว เหมือนดังตำราที่ได้กำหนดลำดับขั้นตอนวิธีทำไว้แล้วรวมทั้งจะต้องใช้เพียงวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เท่านั้นในการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้เพียงวิธีการใดวิธีการหนึ่งเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงการสังเกตการเปรียบเทียบ การวัด การทดสอบ การพิจารณา การสร้างแนวคิด การสร้างสมมติฐาน การสร้างทฤษฎีและการอธิบายด้วยหลักการและเหตุผลที่น่าเชื่อถือ

8. ความรู้วิทยาศาสตร์ไม่มีความคงทน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยความรู้จะนำมาอธิบายปรากฏการณ์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถือว่าไม่ใช่ความจริงสัมบูรณ์ นักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถทราบได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ตนสร้างขึ้นเป็นความจริงหรือไม่ ดังนั้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อความรู้ใหม่คัดค้านความรู้เดิม โดยความรู้ใหม่นั้นสามารถอธิบายได้กว้างขวาง ครอบคลุมมากกว่าหรือมีข้อมูล หลักฐานเชิงประจักษ์เพียงพอที่จะสนับสนุนความรู้นั้น โดยจะต้องมีการตรวจสอบด้วยหลักการและเหตุผลอย่างชัดเจน ซึ่งล้วนเป็นความไม่คงทนของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สถาบันวิทยาศาสตร์ (2555 : 11-13) ได้อธิบายคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งต้องอาศัยหลักฐานข้อมูล ผ่านการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นเหตุเป็นผล
2. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากมีหลักฐานหรือข้อมูลใหม่มาสนับสนุน
3. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาศัยการลงความเห็นจากหลักฐานที่ได้โดยการสังเกต

4. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับกันในยุคสมัยหนึ่งอาจเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลเพิ่มเติม

5. การหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยการสังเกตและการลงความเห็นจะแตกต่างกัน โดยการสังเกตจะให้ข้อมูลที่เป็นหลักฐานในการลงความเห็น

6. กฎและทฤษฎีเป็นชนิดของความรู้ที่แตกต่างกัน กฎคือแบบแผนที่ปรากฏในธรรมชาติ ส่วนทฤษฎีคือ คำอธิบายว่า เพราะเหตุใดแบบแผนของธรรมชาติจึงเป็นไปตามกฎนั้น ๆ เช่น ทฤษฎีพลังงานจลน์ของอนุภาคสามารถใช้อธิบายกฎของชาร์ลได้ เป็นต้น

7. การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์

8. การศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี เช่น วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การต่อยอดความรู้ ความบังเอิญ การทดลองโดยวิธีคิด (Thought experiment) เป็นต้น

9. วิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจประกอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์

10. วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมอย่างหนึ่งของมนุษย์ ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์ก็เป็นเหมือนคนธรรมดาทั่วไป เพียงแต่ทำงานเพื่อศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ

11. วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมอย่างหนึ่งของมนุษย์ ซึ่งได้รับผลกระทบจากประสบการณ์ การฝึกฝน ความเชื่อ ความรู้สึกนึกคิด เช่น ศีลธรรม ความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ การตีความ และมุมมองหรือแนวคิดที่หลากหลาย อดีตและความลำเอียง การปิดบังหรือไม่ยอมรับข้อมูลหรือผลการทดลอง ดังนั้นในการทำงานวิทยาศาสตร์จึงต้องมีกระบวนการตรวจสอบและประเมินความถูกต้องของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างเช่น การตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิหรือเพื่อนร่วมงาน การนำเสนอผลงาน การประชุม หรือการตีพิมพ์ในวารสาร

นอกจากนี้นักวิชาการไทยได้ทำการศึกษาในเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนจากต่างประเทศและได้นำเสนอคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หรือแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปจัดการเรียนรู้ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ (สสวท, 2561 : 15-16)

1. ความรู้วิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักฐาน
2. ความรู้วิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้
3. ความรู้วิทยาศาสตร์ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งต้องอาศัยหลักฐานข้อมูล ผ่านการคิดวิเคราะห์หรืออย่างเป็นเหตุเป็นผล
4. การศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี

5. การหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีทั้งการสังเกตและการลงความเห็น
6. การสังเกตและลงความเห็นมีความแตกต่างกัน
7. การหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาศัยการลงความเห็นจากหลักฐานที่ได้โดยการสังเกต
8. การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์
9. วิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจประกอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคุณลักษณะ
นักวิทยาศาสตร์
10. วิทยาศาสตร์คือ กิจกรรมอย่างหนึ่งของมนุษย์ ซึ่งได้รับผลกระทบจากประสบการณ์
การฝึกฝน ความเชื่อ ความรู้สึนึกคิดของคน
11. วิทยาศาสตร์คือ กิจกรรมการทำงานของมนุษย์ ซึ่งทำภายใต้สภาพแวดล้อมทางสังคม
และวัฒนธรรม ซึ่งจะส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน (วิทยาศาสตร์ สังคม และวัฒนธรรมส่งผลกระทบซึ่ง
กันและกัน)
12. วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และวัฒนธรรมจะส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน
13. กฎและทฤษฎีเป็นความรู้วิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน ทั้งกฎและทฤษฎีมีความสำคัญใน
การศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
14. กลุ่มของนักวิทยาศาสตร์อาจประกอบด้วยคนหลายเชื้อชาติ ทั้งหญิงชาย มีอายุที่
แตกต่างกัน โดยส่วนมากนักวิทยาศาสตร์จะทำงานเป็นกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนมุมมองและ
ความเชี่ยวชาญ
15. วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและวัฒนธรรมจะส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน
16. การทำงานของนักวิทยาศาสตร์จะช่วยในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศใน
ภาพรวม โดยวิทยาศาสตร์จะช่วยพัฒนาเทคโนโลยี และในขณะเดียวกันเทคโนโลยีก็จะส่งเสริมการ
ทำงานด้านวิทยาศาสตร์

จากการนำเสนอคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่พบจากการอธิบายของ
นักวิทยาศาสตร์ศึกษาและองค์กรทางการศึกษาสามารถวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่พบจากการอธิบายของนักวิทยาศาสตร์ศึกษาและองค์กรทางการศึกษา

คุณลักษณะธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์	AAAS (1993)	NSTA (2000)	Lederman et al. (2002)	สถาบัน วิทยาศาสตร์ (2555)	สสวท. (2561)
1. ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติสามารถทำ ความเข้าใจได้	✓	-	-	✓	✓
2. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีความไม่คงทน	✓	✓	✓	✓	✓
3. วิทยาศาสตร์ไม่สามารถ ให้คำอธิบายหรือคำตอบได้ ทุกคำถาม	✓	-	-	-	✓
4. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ต้องอาศัยหลักฐาน	✓	✓	✓	✓	✓
5. ความรู้วิทยาศาสตร์ สามารถเปลี่ยนแปลงได้	✓	✓	✓	✓	✓
6. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ต้องอาศัยความคิด สร้างสรรค์และจินตนาการ	✓	✓	✓	✓	✓
7. ความเป็นอัตนัยของ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	✓	-	✓	✓	✓
8. กระบวนการสืบเสาะหา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มี ความหลากหลาย	✓	✓	✓	✓	✓
9. นักวิทยาศาสตร์ พยายามหลีกเลี่ยงอคติและ ความลำเอียงที่อาจจะ เกิดขึ้นในการทำงานทาง วิทยาศาสตร์	✓	-	-	✓	-

ตารางที่ 1 (ต่อ)

คุณลักษณะธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์	AAAS (1993)	NSTA (2000)	Lederman et al. (2002)	สสวท. (2561)	สถาบัน วิทยาศาสตร์
10. นักวิทยาศาสตร์ต้อง ทำงานโดยยึดหลักจริยธรรม ทางวิทยาศาสตร์	✓	-	-	-	-
11. กฎและทฤษฎีทาง วิทยาศาสตร์เป็นความรู้ วิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน	✓	✓	✓	✓	✓
12. วิทยาศาสตร์อาศัยทั้ง การสังเกตและการลง ความเห็น	✓	-	✓	✓	✓
13. วิทยาศาสตร์เป็น กิจกรรมทางสังคม	✓	✓	✓	✓	✓
14. วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และ วัฒนธรรมมีผลกระทบซึ่งกัน และกัน	✓	✓	✓	✓	✓
15. ประวัติของ วิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นถึง วิวัฒนาการและการปฏิวัติ ของวิทยาศาสตร์	-	✓	-	-	-
16. นักวิทยาศาสตร์มีหลาย เชื้อชาติจะมีการแลกเปลี่ยน ประสบการณ์ และ ความเชี่ยวชาญ	-	-	-	✓	-

จากตารางที่ 1 คุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่พบจากการอธิบายของ
นักวิทยาศาสตร์ศึกษาและองค์กรทางการศึกษาพบว่า คุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มี

ความเห็นสอดคล้องกันโดยส่วนใหญ่คือ 1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความไม่คงทน 2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน 3) ความรู้วิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ 4) ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 5) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย 6) วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น ซึ่งมีความแตกต่างกัน 7) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม และ 8) วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและวัฒนธรรมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน ส่วนคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นำเสนอเพียงนักวิทยาศาสตร์ศึกษาและองค์กรทางการศึกษาบางท่าน ประกอบด้วย 1) ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติสามารถทำความเข้าใจได้ 2) วิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำอธิบายหรือคำตอบได้ทุกคำถาม 3) นักวิทยาศาสตร์พยายามหลีกเลี่ยงอคติและความลำเอียงที่อาจเกิดขึ้นในการทำงานทางวิทยาศาสตร์ 4) ประวัติของวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการและการปฏิบัติของวิทยาศาสตร์ และ 5) นักวิทยาศาสตร์มีหลายเชื้อชาติจะมีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์และความเชี่ยวชาญ

3. การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นเป้าหมายสำคัญที่หลายประเทศได้บรรจุไว้ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Lederman, 1992: 331) รวมถึงประเทศไทยซึ่งได้บรรจุไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนั้นผู้เรียนควรได้รับการปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และความเป็นไปในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (ประสาธน์ เองเฉลิม, 2558 : 43) กิจกรรมการเรียนรู้ต้องมีทั้งส่วนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิดและเปิดพื้นที่ในการให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกับกลุ่มเพื่อนและปรับเปลี่ยนแนวคิดให้เหมาะสมและสอดคล้องกับคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการเรียนรู้ที่มีการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้รับความสนใจทางวิทยาศาสตร์ศึกษาพบว่ามี 4 วิธีคือ

1. การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างไม่ชัดแจ้งหรือไม่บ่งชี้ (Implicit approach to NOS teaching) เป็นการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ผู้สอนมีมุมมองว่าเมื่อได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน เช่น การสำรวจ การทดลองทางวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ การทำโครงงานทางวิทยาศาสตร์ หรือกิจกรรมอื่น ๆ ตามกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แล้วผู้เรียนจะเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ขึ้นได้ด้วยตนเอง (สสวท, 2561 : 28) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ไม่ได้บ่งชี้หรือหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ มาอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนและครุคาดหวังว่านักเรียนจะมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้โดยอัตโนมัติเมื่อผ่านการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว (Abd-EL-Khalick & Lederman, 2000 : 665; Akerson, et al., 2000 : 296-297)

2. การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน (Explicit approach to NOS teaching) เป็นการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนจากกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเน้นประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยผู้สอนมีมุมมองว่าเมื่อผู้เรียนได้ทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ไปแล้ว ผู้เรียนอาจยังไม่สามารถระบุหรือเข้าใจคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ในกิจกรรมเหล่านั้นได้อย่างชัดเจน จึงจำเป็นต้องจัดสถานการณ์หรือกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ระบุและอภิปรายเพื่อทำความเข้าใจกับคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์เหล่านั้น (สสวท, 2561 : 28) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการได้รับการอภิปรายสะท้อนความคิดร่วมกันระหว่างครูกับนักเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะจัดด้วยวิธีการใดก็ได้ แต่ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องมีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน (Abd-EL-Khalick & Lederman, 2000 : 666; Akerson et al., 2000 : 297) ซึ่งจุดเด่นของการจัดการเรียนรู้คือ ผู้สอนมีการระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ทั้งเนื้อหาวิชาและเนื้อหาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้ผู้เรียนรับรู้อย่างชัดเจนก่อนดำเนินการสอนจริง ซึ่งทำให้ผู้สอนมีการวางแผนอย่างเป็นขั้น เป็นตอนและสามารถออกแบบกิจกรรมการสอนที่ครอบคลุมคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการให้ผู้เรียนเข้าใจได้ครบถ้วน รวมทั้งขณะที่ดำเนินการสอน ผู้สอนมีการระบุให้เห็นถึงคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยอาศัยคำถามนำในประเด็นเกี่ยวกับ คุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยให้ผู้เรียนมีการอภิปรายและแสดงความคิดเห็น รวมทั้งหาข้อสรุป ต่างๆ ด้วยตนเอง และผู้สอนมีการประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการแสดงความคิดเห็นในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนการสอน (Khishfe & Abd-EL-Khalick, 2002 : 554)

3. การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้ประวัติของวิทยาศาสตร์ (Historical approach to NOS teaching) ซึ่งคิซเฟร์และอับดุลคาลิก (Khishfe & Abd-EL-Khalick, 2002 : 552) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประวัติศาสตร์ของวิทยาศาสตร์เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยปรับปรุงความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ใช้เรื่องราว ประเด็นข้อถกเถียง และประวัติศาสตร์ของวิทยาศาสตร์ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เข้าใจถึงการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ผ่านประวัติศาสตร์ของวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้จะใช้ประวัติของวิทยาศาสตร์และการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ควบคู่กับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องสอดคล้องธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปในกระบวนการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (Abd-EL-Khalick & Lederman, 2000 : 1058) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในลักษณะเช่นนี้มีหลายรูปแบบและสามารถนำไปใช้ได้กับผู้เรียนตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงระดับมหาวิทยาลัย ได้แก่ บทความสั้น (Vignette) เรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ (Science stories) กรณีศึกษาทางประวัติศาสตร์ของ

วิทยาศาสตร์ (History of science case studies) การเล่าเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ (Scientific narratives) (Stinner et al., 2003 : 619-622)

4. การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้และสะท้อนคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Explicit and reflective approach to NOS teaching) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บ่งชี้ถึงคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยมีการกำหนดคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งนี้กิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ทักษะการคิดร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ อย่างหลากหลาย การอภิปราย แสดงความคิดเห็น ตลอดจนมีสะท้อนความคิดความเข้าใจของตนเองที่มีต่อคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ออกมาให้ผู้อื่นรับรู้และเข้าใจได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้เป็นวิธีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในขณะนี้ (Khishfe & Abd-ElKhalick, 2002 : 551-555)

จากการนำเสนอของนักวิทยาศาสตร์ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้รับความนิยมแบ่งออกเป็น 3 การจัดการเรียนรู้คือ 1) การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างไม่ชัดเจนหรือไม่บ่งชี้ (Implicit approach to NOS teaching) เป็นการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนจากกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเน้นประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยผู้สอนมีมุมมองว่า เมื่อผู้เรียนได้ทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ไปแล้ว 2) การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน (Explicit approach to NOS teaching) เป็นการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนจากกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเน้นประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยผู้สอนมีมุมมองว่า เมื่อผู้เรียนได้ทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ไปแล้ว ผู้เรียนอาจยังไม่สามารถระบุหรือเข้าใจคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แฝงอยู่ในกิจกรรมเหล่านั้นได้อย่างชัดเจน จึงจำเป็นต้องจัดสถานการณ์หรือกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ระบุและอภิปรายเพื่อทำความเข้าใจกับคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์เหล่านั้น 3) การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้ประวัติของวิทยาศาสตร์ (Historical approach to NOS teaching) เป็นการจัดการเรียนรู้จะใช้ประวัติของวิทยาศาสตร์และการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ควบคู่กับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องสอดคล้องธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปในกระบวนการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน และ 4) การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้และสะท้อนคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Explicit and reflective approach to NOS teaching) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บ่งชี้ถึงคุณลักษณะ

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนได้เรียนรู้โดยผู้สอนมีการกำหนดคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ การอภิปราย การแสดงความคิดเห็น และผู้เรียนสะท้อนความคิดความเข้าใจของตนเองที่มีต่อคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้สอนวางแผนไว้

4. การวัดและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

4.1 แนวทางการวัดและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้พยายามพัฒนาวิธีการวัดและประเมินการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของครูและนักเรียน ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันมีเครื่องมือหลายชนิดที่นำมาใช้วัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ อาทิ Paper and Pencil Test ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น การเลือกคำตอบ ถูกผิด เห็นด้วย หรือไม่เห็นด้วย หรือเป็นแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกโดยไม่มีการแสดงเหตุผลประกอบการเลือกตอบ เมื่อพิจารณาการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ในปัจจุบันหลากหลายการศึกษาเน้นที่การประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดที่มีลักษณะปลายเปิด (Open-ended questionnaires) ร่วมกับการสัมภาษณ์ที่นิยมมาก คือ แบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (View of Nature of Science Questionnaire: VNOS) พัฒนาโดย ลีเดอร์แมน และคณะ (Lederman et al., 2002 : 497-503) ซึ่ง VNOS มีหลายรูปแบบ (ฟอร์ม A, B, C, D และ E)

ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้พยายามพัฒนาเครื่องมือประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องเพื่อให้มีความตรง (Validity) มากยิ่งขึ้น รวมทั้งเพื่อให้มีความหลากหลายในแง่ของการนำไปใช้กับกลุ่มบุคคลต่าง ๆ โดยการสร้างเครื่องมือประเมินได้นำเอาข้อจำกัดของเครื่องมือก่อนหน้ามาใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างเครื่องมือประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เครื่องมือประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากอดีตจนถึงปัจจุบัน (Lederman, et al., 1998 : 333-334) แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เครื่องมือวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากอดีตจนถึงปัจจุบัน

ปี	เครื่องมือ	ผู้สร้างเครื่องมือ
1954	Science attitude questionnaire (SAQ)	Wilson
1958	Facts about science test (FAST)	Stice
1959	Science attitude scale	Allen
1961	Test on understanding science (TOUS)	Cooley & Klepfer
1962	Processes of science test	BSCS
1966	Inventory of Science Attitudes, Interests, and Appreciations	SWAN
1967	Science process inventory (SPI)	Welch
1967	Wisconsin inventory of science processes (WISP)	Scientific literacy research center
1968	Science support scale	Schwirian
1968	Nature of science scale (NOSS)*	Kimball
1969	Test on the social aspects of science (TSAS)	Korth
1970	Science attitude inventory (SAI)	Moore & Sutman
1974	Science inventory (SI)	Hungerford & Walding
1975	Nature of science (NOST)	Billeh & Hasan
1975	View of science test (VOST)	Hillis
1976	Nature of scientific knowledge scale (NSKS)	Rubba
1978	Test of science related attitudes (TOSRA)	Fraser
1980	Test of enquiry skills (TOES)	Fraser
1981	Conception of scientific theories test (COST)	Cotham & Smith
1982	Language of science (LOS)	Ogunniyi
1987	Views on Science -Technology -Society (VOSTS)	Aikenhead, Fleming & Ryan
1990	View of nature of science (VNOS-A)	Lederman & O'Malley
1992	Modified nature of scientific knowledge scale (MNSKS)	Meichtry

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ปี	เครื่องมือ	ผู้สร้างเครื่องมือ
1995	Critical incidents	Nott & Wellington
1998	Views of nature of science B (VNOS-B)	Abd-El-Khalick, Bell & Lederman
2000	View of nature of science C (VNOS-C)	Abd-El-Khalick, Bell & Lederman
2002	View of nature of science D (VNOS-C)	Lederman & Khishfe
2004	View of nature of science E (VNOS-E)	Lederman & Ko
2005	Understanding of science and scientific inquiry (SUSSI)	Liang et al.
2006	Questionnaire of opinions on science technology, and society (COCTS)	Vazduez-Alonso, Mamassero-Mas & Acevedo-Diaz
2006	View on science and education (VOSE)	Chen
2009	Views about scientific measurement (VASM)	Ibrahim, Buffler & Ludden

ที่มา : (Lederman, 2007, 862)

(Suzuri-Hernandez, 2010, 54)

จากการนำเสนอเกี่ยวกับเครื่องมือวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ศึกษาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันหลายท่านสรุปได้ว่า เครื่องมือวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย แบบเลือกตอบ (Multiple choice) 2) แบบถูกผิด (True or False) 3) แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) และ 4) แบบสอบถามปลายเปิด (Open-end questionnaire) ทั้งนี้ในการนำไปใช้ควรคำนึงถึงจุดประสงค์ของการวิจัย คุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่จะประเมินกับผู้เรียน รวมทั้งระดับชั้นของผู้เรียนด้วย

4.2 ตัวอย่างเครื่องมือวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

เครื่องมือวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่พบโดยทั่วไปในปัจจุบันสามารถจำแนกได้ตามรูปแบบของเครื่องมือ ได้แก่ แบบเลือกตอบ (Multiple choice) 2) แบบถูกผิด (True or False) 3) แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) และ 4) แบบสอบถามปลายเปิด (Open-end questionnaire) ซึ่งเครื่องมือแต่ละแบบมีรายละเอียดและตัวอย่างของเครื่องมือดังนี้

1. เครื่องมือวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบเลือกตอบ (Multiple choice) โดยส่วนใหญ่เครื่องมือนี้จะประกอบด้วยข้อคำถามที่มีตัวเลือกให้ผู้เรียนเลือกคำตอบที่ตรงกับแนวคิดของตนเองมากที่สุด และอาจมีคำถามให้ผู้เรียนตอบคำถามสั้น ๆ (Lederman, 2007 : 836-838) เช่น Test on Understanding Science (TOUS) Nature of Science Test (NOST) หรือมีลักษณะเป็น Likert Scale แบ่งระดับความคิดเห็นว่าเห็นด้วย หรือไม่เห็นด้วยในระดับใด เช่น Wisconsin Inventory of Science Processes (WISP), Science Process Inventory (SPI), Nature of Science Scale (NOSS), Views of Science Test (VOST), Nature of Scientific Knowledge Scale (NSKS), Conception of Scientific Theories Test (COST) และ Modified Nature of Scientific Knowledge Scale (M-NSKS)

ตัวอย่างเครื่องมือวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบเลือกตอบคือ Test on understanding science (TOUS) ซึ่งพัฒนาโดย คูเลอร์และโคลเฟอร์ (Cooler & Kolpfer, 1961 อ้างถึงใน Lederman, 2007 : 863) มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ซึ่งแบ่งคะแนนเป็นคะแนนรวมและคะแนนทั่วไป โดยแบ่งคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 มาตราส่วนย่อย (Subscale) คือ 1) ความเข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์ 2) ความเข้าใจเกี่ยวกับนักวิทยาศาสตร์ และ 3) ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการและเป้าหมายของวิทยาศาสตร์ สำหรับตัวอย่างข้อคำถามของเครื่องมือวัดนี้มีดังนี้

ข้อคำถามที่ 9 ถ้าเราเปรียบเทียบความสำเร็จของนักวิทยาศาสตร์กับความสำเร็จของประชาชนในอาชีพอื่น ๆ เป็นส่วนใหญ่ เราพบสิ่งเหล่านี้

- a. นักวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มที่จะมีรายได้สูงกว่าอาชีพอื่น ๆ
- b. นักวิทยาศาสตร์ต้องการการฝึกอบรมเฉพาะทางเพิ่มเติมมากกว่าอาชีพอื่น ๆ
- c. นักวิทยาศาสตร์และประชาชนที่ประกอบอาชีพอื่น ๆ ได้มีการกำหนดกฎหมายรับรองที่เข้มงวด ซึ่งจะกันผู้ที่ไม่ผ่านคุณสมบัติ
- d. นักวิทยาศาสตร์และประชาชนที่ประกอบอาชีพอื่น ๆ มักจะอุทิศตนเองส่วนใหญ่ให้กับงานของพวกเขา

ข้อคำถามที่ 27 สมาคมเคมีอเมริกัน (American chemical society : ACS) เป็นหนึ่งในสมาคมที่ใหญ่ที่สุดทางวิทยาศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งทำหน้าที่ดังต่อไปนี้

- a. เจรจาทำสัญญากับบริษัทว่าจ้างนักเคมี
- b. ให้ความช่วยเหลือสมาชิกในการหางานใหม่
- c. เผยแพร่วารสารและหนังสือด้านเคมี
- d. สร้างมาตรฐานในสาขาวิชาเคมี

ที่มา : (Lederman et al., 1998, 335)

2. เครื่องมือวัดและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบเลือกถูกผิด (True or False)

เครื่องมือวัดนี้ประกอบไปด้วยข้อความเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งให้ผู้เรียนอ่านและตัดสินใจว่า ข้อความนั้น “ถูก” หรือ “ผิด” หรืออาจให้เลือกว่า “เห็นด้วย” หรือ “ไม่เห็นด้วย” กับข้อความนั้น และอาจมีตัวเลือกให้เลือกตอบว่า “ไม่รู้” (Don't know) ในกรณีที่ผู้เรียนไม่สามารถแสดงความคิดเห็นหรือตัดสินใจ เช่น แบบสอบถามของ Murcia และ Schibeci ได้นำข้อความจากแบบทดสอบ Test of Basic scientific literacy ของ Laugksch และ Spargo มาจัดทำเป็นข้อความเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ให้ผู้เรียนอ่านแต่ละข้อความและพิจารณาว่าข้อความนั้น “ถูก” “ผิด” หรือ “ไม่รู้” เพื่อตรวจสอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนตามแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของสมาคมอเมริกันเพื่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์ (AAAS) (Murcia & Schibeci, 1999 อ้างถึงใน สสวท., 2561 : 64-65) สำหรับตัวอย่างข้อเครื่องมือวัดนี้มีดังนี้

ข้อความเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	วงกลมล้อมรอบคำตอบ		
3. ในวิทยาศาสตร์ไม่มีคำอธิบายอย่างเหนือธรรมชาติเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ	ถูก	ผิด	ไม่รู้
18. ในการสำรวจตรวจสอบ นักวิทยาศาสตร์ไม่ควรมีความรู้สึกที่ว่าผลลัพธ์ใดที่ควรเกิดขึ้น	ถูก	ผิด	ไม่รู้
24. นักวิทยาศาสตร์มักจะทำงานเพียงลำพังในการพยายามทำความเข้าใจโลกธรรมชาติ	ถูก	ผิด	ไม่รู้

ที่มา : (สสวท., 2561, 67-68)

3. เครื่องมือวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale)

เครื่องมือนี้ประกอบด้วยข้อความเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยให้ผู้เรียนอ่านและเลือกให้คะแนนตามระดับของความคิดเห็นที่สอดคล้องกับความคิดของตนเองมากที่สุดตั้งแต่ระดับความคิดเห็นเห็นด้วยอย่างยิ่งจนถึงไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง เช่น View of Science Test (VOST) ที่พัฒนาขึ้นโดย ฮิลลิส (Hillis, 1975 : 33-37) เพื่อวัดความเข้าใจในองค์ประกอบของวิทยาศาสตร์มีความเป็นพลวัตโดยเฉพาะ โดยเครื่องมือประกอบไปด้วยข้อความจำนวน 40 ข้อความ เพื่อวัดว่าผู้ตอบเข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีความเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่โดยออกแบบเครื่องมือเป็นแบบวัดประเภทมาตราประมาณค่า (Likert scale) ที่มี 5 ระดับในการเลือกตอบ ซึ่งค่อนข้างได้ผลดีเนื่องจากมีหลายระดับที่สามารถเลือกตอบได้ แต่อย่างไรก็ตามก็ยังคงขาดเรื่องของความละเอียดในเชิงลึกของคำตอบ Lederman, 2007 : 864) สำหรับตัวอย่างของเครื่องมือนี้มีรายละเอียดดังนี้

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
3. นักวิทยาศาสตร์ไม่เห็นด้วยกับแนวคิดพื้นฐานของอะตอม					
5. อะตอมมีอยู่จริง แต่ไม่ได้มาจากการสังเกตโดยตรง					
19 . กฎของธรรมชาติโดยส่วนใหญ่ได้มาจากการค้นพบทางวิทยาศาสตร์					

ที่มา : (Hillis, 1975, 36-37)

4. เครื่องมือวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบคำถามปลายเปิด (Open-ended questionnaire)

เครื่องมือวัดชนิดนี้จะมีคำถามปลายเปิดสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้แบบสอบถามที่มีคำถามปลายเปิดให้ผู้เรียนเขียนอธิบายคำตอบแล้วตามด้วยการสัมภาษณ์ผู้เรียน แบบกึ่งโครงสร้างหรือใช้คำถามปลายเปิดถามผู้เรียนในลักษณะของการสัมภาษณ์รายบุคคลหรือการอภิปรายร่วมกันเป็นกลุ่ม คำถามปลายเปิดที่ใช้อาจเป็นคำถามสั้น ๆ ตรงประเด็นหรือเป็นเรื่องราวจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ผู้เรียนอ่านแล้วตอบคำถามทำเรื่อง ซึ่งปัจจุบันเครื่องมือนี้มีอิทธิพลมากที่สุดในการวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือ Views of Nature of science questionnaire (VNOS) พัฒนาโดย ลีเดอร์แมน และคณะ (Lederman et al. 2002) ซึ่ง VNOS มีหลายรูปแบบ (ฟอร์ม A, B, C, D, และ E) ทุกฟอร์มประกอบด้วยคำถามปลายเปิด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนทั้ง 8 คุณลักษณะคือ 1) ความรู้วิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ 2) วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น 3) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน 4) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย 5) ความเป็นอัตโนมัติของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ 6) ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 7) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม และ 8) วิทยาศาสตร์

เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน สำหรับรายละเอียดของแต่ละฟอร์มของ VNOS มีรายละเอียดดังนี้ (Lederman et al., 2002 : 503-511)

VNOS-A ได้พัฒนาโดย Lederman & O'Malley เป็นคำถามปลายเปิดจำนวน 7 ข้อ ใช้ประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อย่างไรก็ตามยังมีข้อกังวลเกี่ยวกับความไม่ชัดเจนของภาษา ความหมายเฉพาะที่ผู้เรียนให้เหตุผลของศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การพิสูจน์ เช่น การพิสูจน์ กฎ ทฤษฎี ความจริงแท้ ประจักษ์พยาน อาจนำไปสู่การตีความผิดพลาด เกี่ยวกับความเข้าใจของนักเรียนโดยนักวิจัย ซึ่งคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่วัดประกอบด้วย 5 คุณลักษณะคือ 1) ความรู้วิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ 2) การสังเกตและการลงความเห็น 3) จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ 4) ความรู้วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ตรวจสอบได้ และ 5) ความสัมพันธ์ระหว่างกฎกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

สำหรับ VNOS-B ปี ค.ศ. 1998 Lederman ร่วมกับ Abd-El-Khalick and Bell ปรับปรุง VNOS-A และคุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก็ยังคงมุ่งเน้นไปที่ 5 คุณลักษณะคือ 1) ความรู้วิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ 2) การสังเกตและการลงความเห็น 3) จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ 4) ความรู้วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ตรวจสอบได้ และ 5) ความสัมพันธ์ระหว่างกฎกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งคุณลักษณะทั้งหมดตั้งอยู่บนพื้นฐานของกรอบแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เครื่องมือนี้ได้รับการออกแบบเพื่อใช้ประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูฝึกหัดระดับมัธยมศึกษา และนำไปใช้ประเมินผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษา

VNOS-C ถูกสร้างจากการปรับเปลี่ยนคำถามจาก VNOS-B และเพิ่มข้อความขึ้นมาใหม่ 5 ข้อ โดย Abd-El-Khalick ในปี ค.ศ. 1998 เช่นเดียวกัน ซึ่งวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงคือขยายขอบเขตของ VNOS ที่ผ่านมาก่อนหน้า นอกจากนี้กรอบแนวคิดของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ยังครอบคลุม VNOS-B โดย VNOS-C เครื่องมือประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ VNOS-C มีการปรับในแง่ความเหมาะสมด้านภาษาและข้อความจาก VNOS A และ VNOS- B และมีแนวทางการสัมภาษณ์อย่างชัดเจน ความตรงของเครื่องมือถูกสร้างขึ้น จากการเปรียบเทียบการเขียนตอบ และการสัมภาษณ์เพิ่มเติม นับเป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมในทางปฏิบัติ VNOS-C ประกอบด้วยข้อความ 10 ข้อ ใช้เวลาตอบประมาณ 45-60 นาที เครื่องมือชนิดนี้ถูกออกแบบเพื่อนำไปใช้สำหรับนักเรียนก่อนระดับปริญญาตรีและนักศึกษาในวิทยาลัย ทั้งนี้คุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่วัดประกอบด้วย 8 คุณลักษณะ ได้แก่ 1) ความรู้วิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ 2) วิทยาศาสตร์อาศัยทั้งการสังเกตและการลงความเห็น 3) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน 4) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความหลากหลาย 5) ความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ 6) ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีผลต่อการสร้างความรู้ทาง

วิทยาศาสตร์ 7) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคม และ 8) วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคมมีผลกระทบซึ่งกันและกัน สำหรับตัวอย่าง เครื่องมือประเมินธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ VNOS-C

ข้อที่ 1 “วิทยาศาสตร์คืออะไร” และความรู้ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากความรู้ในสาขาอื่นๆ เช่น ศิลปะ สังคมศึกษา เป็นต้น หรือไม่ อย่างไร

ข้อที่ 3 “นักวิทยาศาสตร์สองคนมีความสนใจทำการศึกษาค้นคว้าในเรื่องเดียวกัน แต่ทำงานภายใต้บริบททางสังคมที่แตกต่างกันและไม่เคยพบหรือพูดคุยกันมาก่อน” กระบวนการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองคนจะเหมือนกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

ที่มา : (ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์, 2559, 220)

จากการนำเสนอเครื่องมือ วิธีการในการวัดและประเมินผล รวมทั้งตัวอย่างของเครื่องมือวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่าน สรุปได้ว่าเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีมากมายและหลากหลาย ดังนั้นการนำหรือสร้างเครื่องมือวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ต้องพิจารณา ทำความเข้าใจและคำนึงถึงข้อดี ข้อจำกัดของเครื่องมือให้รอบคอบ และเลือกนำมาใช้หรือสร้างให้สอดคล้องและเหมาะสมกับบริบทของกลุ่มตัวอย่าง คุณลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด ขณะเดียวกันต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยด้วย สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยพยายามเลือกและปรับปรุงเครื่องมือวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมกับระดับชั้นของกลุ่มที่ศึกษา ซึ่งเป็นนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู วิทยาศาสตร์ จึงใช้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Views of Nature of Science C: VNOS-C) ของ ลีเดอร์แมน และคณะ (Lederman et al., 2002 : 508-511) ปรับปรุงโดย ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์ (2559 : 220-221)

4.3 เกณฑ์การประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

จากการนำเสนอของนักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านเกี่ยวกับเครื่องมือวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะหลายรูปแบบคือ แบบเลือกตอบ แบบถูกผิด แบบมาตราส่วนประมาณค่า และแบบคำถามปลายเปิด ผู้วิจัยขอแนะนำเสนอเกณฑ์การประเมินของแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบมาตราส่วนประมาณค่า และแบบคำถามปลายเปิด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. เกณฑ์การประเมินผลของแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบมาตราส่วนประมาณค่า

นันทวุฒิ นิยมวงษ์ (2558 : 113-119) สำนวความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของอาจารย์ผู้สอน โดยงานวิจัยยึดกรอบวิจัยเกี่ยวกับคุณลักษณะธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของ Lederman ทั้ง 6 คุณลักษณะ ได้แก่ 1) การสังเกตและการลงความเห็น 2) การเปลี่ยนแปลงของทฤษฎี 3) กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ 4) อิทธิพลของสังคมต่อวิทยาศาสตร์ 5) วิทยาศาสตร์กับจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ 6) กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบวัดมาตรฐานความเข้าใจวิทยาศาสตร์และการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (Student Understanding of Science and Scientific Inquiry : SUSSI) สำหรับเกณฑ์การประเมินเพื่อแบ่งกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 กลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แนวทางการจัดกลุ่ม และระดับคะแนนเฉลี่ย

กลุ่มความเข้าใจ	แนวทางการจัดกลุ่ม	ระดับคะแนนเฉลี่ย
ความเข้าใจสอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (Informed view)	คำอธิบายของนักเรียนสอดคล้องกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันทั้งหมด	3.41-5.00
ความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (Transitional view)	คำอธิบายของนักเรียนสอดคล้องกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วนทั้งหมด และคำอธิบายของนักเรียนสอดคล้องกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันบางส่วนและไม่สอดคล้องกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันบางส่วน	1.71-3.40
ความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (Naïve view)	คำอธิบายของนักเรียนไม่สอดคล้องกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันทั้งหมด หรือมีการตอบคำถามไม่ตรงกับประเด็นที่ถาม หรือไม่ตอบคำถามรวมทั้งไม่แสดงความคิดเห็นใดๆเลย	ต่ำกว่า 1.71

ที่มา : (นันทวุฒิ นิยมวงษ์, 2558, 77-78)

2. เกณฑ์การประเมินผลของแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบคำถามปลายเปิด

สำหรับแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้นำเสนอ ดังนี้

คิซเฟร์ และลีเดอร์แมน (Khishfe & Lederman, 2006 : 405) ได้จัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบ่งความเข้าใจออกเป็น 4 กลุ่ม คือ 1) ความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (Informed view : IV) และ 2) ความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (Transitional view : TV) 3) ความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (Naïve view : NV) และ 4) ไม่มีความเข้าใจ หรือไม่ตอบคำถาม (nonunderstanding or unanswered: NU) ซึ่งแต่ละกลุ่มความเข้าใจมีแนวทางการจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 กลุ่มความเข้าใจ และแนวทางการจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของคิซเฟร์ และลีเดอร์แมน (Khishfe & Lederman)

กลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	แนวทางการจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
ความเข้าใจสอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (Informed view : IV)	คำตอบหรือคำอธิบายสอดคล้องกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันทั้งหมด
ความเข้าใจในระยะปรับเปลี่ยน (Transitional view : TV)	คำตอบหรือคำอธิบายสอดคล้องกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วนทั้งหมด และคำตอบหรือคำอธิบายสอดคล้องกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันบางส่วนและไม่สอดคล้องกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันบางส่วน
ความเข้าใจไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ (Naïve view : NV)	คำตอบหรือคำอธิบายไม่สอดคล้องกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันทั้งหมด
ไม่มีความเข้าใจ หรือไม่ตอบคำถาม (nonunderstanding or unanswered: NU)	ไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม คำตอบไม่แสดงถึงความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ที่มา : (Khishfe & Lederman, 2006, 405)

ลีเดอร์แมน และคณะ (Lederman et al., 2002 : 514-517) ได้จัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบ่งความเข้าใจออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) ความเข้าใจถูกต้อง (Informed understanding) 2) ความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (Partially informed understanding) และ 3) ความเข้าใจคลาดเคลื่อน (Naïve understanding) ซึ่งแต่ละกลุ่มความเข้าใจมีแนวทางการจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 กลุ่มความเข้าใจ และแนวทางการจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดลีเดอร์แมน และคณะ (Lederman et al.)

กลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	แนวทางการจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
ความเข้าใจถูกต้อง (Informed understanding)	คำตอบหรือคำอธิบายถูกต้องสอดคล้องกับมติประชาคมทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันทั้งหมด
ความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (Partially informed understanding)	คำตอบหรือคำอธิบายสอดคล้องกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วนทั้งหมด และคำตอบหรือคำอธิบายสอดคล้องกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันบางส่วนและไม่สอดคล้องกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันบางส่วน
ความเข้าใจคลาดเคลื่อน (Naïve understanding)	คำตอบหรือคำอธิบายไม่สอดคล้องกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันทั้งหมด

ที่มา : (Lederman et al., 2002, 514-517)

จากเกณฑ์การประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นำเสนอโดยนักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่าน สรุปได้ว่า เกณฑ์การประเมินมีหลากหลายทั้งที่ใช้ประเมินกับแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า และแบบคำถามปลายเปิด ซึ่งการแบ่งกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ 1) ความเข้าใจถูกต้อง (Informed understanding) 2) ความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (Partially informed understanding) และ 3) ความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (Partially informed understanding) ทั้งนี้ในการเลือกใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแบบใดนั้นควรคำนึงถึงจุดประสงค์ในการวัดและประเมิน รวมถึงลักษณะหรือรูปแบบของเครื่องมือวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์