การศึกษาการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู
ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

นางสาวปริณดา ลิมปานนท์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร การสอน และเทคโนโลยีการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-2058-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A STUDY OF THE INSTRUCTION ON THE NATURE OF SCIENCE OF TEACHERS ACCORDING TO SCIENCE STRAND

Miss Parinda Limpanont

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master Education in Science Education
Department of Curriculum, Instruction, and Educational Technology
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2004

ISBN 974-53-2058-7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โดย	นางสาวปริณดา ลิมปานนท์
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.พฤทธิ์ ศิริบรรณพิทักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นางสาวปริณดา ลิมปานนท์: การศึกษาการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. (A STUDY OF THE INSTRUCTION ON THE NATURE OF SCIENCE OF TEACHERS ACCORDING TO SCIENCE STRAND) อ. ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. อลิศรา ชูชาติ, 132 หน้า. ISBN 974-53-2058-7.

การวิจัยเรื่อง การศึกษาการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพมี ตัวอย่างการศึกษาคือ ครูวิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 3 โรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกรุงเทพมหานคร จำนวน 5 คน ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยการสังเกตการจัดการเรียนการสอน การศึกษาเอกสาร และการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง หลังการสังเกต ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. สาระธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ครูสอน มีทุกด้านตรงกับกรอบการศึกษาคือ ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกิจการทางวิทยาศาสตร์ โดยธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ครูสอนมากที่สุด คือ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ส่วนด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีการพบเป็นจำนวนน้อย ซึ่งสาระธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แต่ละด้านในการสอนของครู มีดังนี้

1.1 ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ พบว่าครูสอน วิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยเน้นในขั้นทำการทดลอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่พบว่ามีการสอนมาก ได้แก่ ทักษะสังเกต ทักษะทดลอง ทักษะตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะการวัด ทักษะการใช้เลขจำนวน และทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ตามลำดับ จิตวิทยาศาสตร์ที่พบว่ามีการสอนมากที่สุด คือ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ รองลงมาคือ ความสนใจใฝ่รู้ ความละเอียดรอบคอบ ความมีเหตุผล และการร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

1.2 ด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ พบว่าครูมีการสอนเฉพาะประเด็นเรื่อง “บุคคลทุกคนไม่ว่าเพศใด สัญชาติใด ก็มีส่วนร่วมในการดำเนินงาน และการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้”

1.3 ด้านของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่าครูมีการสอนในด้าน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีกฎเกณฑ์เฉพาะคือยึดถือหลักเหตุผลและระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทดสอบได้ และจำเป็นต้องได้รับการพิสูจน์ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความจริงชั่วคราว

2. วิธีการที่ครูใช้ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากที่สุดคือ การบรรยาย นอกจากนั้นพบบ้างได้แก่ การแนะนำแหล่งเรียนรู้ และให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง การทดลอง และ การมอบหมายงาน

3. เหตุผลที่ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มี 2 ประการคือ สอนตามวัตถุประสงค์หลักสูตรวิทยาศาสตร์ และครูมีความต้องการพัฒนานักเรียนในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิตประจำวันและการเป็นนักวิทยาศาสตร์ แต่ก็พบว่าบางครั้งครูไม่ได้ตระหนักว่าสอนเรื่องดังกล่าว

ภาควิชาหลักสูตร การสอน และเทคโนโลยีการศึกษา ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2547

458 37285 27 : MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEY WORD: INSTRUCTION / NATURE OF SCIENCE / TEACHERS

PARINDA LIMPANONT: A STUDY OF THE INSTRUCTION ON THE NATURE OF SCIENCE OF TEACHERS ACCORDING TO SCIENCE STRAND. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. ALISARA CHUCHAT, Ph.D., 132 pp.

ISBN 974-53-2058-7.

A study of the nature of science instruction according to science strand is a qualitative research. The samples of the study were 5 science teachers at a lower secondary education in schools under the office of the basic education commission in Bangkok. The data were collected by means of classroom observation, document analysis and semi-structured interview. It was found that:

1. Regarding to the three issues of the nature of science conceptual framework; the nature of scientific knowledge, the scientific inquiry and the scientific enterprise, it was found that these three issues were taught. However the issue that the teachers taught the most was the scientific inquiry. The teaching on the scientific enterprise and the nature of scientific knowledge were scattery founded. The substances in each issue that were taught could be presented as follows:

1.1. The issues on the scientific inquiry which was comprised of the scientific method, science process skills and scientific mind, it was found that among the process of scientific methods, the teachers taught on the experimenting, gathering and analyzing data and making conclusion the most. Among the science process skills, it was found that the teachers taught observing, interpreting data and conclusions, measuring, manipulating and communicating data. And for the scientific mind, the teachers taught on the issues of working cooperatively, curiosity, working precisely, rationality and sharing opinion and open-mindedness.

1.2 Regarding to the scientific enterprise, it was found that the teachers taught on the issue of men and women of all ethnics and national backgrounds participating in science and its applications.

1.3 Regarding to the nature of scientific knowledge, the issues that the teachers taught the most were “scientific knowledge has a set of rules that must be followed which are believing in reasoning and scientific method”, “scientific knowledge is testable” and “scientific knowledge is tentative” respectively.

2. The teaching method that the teachers used the most was lecturing followed by suggesting the learning resource for self-interest learning, experimentation and giving assignment respectively.

3. The reasons that the teachers taught the nature of science because it was the objective of science curriculum, the intention of teachers to develop student’s ability in applying science to their daily life and ability to be a scientist. However it was also found that some teachers unconsciously taught these issues.

Department Curriculum, Instruction, and Educational Technology Student’s signature.....

Field of study Science Education Advisor’s signature.....

Academic year 2004

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อลิศรา ชูชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่งได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์และมีคุณค่ายิ่งต่อการวิจัยและการพัฒนาวิชาชีพครู ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาที่ได้รับ จึงขอขอบพระคุณอาจารย์ไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิมพันธ์ เดชะคุปต์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาตรวจสอบ และให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียน หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และครูผู้เป็นตัวอย่างการศึกษาทุกท่าน ที่กรุณาให้ความร่วมมือในการวิจัย และให้ความรู้แก่ผู้วิจัยเกี่ยวกับการปฏิบัติงานในโรงเรียน และขอขอบพระคุณอาจารย์สมลักษณ์ เกสรศักดิ์ และอาจารย์วรรณา ธรรมพาเลิศ ที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่ผู้วิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดาเป็นอย่างสูงที่กรุณาส่งเสริมการศึกษาของผู้วิจัย รวมทั้งขอบคุณ ร้อยโทกลยุทธ พรหมรัตน์ และเพื่อนนิสิตสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกชั้นปี ที่คอยให้เป็นกำลังใจ สนับสนุนและให้ความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 6
ขอบเขตของการวิจัย..... 6
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 6
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย..... 8

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 9
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์..... 10
คำอธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์..... 10
ขอบข่ายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์..... 12
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์..... 16
การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์..... 24
กิจการทางวิทยาศาสตร์..... 32
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์..... 46
ความเป็นมาของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์..... 46
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ของต่างประเทศ..... 47
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ของประเทศไทย..... 51

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ หน้า

การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์..... 56
หลักการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์..... 56
วิธีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์..... 57
การวางแผนการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์..... 60
การวัดและประเมินผลความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์..... 61
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์..... 63
งานวิจัยต่างประเทศ..... 63
งานวิจัยในประเทศ..... 67

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 70
ประชากรและตัวอย่างการศึกษา..... 70
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 72
การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 73
การวิเคราะห์ข้อมูล..... 74

4 ผลการศึกษา..... 75
ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับโรงเรียนและครูที่เป็นตัวอย่างการศึกษา..... 75
ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับโรงเรียนและห้องเรียนที่เป็นตัวอย่างการศึกษา..... 75
ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับครูผู้เป็นตัวอย่างการศึกษา..... 83
ผลการศึกษา 85
เนื้อหาบทเรียน..... 85
สาระธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอน..... 88
วิธีการที่ครูใช้ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์..... 101
เหตุผลที่ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์..... 109

5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 115
สรุปผลการวิจัย..... 115
อภิปรายผล..... 117
ข้อเสนอแนะ..... 121

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

รายการอ้างอิง..... 124
ภาคผนวก..... 129
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 132

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	โรงเรียน ระดับชั้นเรียน และครูตัวอย่างการศึกษา.....	71
2	สาระและบทเรียนของโรงเรียนตัวอย่างการศึกษาระหว่างการสังเกตของผู้วิจัย.....	87
3	จำนวนครั้งที่ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละสาระ.....	88
4	จำนวนคาบของการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จำแนกรายด้าน.....	90
5	จำนวนคาบที่มีการสอนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำแนกรายด้าน.....	91

สารบัญภาพ

ภาพ		
1	แผนผังห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเก่งกาจวิทยา...	77
2	แผนผังห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนขยันศึกษา.....	79
3	แผนผังห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนคล่องวิชา.....	80
4	แผนผังห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเจริญปัญญา...	82

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เป็นที่ตระหนักดีว่า วิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อบุคคลและสังคม เนื่องจากวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคนทั้งในการดำรงชีวิตประจำวันและในการงานอาชีพต่างๆ โดยความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นที่มาของเครื่องมือเครื่องใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน ทั้งยังช่วยให้บุคคลได้พัฒนาวิธีคิด และทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ วิทยาศาสตร์จึงเป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งความรู้ และจำเป็นอย่างยิ่งที่ทุกคนจะต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (คณะอนุกรรมการพัฒนาคุณภาพวิชาการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์, 2544:1) ด้วยเหตุนี้การศึกษาวิทยาศาสตร์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ประชาชนมีความรู้ความเข้าใจสิ่งต่างๆ รอบตัวอย่างมีเหตุผล ทั้งยังส่งเสริมให้เกิดการคิดค้นเทคโนโลยีใหม่ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันและการพัฒนาประเทศ

ปัจจุบันการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั่วโลกต่างให้ความสำคัญต่อการเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สังเกตได้จากเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ ทั้งของประเทศไทย และต่างประเทศ ต่างก็มีวัตถุประสงค์ให้นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ให้ความสำคัญกับการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มาตั้งแต่ช่วงประมาณปี ค.ศ.1907 โดยแฝงในรูปของการศึกษาที่เน้นวิธีการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งในปี ค.ศ.1920 วัตถุประสงค์ด้านการศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก็ปรากฏอย่างชัดเจนในเป้าหมายการศึกษา และในปี ค.ศ.1960 การศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ถูกเชื่อมโยงให้เน้นความสำคัญในด้านการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และยิ่งมีความสำคัญมากขึ้น American Association for the Advancement of Science (AAAS,1989) ได้กำหนดให้ความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นส่วนประกอบสำคัญของการมีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) (Lederman, 1992: 331-332)

นอกจากสหรัฐอเมริกาแล้ว ประเทศอื่นๆก็ให้ความสำคัญต่อความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เช่นกัน เช่น ประเทศแคนาดาได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิทยาศาสตร์ข้อหนึ่งว่า “นักเรียนจะต้องพัฒนาความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริบททางสังคมและสิ่งแวดล้อม ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี" ส่วนในประเทศออสเตรเลียได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังนี้ "เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับมนุษย์และวิทยาศาสตร์ต่อสังคม"

สำหรับประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับการศึกษาด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาตั้งแต่ปี พ.ศ.2518 โดยปรากฏอยู่ในจุดประสงค์ของหลักสูตรประโยคมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งกำหนดให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจทฤษฎี อันเป็นพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ ใช้ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา และมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นองค์ประกอบของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น และในหลักสูตรต่อมา ได้แก่ หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 และหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) ก็ได้ปรากฏจุดประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้อย่างชัดเจนขึ้น โดยระบุจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และให้เข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ มาจนถึงหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ซึ่งเป็นหลักสูตรปัจจุบัน การศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ถูกเน้นความสำคัญมากยิ่งขึ้นเมื่อปรากฏอยู่ในเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนว่า "การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษา ต้องมีเป้าหมายสำคัญ เพื่อให้เข้าใจขอบเขตธรรมชาติ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์" และในสาระการเรียนรู้ที่ 8 ยังได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ ในช่วงเวลานั้นๆ และเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

นอกจากนี้ ความสำคัญของการเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ยังถูกย้ำความสำคัญจากการกำหนดมาตรฐานครูวิทยาศาสตร์ ซึ่งขณะนี้นานาประเทศ ได้กำหนดมาตรฐานสำหรับครูวิทยาศาสตร์ให้มีความรู้ ความเข้าใจ และมีทักษะในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ในส่วนของประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เป็นหน่วยงานที่จัดทำมาตรฐานครูวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขึ้น และกำหนดมาตรฐานในเรื่องนี้ว่า "ให้ครูเข้าใจในธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ประกอบด้วยโครงสร้างเนื้อหาตามหลักสูตร

และสาระความรู้ของวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แนวคิดด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหา รวมทั้งสามารถนำความรู้ความเข้าใจไปสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่ทำให้เนื้อหาวิชามีความหมายต่อนักเรียน" และในการกำหนดมาตรฐานครูวิทยาศาสตร์นี้ สสวท. ยังได้อธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้สรุปได้ว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ของมนุษย์ ซึ่งความรู้เหล่านี้จะต้องสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์นี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อพบหลักฐานใหม่ หรือมีการแปลความหมายข้อมูลเดิมด้วยแนวคิดที่แตกต่างกัน วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่ทุกคนสามารถมีส่วนร่วมได้ไม่ว่าจะอยู่ส่วนใดของโลกและเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีซึ่งมีผลต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม จึงจำเป็นที่บุคคลจะต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ภายในขอบเขตของคุณธรรมและจริยธรรม

สสวท.อธิบายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้สอดคล้องกับที่ AAAS อธิบายไว้ใน Science for All American และได้จำแนกองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องไว้ 3 ด้านคือ 1)โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของโลก 2) การเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ อันเป็นที่มาของความรู้วิทยาศาสตร์ 3) กิจการทางวิทยาศาสตร์ คือ แนวคิดเกี่ยวกับการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสังคม ซึ่งองค์ประกอบด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เหล่านี้ คือสิ่งสำคัญที่เป็นเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์

การมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นอกจากจะมีความสำคัญในฐานะเป้าหมายการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั่วโลกแล้ว การเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ยังมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนสูงขึ้นด้วย เช่น การศึกษาของ Carey and Stauss (1968) ซึ่งศึกษาการวิเคราะห์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาที่จะเป็นครูสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา พบว่า ระดับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน และการศึกษาของเจริญ ศรีเพชรพงษ์ (2531) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการตั้งคำถามตามแนวคิดแบบสืบสอบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ระดับความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนเช่นกัน

อย่างไรก็ตาม ยังพบปัญหาเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยในต่างประเทศมีการศึกษาที่พบว่านักเรียนในระดับมัธยมยังขาดความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Mackay, 1971; Bady, 1979; Rubba and Andersen,1978) และสำหรับในประเทศไทย การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาด้านความเข้าใจในลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีผู้ศึกษาอยู่ในช่วงปี พ.ศ. 2527 ถึง พ.ศ. 2533 มีเพียงการศึกษาของอัจฉรา แก้วมณี (2540) ซึ่งศึกษาประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดรุณาราชบุรี โดยใช้แบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์ เกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพียงในระดับปานกลางในด้านทัศนะสากลเชิงวิทยาศาสตร์ และด้านกิจการเชิงวิทยาศาสตร์

ในส่วนของการศึกษาของ Behnke (1961) ซึ่งใช้แบบสอบถาม 50 ข้อในการประเมินความเข้าใจของนักวิทยาศาสตร์และครูวิทยาศาสตร์พบว่า ครูมากกว่าร้อยละ 50 เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ไม่ใช่ความจริงชั่วคราว Miller (อ้างถึงใน Lederman, 1992) ศึกษาความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูชีววิทยาระดับมัธยมศึกษา และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาพบว่าครูมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์น้อยกว่านักเรียนเกรด 7 ถึง 12 และยังพบปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดย Abd-El-Khalick, Bell and Lederman (1998) ซึ่งศึกษาการวางแผนการสอนและการปฏิบัติการสอนของครูก่อนประจำการพบว่า การวางแผนการสอน และการจัดเนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาของครูเหล่านี้ ไม่ได้อ้างถึงสาระด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนทำให้เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการละเลยและทำให้ภาพของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีความสำคัญน้อยกว่าสาระในด้านอื่น และต่อมา Lederman (1999) ได้ศึกษาการปฏิบัติการสอนของครูใหม่และครูที่มีประสบการณ์ในชั้นเรียน พบว่า ครูทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนเนื่องจากครูที่มีประสบการณ์มีความคิดเห็นว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นเนื้อหาที่มีความยาก ไม่เหมาะสมกับนักเรียนมัธยม และครูใหม่ไม่สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เนื่องจากไม่ต้องการดำเนินการสอนที่แตกต่างจากผู้อื่น

เมื่อพิจารณาถึงการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั้น Johnston and Southerland (2002: 2) ได้อธิบายเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นสรุปได้ว่า เนื้อหาเรื่องธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในบทเรียนต้องชัดเจน

เพราะหากนักเรียนไม่ทราบว่ามีมโนทัศน์ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อยู่ก็จะเข้าใจว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของสามัญสำนึก ซึ่งไม่สามารถอธิบายได้ การที่ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องเข้าใจยากเนื่องจากความคิดว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นนามธรรม ไม่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ซึ่งครูควรทำความเข้าใจว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำคัญต่อการทำความเข้าใจวิทยาศาสตร์โดยเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในฐานะสิ่งที่ช่วยอธิบายสาระวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนคุ้นเคย และในการเรียนควรมีการสะท้อนความคิดโดยการอภิปรายเพื่อให้นักเรียนได้ตรวจสอบความเข้าใจของตนเองและเปรียบเทียบกับผู้อื่น

คำกล่าวของ Johnston and Southerland นี้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Akerson, Abd-El-Khalick and Lederman (2000) ซึ่งพบว่าในการจัดอบรมนักเรียนจะเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ดี เมื่อได้มีการอภิปรายร่วมกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควรมีลักษณะสำคัญ 3 ประการคือ 1) มีการกำหนดเป้าหมายและสาระด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนในแผนการจัดการเรียนรู้ 2) จะต้องเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กลมกลืนกับเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ 3) ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการอภิปรายเพื่อสะท้อนความคิดของกันและกันเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

จากความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังกล่าว จะเห็นได้ว่า นานาประเทศต่างให้ความสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูไทย ว่าครูมีการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในสาระใด วิธีการในจัดการเรียนรู้ของครูเป็นอย่างไร และอะไรคือเหตุผลที่ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อศึกษาการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของครูวิทยาศาสตร์ ในกรุงเทพมหานคร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสาระของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีการสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

2. เพื่อศึกษาวิธีการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

3. เพื่อศึกษาเหตุผลที่ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร

2. สาระของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ

2.1 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.2 การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.3 กิจการทางวิทยาศาสตร์

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง วิธีการสอนที่ครูดำเนินการ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ในเรื่องเกี่ยวกับ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ อันได้แก่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกิจการทางวิทยาศาสตร์

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง ลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดสาระไว้ 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกิจการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่

1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในที่นี้มี 13 เรื่อง ได้แก่ 1) มีกฎเกณฑ์เฉพาะ 2) เป็นความรู้เชิงประจักษ์ซึ่งได้จากการสังเกต 3) เกี่ยวข้องกับจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์ 4) ได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีที่มีอยู่ 5) ฝังตรึงอยู่ในระบบสังคมและวัฒนธรรม 6) ทดสอบได้ และ

จำเป็นต้องได้รับการพิสูจน์ 7) เป็นความจริงชั่วคราว 8) เป็นการอธิบายหรือพยากรณ์ปรากฏการณ์ธรรมชาติ 9) ไม่เกี่ยวข้องกับความผิดชอบชั่วดี 10) เป็นความจริงสากล 11) มีลักษณะเป็นปรนัย 12) มีความเป็นเอกภาพ และ13) สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้หลากหลาย

2. การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง วิธีการและคุณลักษณะที่นักวิทยาศาสตร์ใช้การแสวงหาความรู้ ประกอบด้วย วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งวิธีการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนคือ 1) การระบุปัญหา 2) ตั้งสมมติฐาน 3) ทำการทดลอง 4) รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล และ5) สรุปผลการทดลอง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 13 ทักษะ คือ 1) การสังเกต 2) การจำแนกประเภท 3) การวัด 4) การใช้เลขจำนวน 5) ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา 6) การลงความเห็นจากข้อมูล 7) การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 8) การพยากรณ์ 9) การกำหนดและควบคุมตัวแปร 10) การตั้งสมมติฐาน 11) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 12) การทดลอง และ 13) การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ส่วนจิตวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยคุณลักษณะ 10 ประการ ได้แก่ 1) ความสนใจใฝ่รู้ 2) ความมุ่งมั่น 3) ความอดทน 4) ความรอบคอบ 5) ความรับผิดชอบ 6) ความซื่อสัตย์ 7) ความประหยัด 8) การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น 9) ความมีเหตุผล และ 10) การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

3. กิจการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีความสัมพันธ์กับสังคม ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ในฐานะกิจกรรมทางสังคม วิทยาศาสตร์ถูกจัดระบบอยู่ในเนื้อหาสาขาวิชาต่างๆ และมีการดำเนินงานในสถาบันต่างๆ การดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์มีจรรยาบรรณอันเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป และการเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งวิทยาศาสตร์ในฐานะกิจกรรมทางสังคมประกอบด้วย 1) บุคคลทุกคนไม่ว่าเพศใด สัญชาติใด ก็มีส่วนร่วมในการดำเนินงาน และการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ 2) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมและสะท้อนให้เห็นมุมมองและค่านิยมทางสังคม 3) สังคมและวัฒนธรรมเป็นตัวกำหนดทิศทางและการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ และ 4) วิทยาศาสตร์มีธรรมชาติเชิงสังคมที่จำเป็นต้องมีการเผยแพร่ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดการขยายแนวคิดและวิพากษ์วิจารณ์ข้อค้นพบในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ ส่วนวิทยาศาสตร์ถูกจัดระบบอยู่ในเนื้อหาสาขาวิชาต่างๆ และมีการดำเนินงานในสถาบันต่างๆ ประกอบด้วย 1) วิทยาศาสตร์มีหลากหลายสาขาวิชา แต่ทุกสาขาล้วนมีความเกี่ยวข้องกัน และ 2) การดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์ในสถาบันต่างๆ มีผลต่อกันและกัน สำหรับการดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์มีจรรยาบรรณอันเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป ประกอบด้วย 1) นักวิทยาศาสตร์ยึดถือเรื่องการบันทึกข้อมูลอย่างถูกต้อง 2) งานของนักวิทยาศาสตร์ต้องได้รับการตรวจทานแก้ไขในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ด้วยกัน 3) สัตว์ทดลองต้องได้รับการดูแลให้มีความเป็นอยู่

ที่ดี 4) การทดลองกับมนุษย์ต้องได้รับการยินยอมจากกลุ่มตัวอย่างที่ทราบความเสี่ยงและประโยชน์จากการวิจัยอย่างเปิดเผย และ5) นักวิทยาศาสตร์ต้องคำนึงถึงผลกระทบจาการนำผลวิจัยไปใช้ในระยะยาว ส่วนการเข้าร่วมกิจกรรมสาธารณะของนักวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 1) นักวิทยาศาสตร์ต้องไม่นำความคิดเห็นส่วนตัวไปปะปนกับข้อเท็จจริง ในการให้คำแนะนำเกี่ยวกับประเด็นโต้แย้งที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ของสาธารณชน 2) สาธารณชนไม่จำเป็นต้องให้ความเชื่อถือนักวิทยาศาสตร์เป็นพิเศษในการให้ความเห็นเกี่ยวกับประเด็นที่ไม่อาจหาคำตอบได้ด้วยวิทยาศาสตร์ และประเด็นที่นักวิทยาศาสตร์ผู้นั้นไม่เชี่ยวชาญ

ครู หมายถึงครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ข้อมูลเกี่ยวกับสาระด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ครูสอนและไม่สอน วิธีการที่ครูใช้ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และเหตุผลที่ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นการสะท้อนสภาพการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นข้อมูลพื้นฐานที่เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานต่อไปนี้

1. กระทรวงศึกษาธิการและ สสวท. สามารถใช้ข้อค้นพบจากการวิจัยนี้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ให้มีความเข้าใจและทักษะในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2. สถาบันฝึกหัดครู สามารถใช้ข้อค้นพบจากการวิจัยนี้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนานักศึกษาฝึกหัดครู สาขาวิทยาศาสตร์ให้มีความเข้าใจและทักษะในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพื่อเตรียมความพร้อมในการเป็นครูวิทยาศาสตร์ในอนาคต

3. ครูวิทยาศาสตร์สามารถนำข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการปรับปรุงการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของตนเองให้มีความสมบูรณ์ขึ้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การศึกษาการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีการเสนอเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

1. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
    1.1 คำอธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
    1.2 ขอบข่ายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
        1.2.1 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
        1.2.2 การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
        1.2.3 กิจการทางวิทยาศาสตร์

2. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์
    2.1 ความเป็นมาของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์
    2.2 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ของต่างประเทศ
    2.3 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ของไทย

3. การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
    3.1 หลักการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
    3.2 วิธีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
    3.3 การวางแผนการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
    3.4 การวัดและประเมินผลความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    4.1 งานวิจัยต่างประเทศ
    4.2 งานวิจัยในประเทศ

1. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การนำเสนอในส่วนนี้ประกอบด้วย คำอธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และขอบข่ายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1.1. คำอธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเพื่อหาความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่ามีผู้อธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

McComas (2000: 4-5) กล่าวว่า

> “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานการศึกษาทางสังคมของวิทยาศาสตร์ในหลายด้านทั้งทางด้านประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยา และปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ประกอบกับการวิจัยทาง cognitive science เพื่ออธิบายว่า วิทยาศาสตร์คืออะไร มีการทำงานอย่างไร นักวิทยาศาสตร์ทำงานแบบเป็นกลุ่มสังคมได้อย่างไร และสังคมมีปฏิกิริยาอย่างไรต่อความอุตสาหพยายามทางวิทยาศาสตร์
>
> ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่ได้มุ่งศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติเหมือนวิทยาศาสตร์โดยตรง สังคมวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยบุคคลที่อุทิศตนในหน้าที่การงานเพื่อการทำความเข้าใจธรรมชาติให้ลึกซึ้งขึ้น แต่ผู้ที่ศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาจากหลายสาขาวิชาและมุ่งศึกษาวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์โดยตั้งคำถามว่า “อะไร เป็นตัวกำหนดขอบเขตวิทยาศาสตร์แยกออกจากศาสตร์อื่น” “แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ได้จากการค้นพบหรือประดิษฐ์ขึ้น” และ “มีการตกลงร่วมกันในสังคมวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร” หรืออาจกล่าวได้ว่า “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อธิบายว่าวิทยาศาสตร์มีบทบาทหน้าที่อย่างไร”
>
> สำหรับนักการศึกษาวิทยาศาสตร์แล้ว คำว่า “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์” ใช้ในการอธิบายประเด็นที่เกี่ยวข้องกับปรัชญา ประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยาและจิตวิทยาในวิทยาศาสตร์ซึ่งมีผลต่อการสอนและการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังนั้นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จึงเป็นพื้นฐานในการกำหนดว่านักเรียนควรจะเรียนสิ่งใดในวิชาวิทยาศาสตร์”

Lederman et.al. (2002: 498) ได้เสนอความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งสอดคล้องกับคำอธิบายของ McComas ว่า “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นการอ้างถึงญาณวิทยาและสังคมวิทยาของวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ในฐานะวิถีแห่งความรู้ หรือค่านิยมและความเชื่อที่มีอยู่ในองค์ความรู้และพัฒนาการขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์”

Lonsbury and Ellis (2002:1-6) ได้อธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้เช่นเดียวกับ McComas และ Lederman สรุปได้ว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์โดยตรงกับญาณวิทยาทางวิทยาศาสตร์ หรือวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการพัฒนาความรู้ที่ใช้ในการอธิบายธรรมชาติ การได้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการรู้ที่มาและการเปลี่ยนแปลงของความรู้นั้น จะช่วยให้บุคคลสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับความสมเหตุสมผลและประโยชน์ของความรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ได้

นอกจากนี้ Johnston และ Southerland (2002: 2) ยังอธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่า “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์คือ คำอรรถาธิบายที่ใช้อธิบายเกี่ยวกับสาระของวิทยาศาสตร์”

จากคำอธิบายของนักการศึกษาแต่ละท่านดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์คือการอ้างอิงถึง 1) ญาณวิทยาทางวิทยาศาสตร์ หรือวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการพัฒนาความรู้ 2) สังคมวิทยาทางวิทยาศาสตร์ หรือการทำงานแบบกลุ่มสังคมของนักวิทยาศาสตร์และความเกี่ยวข้องระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม และ 3) ค่านิยมและความเชื่อที่มีอยู่ในองค์ความรู้ ซึ่งการศึกษาและอธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ต้องมีการผสมผสานระหว่างประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยา จิตวิทยา และปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้การศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีประโยชน์ในด้านการช่วยให้บุคคลสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับความสมเหตุสมผลและประโยชน์ของความรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์เนื่องจากเป็นพื้นฐานในการพิจารณาว่านักเรียนควรเรียนสิ่งใดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

1.2 ขอบข่ายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

เมื่อกล่าวถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สถาบันทางการศึกษาวิทยาศาสตร์และนักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่านมักให้คำอธิบายตามขอบเขตทางปรัชญา สังคมวิทยา และวิทยาศาสตร์ในฐานะวิถีแห่งความรู้ หรือค่านิยมและความเชื่อที่มีอยู่ในองค์ความรู้ตามที่เสนอไว้ข้างต้น อย่างไรก็ตาม ประเด็นต่างๆ ที่สถาบันทางการศึกษาวิทยาศาสตร์และนักการศึกษาวิทยาศาสตร์เหล่านี้อ้างถึงเมื่อกล่าวถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ยังมีรายละเอียดแตกต่างกันไปดังนี้

American Association for the Advancement of Science (AAAS, 1990: 1-12) ได้อธิบายขอบข่ายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ใน 3 เรื่อง คือ โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific World View) การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) และกิจการทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific Enterprise) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1) โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific World View)

คือแนวคิดที่ว่า ปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในจักรวาลมีแบบแผนแน่นอน หากมีการศึกษาอย่างละเอียดรอบรอบจะทำให้เราค้นพบแบบแผนของจักรวาลได้ และการศึกษาส่วนใดส่วนหนึ่งของจักรวาลจะสามารถนำไปใช้ได้กับจักรวาลทั้งระบบเนื่องจากจักรวาลมีกฎพื้นฐานเหมือนกันทุกแห่ง ซึ่งความรู้จากการศึกษาจักรวาลหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์นั้น สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากเป็นความรู้จากการสังเกตและสร้างทฤษฎี ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่า ในเวลาต่อมาอาจเกิดปรากฏการณ์ใหม่ที่ไม่สามารถอธิบายด้วยทฤษฎีเดิม อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของความรู้มักเป็นลักษณะการปรับปรุงแนวคิดมากกว่าที่จะปฏิเสธแนวคิดโดยสิ้นเชิง จึงทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มที่จะคงอยู่ต่อไปและมีความคงทน ทั้งนี้เนื่องจากวิทยาศาสตร์มุ่งศึกษาเฉพาะแบบแผนของปรากฏการณ์ธรรมชาติจึงทำให้วิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำตอบแก่คำถามบางประการได้ เช่น การมีอยู่ของปรากฏการณ์เหนือธรรมชาติ เป้าหมายที่แท้จริงของชีวิตมนุษย์ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่สามารถพิสูจน์ได้ และการตัดสินความดีความชั่ว เป็นต้น

2) การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)

การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่อาจอธิบายได้โดยแยกจากบริบทของการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ และไม่มีลำดับขั้นตอนเฉพาะที่นักวิทยาศาสตร์ต้องปฏิบัติตามและไม่ใช่แนวทางเดียวที่นำไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่อย่างไรก็ตามการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเฉพาะคือ วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานอ้างอิงจากการการสังเกตปรากฏการณ์ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จำเป็นที่จะต้องควบคุมเงื่อนไขที่มีผลต่อการสังเกต เพื่อให้ผลของ

การสังเกตเกิดจากเงื่อนไขที่ตั้งไว้โดยไม่ได้รับอิทธิพลจากเงื่อนไขอื่น แต่ในกรณีที่ไม่สามารถควบคุมเงื่อนไขของสิ่งที่ศึกษาได้ นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องศึกษาปรากฏการณ์ให้มากพอ ที่จะนำไปใช้ในการอ้างอิง นอกจากนั้นการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ยังเป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลและจินตนาการ โดยที่นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างสมมติฐานและค้นหาวิธีตรวจสอบสมมติฐานในขณะเดียวกันการตรวจสอบแนวคิดต่างๆนั้นจำเป็นต้องมีการเชื่อมโยงหลักฐานและการลงข้อสรุปโดยใช้หลักเหตุผล

นักวิทยาศาสตร์พยายามสร้างคำอธิบายและคำพยากรณ์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สังเกตโดยใช้หลักการหรือทฤษฎีอันเป็นที่ยอมรับในขณะนั้น ซึ่งนอกจากทฤษฎีจะมีความสำคัญในการอธิบายปรากฏการณ์แล้ว ทฤษฎียังควรมีอำนาจในการพยากรณ์ ที่อาจเป็นได้ทั้งการพยากรณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตหรือพยากรณ์อดีตที่ยังไม่มีการศึกษา เช่น ทฤษฎีต้นกำเนิดของมนุษย์ โดยความน่าเชื่อถือของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ ไม่ใช่ความมีชื่อเสียงของนักวิทยาศาสตร์ผู้สร้างทฤษฎีนั้น วิทยาศาสตร์จึงไม่ใช่เรื่องของการเชื่อฟังผู้มีอำนาจหรือผู้รู้ นอกจากนั้นระหว่างการแสวงหาความรู้ นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องพยายามที่จะหลีกเลี่ยงอคติ ซึ่งอาจเกิดได้ระหว่างการแปลความหมาย การบันทึกข้อมูล หรือการรายงานข้อมูล ทั้งนี้อคติอาจเกิดจาก สัญชาติ เพศ เชื้อชาติ อายุ และความเชื่อมั่นทางการเมืองของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งอคตินั้นสามารถป้องกันได้โดยจัดกลุ่มนักวิจัยที่มีความหลากหลายให้ทำงานร่วมกัน

3) กิจการทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific Enterprise)

วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมที่สลับซับซ้อน โดยทั้งหญิงและชาย ทุกเชื้อชาติ ทุกสัญชาติล้วนมีส่วนเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น แต่ในขณะเดียวกันสังคมและวัฒนธรรมก็เป็นตัวกำหนดทิศทางของการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังถูกจัดระบบเนื้อหาออกเป็นสาขาต่างๆ และมีการดำเนินงานในสถาบันต่างๆ เช่น มหาวิทยาลัย กลุ่มอุตสาหกรรม และหน่วยงานของรัฐ ทั้งนี้แต่ละสถาบันต่างมีบทบาทในการดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน เช่น มหาวิทยาลัยเป็นแหล่งผลิตนักวิทยาศาสตร์ นักคณิตศาสตร์ วิศวกร เพื่อเป็นบุคคลากรในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งการดำเนินงานต่างๆทางวิทยาศาสตร์จำเป็นจะต้องมีจรรยาบรรณอันเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป โดยนักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จะยึดถือธรรมเนียมปฏิบัติอย่างเคร่งครัดในเรื่องการบันทึกข้อมูลที่ถูกต้อง ความมีใจกว้าง และมีการตรวจทานแก้ไขการทำงานโดยกลุ่มเพื่อนนักวิทยาศาสตร์ด้วยกัน และในการทดลองกับสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตหรือสัตว์ทดลองมีสิทธิที่จะได้รับการดูแลให้มีสุขภาพดี มีความสบายและมีความเป็นอยู่ดี โดยเฉพาะการทดลองกับมนุษย์ ซึ่งมีสิทธิที่จะทราบข้อมูลเรื่องความเสี่ยงและประโยชน์ในการวิจัยอย่างเปิดเผย และมีสิทธิปฏิเสธการเข้าร่วมวิจัย อย่างไรก็ตาม

นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ถือว่าการเลือกทำงานที่มีความเสี่ยงสูงต่อมนุษยชาติ เช่น การศึกษาเกี่ยวกับอาวุธนิวเคลียร์หรืออาวุธเชื้อโรคถือเป็นจริยธรรมส่วนบุคคลมิใช่จรรยาบรรณทางวิชาชีพ

นอกจากนั้น กิจการทางวิทยาศาสตร์ยังเกี่ยวข้องกับการเข้าร่วมกิจกรรมสาธารณะของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่ง นักวิทยาศาสตร์สามารถช่วยสาธารณชนในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุของภัยธรรมชาติ หรือความเสียหายที่เกิดจากเทคโนโลยี หรือช่วยประเมินผลกระทบที่เป็นไปได้ของนโยบายของโครงการต่างๆ ทั้งนี้ต้องระมัดระวังไม่นำข้อเท็จจริงไปปะปนกับการลงความเห็น อย่างไรก็ตามความคิดเห็นของนักวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องได้รับความเชื่อถือเป็นพิเศษในประเด็นที่มีความซับซ้อนเกินขอบเขตของวิทยาศาสตร์ และมีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะพิสูจน์ได้ด้วยวิทยาศาสตร์ หรือเป็นประเด็นที่นักวิทยาศาสตร์ไม่เชี่ยวชาญ

นอกจาก AAAS แล้วยังมีนักการศึกษาอธิบายในขอบข่ายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังนี้

Thurber and Collette (1964: 2-17) ได้กล่าวถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่า ผู้คนจำนวนมากมักคิดว่าวิทยาศาสตร์เป็นความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและมักสับสนระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ ส่วนนักวิจัยคิดว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการหาข้อมูลในขณะที่นักปรัชญามองว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิถีหนึ่งในการคิด ดังนั้นเพื่อให้สาธารณชนเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้น Thurber and Collette จึงอธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งสรุปได้ว่าเกี่ยวข้องกับประเด็นต่อไปนี้

1) การให้คำจำกัดความของวิทยาศาสตร์ (Defining Science)

วิทยาศาสตร์เป็น ทั้งองค์ความรู้และกระบวนการในการเสาะแสวงหาความรู้ และความรู้นั้นต้องมาจากการสืบสอบ สามารถตรวจสอบได้ และดำเนินไปอย่างไม่หยุดยั้ง

2) การอธิบายถึงวิทยาศาสตร์ในฐานะองค์ความรู้ (Science as a Body of Knowledge)

วิทยาศาสตร์มักถูกสอนในฐานะที่เป็นข้อเท็จจริงที่ค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ แต่ในความเป็นจริง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้เป็นเพียงข้อเท็จจริงแต่ยังอาจเป็นหลักการ หรือทฤษฎีซึ่งสามารถมีข้อผิดพลาดและมีการเปลี่ยนแปลงได้

3) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (The Process of Science)

นอกจากการกล่าวถึงผลผลิตทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังจำเป็นต้องมีการกล่าวถึงการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Method) ซึ่งมักมีคำถามว่า “วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีจริงหรือไม่” ซึ่งแม้ว่าจะมีผู้สามารถสรุป

ขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้ก็ตาม แต่ก็ไม่จำเป็นว่านักวิทยาศาสตร์จะต้องดำเนินงานตามขั้นตอนนั้นทุกประการ อย่างไรก็ตามนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ยังฝังใจกับขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนจำนวนมากก็จดจำขั้นตอนเหล่านั้นและรายงานครูว่าได้ปฏิบัติตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์

Johnston and Southerland (2002:5) ได้กล่าวว่า ความคิดรวบยอดของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบดังนี้

1) นิยามและวัตถุประสงค์ของวิทยาศาสตร์ (definition and purpose of science)

2) แหล่งกำเนิดของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (the source of scientific knowledge)

3) ธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (the tentative nature of scientific knowledge)

4) นิยามของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และกฎทางวิทยาศาสตร์ (the definition of a scientific theory and it's comparison to a scientific law)

5) บทบาทของความรู้เดิมและวัฒนธรรมในวิทยาศาสตร์ (the role of background knowledge and the culture in science)

6) บทบาทของจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในวิทยาศาสตร์ (the role of imagination and creativity in science)

7) การแบ่งแยกระหว่างวิทยาศาสตร์และศาสนา (the distinction between science and religion)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กำหนดขอบข่ายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนจะต้องได้รับการพัฒนาคือ การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูล และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

เมื่อศึกษาประเด็นที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของ AAAS และนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ท่านอื่น รวมถึงคำอธิบายของนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่สรุปได้ว่า ธรรมชาติ

ของวิทยาศาสตร์ คือการอ้างอิงถึง ญาณวิทยา สังคมวิทยา และค่านิยมหรือความเชื่อที่มีอยู่ในองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสามารถสรุปขอบข่ายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้

1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ ลักษณะเฉพาะขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างจากความรู้ประเภทอื่น

2. การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ที่บุคคลจำเป็นต้องมีในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3. กิจการทางวิทยาศาสตร์คือความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์กับสังคมและจริยธรรม

จากของข่ายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งสามด้าน สามารถอธิบายรายละเอียดในด้านต่างๆ ได้ดังนี้

1.2.1 **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์**

ขอบข่ายด้านความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

Rubba (1977) (อ้างถึงใน Lonsbury และ Ellis, 2002: 6) อธิบายว่าธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะดังนี้

1) ไม่เกี่ยวข้องกับความผิดชอบชั่วดี (Amoral)

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีประโยชน์ต่อมนุษย์หลายประการแต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถชี้แนะมนุษย์ได้ว่าควรนำความรู้นั้นไปใช้อย่างไร การตัดสินความผิดชอบชั่วดีต้องตัดสินจากวิธีใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของมนุษย์ ไม่ใช่ตัดสินจากองค์ความรู้

2) มีความสร้างสรรค์ (Creative)

ความรู้ทางวิทยาสาสตร์เป็นผลิตผลจากเชาวน์ปัญญาของมนุษย์ การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยจินตนาการอันสร้างสรรค์เช่นเดียวกับการทำงานของศิลปิน กวี หรือผู้ประพันธ์บทเพลง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นว่าความสร้างสรรค์เป็นสิ่งจำเป็นในกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

3) มีพัฒนาการ (Development)

เราไม่สามารถพิสูจน์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ว่าถูกต้องโดยสมบูรณ์หรือเป็นความจริงสุดท้าย เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และทำเพียงพิสูจน์ความสมเหตุสมผลและความเป็นไปได้เท่านั้น ความเชื่อที่ถูกต้อง ณ เวลาหนึ่งอาจเปลี่ยนไปเมื่อมีหลักฐานมากขึ้น การยอมรับความเชื่อที่มีอยู่ในปัจจุบันควรตัดสินจากบริบททางประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของความเชื่อนั้น

4) สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้หลากหลาย (Parsimonious)

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความเรียบง่ายแต่ก็มีความยุ่งยากซับซ้อนในตัวและมีความกว้างขวางครอบคลุมเช่นเดียวกับที่มีความเฉพาะเจาะจง วิทยาศาสตร์มีความพยายามอย่างต่อเนื่องที่จะพัฒนามโนทัศน์จำนวนน้อยที่สุดที่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆได้มากที่สุด

5) ทดสอบได้ (Testable)

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องสามารถทดสอบต่อสาธารณชนได้ ความสมเหตุสมผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการทดสอบซ้ำด้วยกระบวนการสังเกตซึ่งเป็นที่ยอมรับ และผลที่เกิดขึ้นในการทดสอบแต่ละครั้งต้องไม่เปลี่ยนแปลงภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน

6) มีความเป็นเอกภาพ (Unified)

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นจากความพยายามทำความเข้าใจธรรมชาติของมนุษย์ และความรู้เหล่านี้ถูกสร้างขึ้นโดยวิทยาศาสตร์หลายสาขา ทำให้เกิดโครงข่ายของ กฎ ทฤษฎี และมโนทัศน์ ซึ่งระบบองค์ความรู้เหล่านี้ทำให้วิทยาศาสตร์มีอำนาจในการอธิบายและพยากรณ์

Lederman (1998: 917) อธิบายลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความจริงชั่วคราว

2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติของมนุษย์

3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากความรู้คิดเห็นส่วนบุคคลโดยมีทฤษฎีเป็นพื้นฐาน

4) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการลงความเห็น จินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์

5) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยการสังเกตและการลงความเห็น

6) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ฝังตรึงอยู่ในระบบสังคมและวัฒนธรรม

McComas (2000: 33-39) กล่าวถึงลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งสอดคล้องกับ Lederman และอธิบายเพิ่มเติม ดังนี้

1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แม้จะมีความคงทนแต่มีลักษณะเป็นความจริงชั่วคราว

2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชื่อถือเป็นอย่างมาก ในหลักฐานจากการสังเกต การทดลอง วิธีการให้เหตุผล และ skepticism (ความสงสัยเกี่ยวกับความเชื่อทางศาสนา) แต่ไม่ได้เชื่อโดยสมบูรณ์

3) วิทยาศาสตร์เป็นความพยายามในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ

4) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมทางสังคม

ต่อมา Schwartz and Lederman (2001: 205-235) อธิบายสรุปเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่า ลักษณะสำคัญที่สุดของความรู้ทางวิทยาศาสตร์คือ เป็นความรู้ที่มีลักษณะเป็นความจริงชั่วคราวหรือสามารถเปลี่ยนแปลงได้ และสามารถปรับปรุงแก้ไขได้ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเช่นนั้นเนื่องจาก

1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีพื้นฐานจากการหลักฐานที่สังเกตได้

2) หลักฐานที่สังเกตได้ถูกเก็บรวบรวมและแปลความหมายด้วยพื้นฐานของทรรศนะทางวิทยาศาสตร์ปัจจุบัน (ได้รับอิทธิพลจากความรู้สึกส่วนตัว หรือสังเกตและแปลความหมายตามทฤษฎี) เช่นเดียวกับความรู้สึกส่วนบุคคล อันเนื่องมาจากค่านิยมของนักวิทยาศาสตร์ ความรู้และประสบการณ์เดิม

3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผลจากจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์ทิศทางและผลิตผลของการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากสังคมและวัฒนธรรม (ฝังตรึงอยู่ในสังคมและวัฒนธรรม)

ในปีเดียวกัน Lederman et.al. (2001: 497-450) ได้อธิบายรายละเอียดของลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพิ่มเติม ดังนี้

1) ลักษณะด้านการมีที่มาจากการสังเกต

อย่างน้อยส่วนใดส่วนหนึ่งของวิทยาศาสตร์ต้องมาจากการสังเกตธรรมชาติ อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเข้าถึงปรากฏการณ์ธรรมชาติได้โดยตรง การสังเกตธรรมชาติมักถูกกลั่นกรองด้วยอุปกรณ์และเครื่องมือที่ซับซ้อน ตีความหมายโดยใช้กรอบทฤษฎี

อย่างละเอียด และส่วนใหญ่จะเชื่อมโยงกับข้อสันนิษฐานเดิมซึ่งอยู่ภายใต้การทำงานของเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

2) ลักษณะด้านความสร้างสรรค์และจินตนาการ

การเกิดขึ้นของความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาจากความสร้างสรรค์ และจินตนาการ ของมนุษย์ เนื่องจากการสร้างคำอธิบายและทฤษฎีในวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความสร้างสรรค์ของนักวิยาศาสตร์อย่างมาก ตัวอย่างที่ดีในการอธิบายเรื่องนี้ เช่น การใช้เส้นสเปกตรัมในการสร้างแบบจำลองอะตอมของบอร์ การใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการนี้ เมื่อนำมารวมกับข้อมูลที่ปรากฏอยู่โดยธรรมชาติสามารถสร้างแบบจำลองทางทฤษฎีที่มีประโยชน์ได้มากกว่าการใช้ต้นแบบที่เกิดขึ้นจริงโดยตรง

3) ลักษณะด้านการได้รับอิทธิพลจากทฤษฎี

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากทฤษฎี ทฤษฎีที่มีอยู่ ความเชื่อความรู้เดิม การฝึกหัด ประสบการณ์ และความคาดหวังของนักวิทยาศาสตร์ล้วนมีผลต่อการทำงานของพวกเขา ปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อเจตนารมณ์ของนักวิทยาศาสตร์ในด้านการเลือกปัญหาที่จะศึกษาค้นคว้า วิธีการศึกษาค้นคว้า ตลอดจนสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์จะสังเกต (หรือไม่สังเกต) และวิธีการตีความหมายข้อมูล เจตนารมณ์ของนักวิทยาศาสตร์นี้รวมถึงบทบาทของทฤษฎีซึ่งเป็นผลิตผลหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ซึ่งตามความเชื่อสามัญแล้ววิทยาศาสตร์ไม่มีทางเริ่มต้นจากการสังเกตอย่างเป็นกลาง การสังเกตหรือการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์มักได้รับแรงบันดาลใจและแนวทางจากการอ้างอิงคำถามหรือปัญหาซึ่งแตกแขนงออกจากทฤษฎีที่มีอยู่ในขณะนั้น

4) ลักษณะด้านความฝังตรึงอยู่ในสังคมและวัฒนธรรม

วิทยาศาสตร์ส่งผลต่อสังคมในฐานะที่เป็นกิจการของมนุษย์และมีการดำเนินงานในสังคมต่างๆ อีกทั้งประโยชน์จากวิทยาศาสตร์ ยังนำไปใช้สร้างผลผลิตภายในชุมชน แต่ในขณะเดียวกันก็ได้รับผลกระทบจากปัจจัยในสังคม ปัจจัยที่กล่าวถึงนี้ เช่น โครงสร้างทางสังคม การเมือง เศรษฐกิจ ปรัชญา และศาสนา เป็นต้น ตัวอย่างในกรณีนี้ เช่น การศึกษาวิวัฒนาการของมนุษย์วานร ซึ่งแต่เดิมมีเพียงนักวิทยาศาสตร์ชายผิวขาวที่มีสิทธิในการศึกษาค้นคว้าเรื่องนี้ทำให้ทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของมนุษย์วานรเป็นแบบหนึ่งจนกระทั่ง ในต้นปี 1970 เมื่อนักวิทยาศาสตร์หญิงเริ่มมีบทบาทในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ทำให้ทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของมนุษย์วานรเปลี่ยนไป ซึ่งทั้งสองทฤษฎีต่างมีหลักฐานที่น่าเชื่อถือเท่าๆกัน

5) ลักษณะด้านเป็นความจริงชั่วคราว

แม้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเป็นความรู้ที่เชื่อถือได้และมีความคงทน แต่ก็ไม่ได้เป็นความจริงสมบูรณ์และคงอยู่ตลอดไป ความรู้เหล่านี้รวมทั้งข้อเท็จจริง ทฤษฎี และกฎล้วนเป็นสิ่งที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ การเปลี่ยนแปลงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการพบหลักฐานใหม่ ซึ่งเกิดขึ้นได้เมื่อการคิดและทฤษฎีเจริญก้าวหน้าขึ้น และเมื่อนั้นหลักฐานต่างๆที่ยังคงอยู่จะถูกนำมาตีความหมายใหม่ด้วยทฤษฎีที่ก้าวหน้าขึ้น ตามความเป็นจริงแล้ว การพิสูจน์สมมติฐาน ทฤษฎี และกฎไม่สามารถทำได้อย่างสมบูรณ์โดยปราศจากหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ เช่น การพิสูจน์กฎข้อหนึ่งต้องพิจารณาตัวอย่างปรากฏการณ์ทุกเรื่องที่ปรากฏขึ้น ซึ่งตามหลักเหตุผลแล้วอาจเป็นไปได้ว่าจะมีปรากฏการณ์ในอนาคตที่เราไม่สามารถทราบได้เกิดขึ้น และมีความขัดแย้งกับกฎที่ตั้งไว้ ดังนั้น กฎ จึงเป็นความรู้ที่ไม่สามารถพิสูจน์ได้อย่างสมบูรณ์เช่นเดียวกับทฤษฎี

Arkansas Science Teacher Association (2001) อธิบายเกี่ยวกับลักษณะความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยเปรียบเทียบความแตกต่างกับความรู้ทางศาสนาดังนี้

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

1) สามารถตอบได้เฉพาะคำถามเกี่ยวกับสิ่งต่างๆในโลก แต่ไม่สามารถตอบคำถามที่เป็นผลสุดท้ายได้ (เช่น พระเจ้ามีจริงหรือไม่ ความหมายของชีวิตคืออะไร)

2) เป็นการพยากรณ์อนาคตของธรรมชาติด้วยพื้นฐานจากการสังเกตและการทดสอบหลักฐาน

3) มีกฎเกณฑ์ที่กำหนดไว้ให้ดำเนินตาม จึงจะถือว่าเป็นวิทยาศาสตร์

4) การอธิบายสิ่งต่างๆใช้การสังเกต หลักฐาน และการทดสอบเป็นพื้นฐาน

5) ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์เหนือธรรมชาติ

6) สมมติฐานที่ใช้ต้องสามารถพิสูจน์หักล้างได้

7) ไม่เกี่ยวข้องกับระบบความเชื่อและการค้นหาความจริงแท้

8) สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลใหม่เกิดขึ้น

9) ทุกความรู้จะต้องมีการตรวจสอบจากผู้อื่นและมีการพิสูจน์

ความรู้ทางศาสนา

1) ค้นหาคำตอบของทุกคำถามที่เกิดขึ้น รวมทั้งคำตอบที่เป็นผลสุดท้าย

2) เป็นการพยากรณ์สิ่งต่างๆบนพื้นฐานของความศรัทธาและความเชื่อ

3) มีกฎเกณฑ์หลากหลายตามความแตกต่างของแต่ละศาสนา

4) การอธิบายสิ่งต่างๆมีพื้นฐานจากความเชื่อและศรัทธาซึ่งค้นหาความเข้าใจและดำเนินตามเป้าหมายสุดท้าย

5) สามารถอธิบายปรากฏการณ์เหนือธรรมชาติ

6) ไม่จำเป็นต้องมีสมมติฐาน

7) เป็นระบบความเชื่อเพื่อค้นหาความจริงแท้

8) ความรู้อาจไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาอันยาวนานแต่ผันแปรไปตามวัฒนธรรม

9) ยอมรับความรู้ซึ่งไม่ต้องผ่านการตรวจสอบและพิสูจน์

สุวัฒน์ นิยมค้า (2532:134-135) ได้อธิบายเกี่ยวกับลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะต้องมีลักษณะเฉพาะดังนี้

1) ความรู้วิทยาศาสตร์เป็นความรู้เชิงประจักษ์ (Empirical Knowledge)

2) ความรู้วิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่ได้มาโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจเป็นระเบียบวิธีวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก็ได้

3) ความรู้วิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นความจริงสากล (Universal) มากกว่าที่จะเป็นความจริงเฉพาะราย

4) ความรู้วิทยาศาสตร์ยังไม่ใช่ความจริงที่สมบูรณ์ ยังต้องการการปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

5) ความรู้วิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นปรนัย (Objectivity) หมายความว่าสิ่งที่ได้รับการกลั่นกรองและทดสอบจนเป็นความรู้วิทยาศาสตร์แล้ว ทุกคนจะเข้าใจตรงกัน สื่อความหมายอย่างเดียวกัน แปลความหมายตรงกัน

เมื่อพิจารณาจากลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามที่นักการศึกษาแต่ละท่านสามารถสรุปลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ดังต่อไปนี้

1) **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีกฎเกณฑ์เฉพาะ**

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชื่อถือในหลักฐาน วิธีการให้เหตุผล และยึดถือในหลัก skepticism (ความสงสัยเกี่ยวกับความเชื่อในศาสนา) แต่อาจไม่ได้เชื่อโดยสมบูรณ์ และที่มาของความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีที่มาเฉพาะ นั่นคือระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ หรือ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2) **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้เชิงประจักษ์ซึ่งได้จากการสังเกต**

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีที่มาจากการสังเกตธรรมชาติของมนุษย์ อย่างไรก็ตาม บางครั้งมนุษย์อาจไม่สามารถเข้าถึงปรากฏการณ์ธรรมชาติได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และข้อมูลที่ได้จากการสังเกตนี้จะถูกกลั่นกรองและตีความหมายอย่างละเอียด

3) **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์**

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผลจากเชาวน์ปัญญาของมนุษย์ ซึ่งต้องอาศัยจินตนาการและความสร้างสรรค์อย่างมากในการสร้างคำอธิบายและทฤษฎีต่างๆ เช่น การใช้เส้นสเปกตรัมในการสร้างแบบจำลองอะตอมของบอร์

4) **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีที่มีอยู่**

ทฤษฎีที่มีอยู่ในแต่ละยุคสมัยส่งผลต่อความเชื่อ ความรู้เดิม การฝึกฝน ประสบการณ์ และความคาดหวังของนักวิทยาศาสตร์ การสังเกตและการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์มักได้แนวทางจากการอ้างอิงคำถามหรือปัญหาซึ่งแตกแขนงออกจากทฤษฎีที่มีอยู่ในขณะนั้น รวมถึงการแปลความหมายหลักฐานที่สังเกตได้จะใช้พื้นฐานของทรรศนะทางวิทยาศาสตร์ในขณะนั้น เช่นกัน

5) **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ฝังตรึงอยู่ในระบบสังคมและวัฒนธรรม**

ประโยชน์จากความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถใช้ในการสร้างผลผลิตในสังคม และในขณะ เดียวกันการดำเนินงาน การศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยสังคม เช่น ในด้าน โครงสร้างทางสังคม การเมือง เศรษฐกิจ ปรัชญา และศาสนา เป็นต้น

6) **ทดสอบได้ และจำเป็นต้องได้รับการพิสูจน์**

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องสามารถทดสอบต่อสาธารณชนได้ ความสมเหตุสมผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการทดสอบซ้ำด้วยกระบวนการสังเกตอันเป็นที่ยอมรับ และผลที่เกิดขึ้นในการทดสอบแต่ละครั้งต้องไม่เปลี่ยนแปลงภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน

7) เป็นความจริงชั่วคราว

แม้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเป็นความรู้ที่เชื่อถือได้และมีความคงทน แต่ก็ไม่ ได้เป็นความจริงสมบูรณ์และคงอยู่ตลอดไป ความรู้เหล่านี้รวมทั้งข้อเท็จจริง ทฤษฎี และกฎ ล้วนเป็นสิ่งที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ การเปลี่ยนแปลงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการพบหลักฐานใหม่ ซึ่งเกิดขึ้นได้เมื่อการคิดและทฤษฎีเจริญก้าวหน้าขึ้น และเมื่อนั้นหลักฐานต่างๆที่ยังคงอยู่จะถูกนำมาตีความหมายใหม่ด้วยทฤษฎีที่ก้าวหน้าขึ้น ตามความเป็นจริงแล้ว การพิสูจน์สมมติฐาน ทฤษฎี และกฎไม่สามารถทำได้อย่างสมบูรณ์โดยปราศจากหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ เช่น การพิสูจน์กฎข้อหนึ่งต้องพิจารณาตัวอย่างปรากฏการณ์ทุกเรื่องที่ปรากฏขึ้น ซึ่งตามหลักเหตุผลแล้วอาจเป็นไปได้ว่าจะมีปรากฏการณ์ในอนาคตที่เราไม่สามารถทราบได้เกิดขึ้น และมีความขัดแย้งกับกฎที่ตั้งไว้ ดังนั้น กฎ จึงเป็นความรู้ที่ไม่สามารถพิสูจน์ได้อย่างสมบูรณ์เช่นเดียวกับทฤษฎี

เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่ความจริงสมบูรณ์หรือความจริงสุดท้าย จึงยังคงมีความไม่แน่นอน และมีสิ่งที่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันไม่สามารถให้คำตอบได้ และจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไป

8) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นการอธิบายหรือพยากรณ์ปรากฏการณ์ธรรมชาติ

วิทยาศาสตร์เป็นความพยายามรวบรวมหลักฐานต่างๆในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ และทำให้เกิดการพัฒนาความรู้ไปสู่หลักการ กฎ และทฤษฎี ซึ่งมีอำนาจในการพยากรณ์ธรรมชาติ แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่เกี่ยวข้องกับระบบความเชื่อและการค้นหาความจริงแท้ ดังนั้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงสามารถตอบได้เฉพาะคำถามเกี่ยวกับสิ่งต่างๆในโลก แต่ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์เหนือธรรมชาติ และไม่สามารถตอบคำถามที่เป็นผลสุดท้ายได้ (เช่น พระเจ้ามีจริงหรือไม่ ความหมายของชีวิตคืออะไร)

9) ไม่เกี่ยวข้องกับความผิดชอบชั่วดี

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีประโยชน์ต่อมนุษย์หลายประการแต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถชี้แนะมนุษย์ได้ว่าควรนำความรู้นั้นไปใช้อย่างไร การตัดสินความผิดชอบชั่วดีต้องตัดสินจากวิธีใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของมนุษย์ ไม่ใช่ตัดสินจากองค์ความรู้

10) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความจริงสากล

ความรู้วิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นความจริงสากล คือสามารถใช้ร่วมกันได้ทั่วโลก

11) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นปรนัย

สิ่งที่ได้รับการกลั่นกรองและทดสอบจนเป็นความรู้วิทยาศาสตร์แล้ว ทุกคนจะเข้าใจตรงกัน สื่อความหมายอย่างเดียวกัน แปลความหมายตรงกัน

12) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความเป็นเอกภาพ

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นจากความพยายามทำความเข้าใจธรรมชาติของมนุษย์ และความรู้เหล่านี้ถูกสร้างขึ้นโดยวิทยาศาสตร์หลายสาขา ทำให้เกิดโครงข่ายของ กฎ ทฤษฎี และ มโนทัศน์ ซึ่งระบบองค์ความรู้เหล่านี้ทำให้วิทยาศาสตร์มีอำนาจในการอธิบายและพยากรณ์ แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในทุกสาขาวิชาล้วนมีความสัมพันธ์กัน

13) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้หลากหลาย

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความเรียบง่ายแต่ก็มีความยุ่งยากซับซ้อนในตัว และมีความกว้างขวางครอบคลุมเช่นเดียวกับที่มีความเฉพาะเจาะจง วิทยาศาสตร์มีความพยายามอย่างต่อเนื่องที่จะพัฒนามโนทัศน์จำนวนน้อยที่สุดที่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆได้มากที่สุด

1.2.2 การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สิ่งหนึ่งที่มีความเชื่อมโยงผูกพันกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และจำเป็นต้องอธิบายเพื่อไม่ให้เกิดความเข้าใจที่บิดเบือนในเรื่องของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก็คือ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Collette และ Chiappetta ,1991) ซึ่งในที่นี้ได้นำเสนอในด้านเป้าหมายของการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1.2.2.1 วิธีการทางวิทยาศาสตร์

เมื่อกล่าวถึงการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คำถามที่มักเกิดขึ้นคือ “มีวิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือไม่” (Thurber and Collette 1964:7) ซึ่งในเรื่องของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้มีนักการศึกษาให้ความเห็นไว้ดังนี้

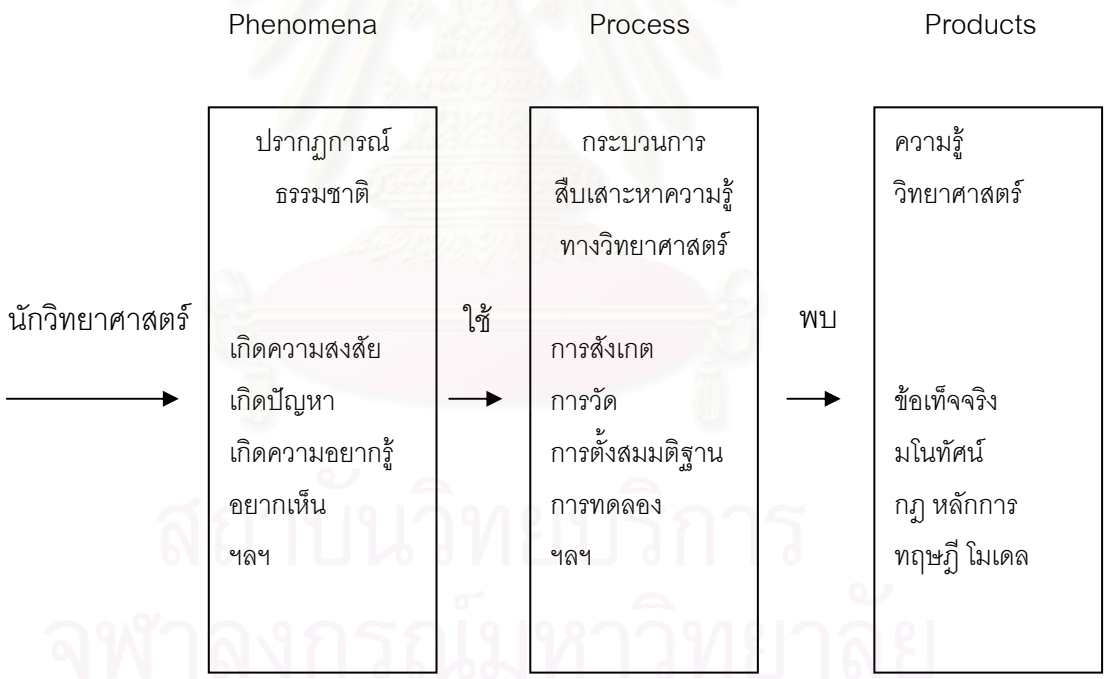
Pearson (อ้างถึงใน Thurber and Collette 1964: 7) กล่าวว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1) การตั้งปัญหา
2) การรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกต
3) การตั้งสมมติฐานโดยจัดระบบนัยการสังเกต
4) พยากรณ์ปรากฏการณ์อื่นที่สังเกตได้โดยการนิรนัยจากสมมติฐาน
5) สังเกตปรากฏการณ์ที่พยากรณ์
6) ยอมรับ ปรับปรุง หรือปฏิเสธสมมติฐานจากระดับความสอดคล้องของปรากฏการณ์กับการพยากรณ์

Sund and Trowbridge (1973:12-13) อธิบายว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดปัญหา
2) ตั้งสมมติฐาน
3) ออกแบบการทดลอง
4) ทำการสังเกต
5) รวบรวมข้อมูลจากการทดลอง
6) สรุปผล

สุวัฒน์ นิยมค้า (2532:94-97) ได้อธิบายเกี่ยวกับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่า กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องใช้ระเบียบวิธีวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการวิทยาศาสตร์เท่านั้น ซึ่งรูปแบบทั่วไปของกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์นั้นอาจแสดงได้ดังแผนภูมิต่อไปนี้



รูปแบบทั่วไปของการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2542: 6) อธิบายว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์ คือ วิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้ แก้ปัญหาต่างๆ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ระบุปัญหา
2) ตั้งสมมติฐาน
3) ทำการทดลอง
4) รวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล
5) สรุปผลการทดลอง

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537:10-15) อธิบายว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์ มี 4 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นระบุปัญหา
2) ขั้นตั้งสมมติฐาน
3) ขั้นการรวบรวมข้อมูล โดยการสังเกต และ/หรือการทดลอง
4) ขั้นสรุปผลการสังเกต และ/หรือการทดลอง

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์จะมีขั้นตอนที่ชัดเจนแต่ก็มีนักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่านเสนอว่า นักเรียนไม่จำเป็นต้องท่องจำขั้นตอนเหล่านี้ และในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องปฏิบัติตามขั้นตอนเหล่านี้อย่างเคร่งครัด ดังนี้

Sund และ Trowbridge (1973: 12-13) อธิบายว่า

> "นักวิทยาศาสตร์แก้ปัญหาจะต้องใช้วิธีการดังกล่าวแต่ไม่จำเป็นต้องดำเนินอย่างเป็นลำดับขั้น โดยในการแก้ปัญหานักวิทยาศาสตร์อาจต้องกำหนดปัญหาใหม่หลายครั้ง และตั้งสมมติฐานหลายข้อจนกว่าจะได้คำตอบของปัญหานั้น การท่องจำลำดับขั้นตอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถช่วยให้บุคคลตั้งสมมติฐาน กำหนดปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูล หรือสรุปผล แต่มีประโยชน์เล็กน้อยในการช่วยให้เข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม การจะให้นักเรียนเข้าใจวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนได้ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง"

Collette and Chiappetta (1994: 36-39) แสดงความคิดเห็นที่ขัดแย้งในเรื่องวิธีการทางวิทยาศาสตร์ว่า แม้ว่าบางครั้งรายงานเกี่ยวกับการสำรวจตรวจสอบความรู้ทาง

วิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะตำราเรียนในระดับมัธยมศึกษามักจะกล่าวว่าการสืบสอบความรู้มีลักษณะเฉพาะเสมอ อย่างไรก็ตาม วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ไม่ใช่สิ่งที่มีอยู่จริง และควรถูกกำจัดไปจากการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น ผลงานของ Karl Pearson (1937) และผลงานอื่นๆ เชื่อว่าพวกเขาสามารถระบุได้ว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีลำดับขั้นตอนซึ่งยังคงถูกสอนในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์บางแห่ง และมักปรากฏอยู่ในบทนำของตำราเรียนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา แต่นักวิจัยไม่จำเป็นต้องปฏิบัติตามขั้นตอนเหล่านี้หรือขั้นตอนใดๆนอกจากต้องการให้เป็นหลักฐานในการปรับแต่งรายงานให้ดีขึ้นในการตีพิมพ์บทความ

Lederman et.al. (2002: 501) อธิบายว่า ความเชื่อที่ว่าการทำงานของนักวิทยาศาสตร์มีขั้นตอนเป็นสูตรสำเร็จนั้นเป็นความเชื่อที่ไม่สมเหตุสมผล ความจริงแล้วไม่มีวิธีการใดวิธีการเดียวในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อถือได้แน่นอน เป็นเรื่องจริงที่นักวิทยาศาสตร์ทำการสังเกต เปรียบเทียบ วัด ทดสอบ คาดการณ์ ตั้งสมมติฐาน สร้างสรรค์แนวคิดและมโนทัศน์ในเรื่องต่างๆ อย่างไรก็ตามไม่มีวิธีการใด ที่เป็นหนทางเดียวซึ่งนำไปสู่การแก้ปัญหาหรือความรู้ที่แท้จริง

ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่การตั้งปัญหา ตั้งสมมติฐาน ทำการทดลอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง แต่ในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ไม่เป็นต้องดำเนินการตามลำดับขั้นตอนอย่างเคร่งครัด

1.2.2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ ความชำนาญและความสามารถในการใช้การคิดเพื่อค้นหาความรู้รวมทั้งการแก้ปัญหา (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2545: 9) โดยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักการศึกษาแต่ละท่านได้เสนอไว้มีดังนี้

AAAS (อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์: 2545) เสนอทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ โดยจำแนกเป็น2 ประเภท คือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน(Basic Science Process Skills) และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน (Integrated Science Process Skills) ซึ่งพิมพันธ์ เดชะคุปต์ได้อธิบายความหมายของแต่ละทักษะไว้ดังนี้

1) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (Basic Science Process Skills) ประกอบด้วย 8 ทักษะได้แก่

1.1) การสังเกต (Observing)

คือการสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ซึ่งได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และกายสัมผัส เข้าสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้นๆ ทั้งนี้โดยไม่ใช้ประสบการณ์และความคิดเห็นของผู้สังเกตในการเสนอข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ควรเป็นข้อมูลประเภท

1.1.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพ

1.1.2 ข้อมูลเชิงปริมาณ

1.1.3 ข้อมูลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลง

1.2) การจำแนกประเภท (Classifying)

คือความสามารถในการจัดแบ่ง หรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ และเหตุการณ์เป็นพวกๆ โดยมีเกณฑ์ในการจัดแบ่ง เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง การจำแนกและการเรียงลำดับนั้นอาจใช้เกณฑ์ที่กำหนดมาให้ หรือใช้เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นเอง

1.3) การวัด (Measuring)

ความสามารถในการใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณของสิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง มีหน่วยกำกับเสมอ และรวมไปถึงการเลือกใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อสิ่งที่ต้องการวัดด้วย

1.4) การใช้เลขจำนวน (Using Number)

ความสามารถในการบวก ลบ คูณ และหาร ตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรง หรือจากแหล่งอื่นๆ อีกทอดหนึ่ง ทั้งนี้ตัวเลขที่นำมาบวก ลบ คูณ หารนั้น จะต้องแสดงค่าปริมาณในหน่วยเดียวกับตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณ จะช่วยให้สามารถสื่อสารความหมายได้ตรงตามที่ต้องการและชัดเจน

1.5) การใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา (Using Space-Space and Space -Time Relationship)

คือความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

1.6) การลงความเห็นจากข้อมูล (Infering)

คือความสามารถ ในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ ไปสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์เดิมเพื่อลงข้อสรุปของปรากฏการณ์หรือวัตถุนั้น

1.7) การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Manipulating and Communicating Data)

คือความสามารถในการนำข้อมูลดิบที่ได้จากการสังเกต การทดลอง หรือจากแหล่งอื่นที่มีข้อมูลดิบอยู่แล้วมาจัดกระทำใหม่ โดยอาศัยวิธีการต่างๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ การจัดแยกประเภท การหาค่าเฉลี่ย เป็นต้น แล้วนำข้อมูลที่จัดกระทำแล้วนั้นมาเสนอหรือแสดงให้บุคคลอื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาศัยการเสนอด้วยแบบต่างๆ เช่น ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ เป็นต้น

1.8) การพยากรณ์ (Predicting)

คือความสามารถในการพยากรณ์หรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการพยากรณ์

การพยากรณ์หรือการคาดคะเน อาจเป็นการพยากรณ์

1.8.1) ภายในขอบเขตข้อมูลที่ศึกษา หรือ

1.8.2) ภายนอกขอบเขตข้อมูลที่ศึกษา

2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน (Integrated Science Process Skills) ได้แก่

2.1) การกำหนดและควบคุมตัวแปร(Controlling the Variables)

คือความสามารถในการกำหนดว่าสิ่งที่ศึกษาตัวใดเป็นตัวแปรต้น ตัวใด เป็นตัวแปรตามในปรากฏการณ์หนึ่งๆ ที่ต้องการศึกษา โดยทั่วไปในปรากฏการณ์หนึ่งๆ จะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคู่หนึ่งเป็นอย่างน้อย ซึ่งในการศึกษาปรากฏการณ์นั้นจำเป็นที่จะต้องสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นสาเหตุและตัวแปรที่เป็นผลและสามารถควบคุมตัวแปรที่เป็นสาเหตุอื่นๆในขณะที่ศึกษาตัวแปรสาเหตุตัวใดตัวหนึ่ง

2.2) การตั้งสมมติฐาน (Hypothesizing)

คือความสามารถในการให้ข้อสรุปหรือคำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้นๆ ต่อไป สมมติฐานเป็นข้อความที่แสดงการคาดคะเนซึ่งอาจเป็นข้อสรุป หรืออาจเป็นข้อความที่แสดง

ความสัมพันธ์ที่เชื่อว่าจะเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ข้อความของสมมติฐานกำหนดขึ้นโดยการสังเกตประกอบกับความรู้ ประสบการณ์ กฎ หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง คำตอบล่วงหน้าเป็นคำตอบชั่วคราวดังกล่าวต้องนำไปพิสูจน์

2.3) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร (Operational Defining of Variables)

คือความสามารถที่จะกำหนดว่ามีวิธีวัดตัวแปรที่จะศึกษาอย่างไร ซึ่งเป็นวิธีวัดที่สามารถเข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตและวัดได้โดยใช้เครื่องมืออย่างง่าย

2.4) การทดลอง (Experimenting)

คือความสามารถในการตรวจสอบสมมติฐานโดยปฏิบัติการหาคำตอบ ซึ่งเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง

2.5) การตีความหมายข้อมูลและข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusions)

การตีความหมายข้อมูลคือความสามารถในการบรรยายความหมายของข้อมูลที่ได้จากการจัดกระทำแล้วนำเสนอในรูปแบบต่างๆ ส่วนการลงข้อสรุป คือความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกษาได้เป็นข้อความใหม่อันเป็นคำตอบของปัญหา

Cohen et.al. (1989: 18) เสนอทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 11 ข้อ ซึ่งต่างจาก AAAS คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของ Cohen et.al. ไม่มีทักษะการใช้เลขจำนวน และทักษะการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา ทั้งนี้ Cohen et.al. ได้เสนอแนะเพิ่มเติมว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4 ข้อแรกเป็นทักษะที่ควรสอนในระดับประถมศึกษา และอีก 7 ข้อถัดไปเหมาะสำหรับนักเรียนในระดับสูงขึ้นดังนี้

1) การสังเกต (Observing) คือการระบุสิ่งต่างๆและบันทึกความเหมือนและความต่าง

2) การจำแนก (Classifying) คือการจัดกลุ่มสิ่งต่างๆ

3) การสื่อสาร (communicating) คือการบอกเล่า บันทึกข้อมูล เขียนกราฟ วาดภาพ หรือใช้วิธีการอื่นๆในการถ่ายทอดข้อมูลหรือความคิด

4) การวัด (Measuring) คือการแสดงปริมาณของหน่วยความยาว

หน่วยพื้นที่ หน่วยเวลา หน่วยปริมาตร และหน่วยอื่นๆ อย่างไรก็ตามกระบวนการนี้ไม่รวมการนับเพียงอย่างเดียว เนื่องจากเราสามารถนับได้โดยไม่ใช้การวัด แต่เราไม่อาจวัดโดยปราศจากการนับได้

5) การลงความเห็น (Infering) คือการสรุปความโดยใช้การสังเกตทั้งโดยตรงและทางอ้อมเป็นพื้นฐาน หรือใช้ข้อมูลที่มีอยู่ในขณะนั้น

6) การพยากรณ์ (Predicting) คือการคาดคะเนปรากฏการณ์ในอนาคต บางครั้งกระบวนการนี้ถูกพิจารณาว่าเป็นลักษณะการลงความเห็นอย่างหนึ่ง

7) กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally) คือการอธิบายวิธีการปฏิบัติการ

8) แปลความหมายข้อมูล (Interpreting Data) คือการเชื่อมโยงการสังเกต การวัด และอื่นๆ เพื่อลงความเห็นและตั้งสมมติฐาน

9) ควบคุมตัวแปร (Controlling Variables) คือการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขของสิ่งที่ศึกษาครั้งละหนึ่งอย่าง

10) ตั้งสมมติฐาน (Hypothesizing) คือการสร้างคำอธิบายชั่วคราวเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยใช้การสังเกตและข้อมูลที่มีอยู่เป็นพื้นฐาน

11) ทำการทดลอง (Experimenting) คือการดำเนินการศึกษาให้สำเร็จโดยใช้สมมติฐานและการควบคุมตัวแปร

1.2.2.3 **จิตวิทยาศาสตร์**

นอกเหนือจากวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้ว อีกองค์ประกอบหนึ่งของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก็คือ จิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีนักการศึกษาอธิบายไว้ดังนี้

สสวท. (2546: 272) ได้ให้ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์ว่า

“จิตวิทยาศาสตร์ (scientific mind/ scientific attitude) เป็นลักษณะหรือนิสัยของบุคคลที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จิตวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยคุณลักษณะต่างๆได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความมุ่งมั่น อดทน รอบคอบ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นความมีเหตุผล การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์”

วีระชาติ สวนไพรินทร์ (2531:6-15)ได้อธิบายเกี่ยวกับเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้สอดคล้องกันว่า เป็นส่วนประกอบพื้นฐานที่จะทำให้วิทยาศาสตร์เป็นวิทยาศาสตร์และเป็นสิ่งที่บุคคลควรพัฒนาเพื่อที่จะได้เป็นบุคคลที่ยึดมั่นในอิสระและเสรีภาพแห่งความคิดเคารพข้อเท็จจริงและความจริง และอดทนรอคอยความรู้จากความพยายามของตน โดยผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์จะมีลักษณะดังนี้

1) มีใจกว้างยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นโดยไม่ยึดมั่นความคิดเห็นของตนเพียงฝ่ายเดียว
2) มีใจมั่นคง ไม่ตัดสินสิ่งใดง่ายๆ โดยปราศจากหลักฐาน
3) มีความกระตือรือร้นที่จะหาความรู้อยู่เสมอ
4) มีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้เป็นอย่างดี
5) ยอมรับความเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าใหม่ๆ ที่มีคุณค่าต่อการดำรงชีวิต
6) คิด พูด และทำอย่างมีหลักเกณฑ์และเหตุผล
7) มีความซื่อสัตย์และอดทนในการทำงาน
8) มีความรับผิดชอบต่อตนเองและส่วนรวม

สอดคล้องกับที่ภพ เลาหไพบูลย์ (2537:10-15) ได้อธิบายว่าผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ควรเป็นผู้มีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

1) ความอยากรู้อยากเห็น
2) ความเพียรพยายาม
3) ความมีเหตุผล
4) ความซื่อสัตย์
5) ความมีระเบียบและรอบคอบ
6) ความใจกว้าง

กล่าวโดยสรุป จิตวิทยาศาสตร์ คือ ลักษณะหรือนิสัยของบุคคลที่เกิดจากการศึกษาหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยความสนใจใฝ่รู้ ความมุ่งมั่น อดทน รอบคอบ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ ประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นความมีเหตุผล การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

1.2.3 กิจการทางวิทยาศาสตร์

กิจการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเกี่ยวข้องระหว่างการดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์ และสังคมซึ่งมีนักการศึกษาอธิบายเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Collete and Chiappetta (1994: 30) อธิบายว่า วิทยาศาสตร์เป็นกิจการที่เกิดจากการร่วมมือของผู้คนที่หลากหลาย การเข้าใจประเด็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ว่าวิทยาศาสตร์คือ วิถีแห่งการคิดเพื่ออธิบายธรรมชาติ วิถีแห่งการแสวงหาความรู้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ และเป็นองค์ความรู้ซึ่งเป็นผลจากการสืบสอบ จะช่วยให้บุคคลมีภาพกิจการทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ขึ้น

นอกจากนี้ Collete and Chiappetta กล่าวถึงจรรยาบรรณของนักวิทยาศาสตร์ที่ควรรับผิดชอบต่อผลงานของตนซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อผู้อื่นในภายหลัง โดยอ้างถึงคำกล่าวของ Edward Teller (1991) นักนิวเคลียร์ฟิสิกส์ที่กล่าวว่า “นักวิทยาศาสตร์มีความรับผิดชอบ 3 ประการ หนึ่งคือ ทำความเข้าใจ สองคือ อธิบายความเข้าใจนั้น และสามคือนำผลของความเข้าใจไปประยุกต์ใช้ นักวิทยาศาสตร์ไม่ควรมีข้อจำกัดอื่น นักวิยาศาสตร์ไม่รับผิดชอบต่อสิ่งที่ตนเองค้นพบ”

Collete and Chiappetta แสดงทรรศนะต่อข้อความข้างต้นนี้ว่า แนวคิดที่ว่านักวิทยาศาสตร์ไม่ต้องรับผิดชอบต่องานของตนเองทำให้เกิดการตั้งคำถาม อย่างไรก็ตามวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกิจการทางวิทยาศาสตร์ และจำเป็นที่นักวิทยาศาสตร์ต้องรับผิดชอบต่องานของตน นอกจากนั้น ผู้ที่มีความเกี่ยวข้องกับการสืบสอบความรู้ต้องให้ความสำคัญกับชีวิตและปัญหาที่เกิดขึ้นซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อมนุษยชาติ

AAAS (1990: 25-38) อธิบายถึงกิจการทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่มีหลายมิติ ทั้งเป็นมิติรายบุคคล มิติทางสังคม และมิติที่เป็นสถาบัน กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญมากกิจกรรมหนึ่งในโลกปัจจุบัน และเป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอดีตกับปัจจุบันมากกว่ากิจกรรมอื่นๆ

1) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมที่สลับซับซ้อน (Science is a Complex Social Activity)

งานทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับบุคลหลายฝ่ายและมีการทำงานหลายอย่างซึ่งดำเนินไปในทุกประเทศทั่วโลก หญิงและชาย ทุกเชื้อชาติ ทุกสัญชาติล้วนมีส่วนเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์

ในฐานะที่เป็นกิจกรรมทางสังคม วิทยาศาสตร์สะท้อนให้เห็นมุมมองและค่านิยมทางสังคม เช่น ช่วงก่อนศตวรรษที่ 20 ผู้หญิงและคนผิวสีถูกกีดกันจากกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์โดยการจำกัดการศึกษาและโอกาสในการทำงาน มีเพียงส่วนน้อยที่สามารถเอาชนะอุปสรรคเหล่านี้และเข้าทำงานในหน่วยงานทางวิทยาศาสตร์

ในขณะเดียวกันสังคมและวัฒนธรรมก็เป็นตัวกำหนดทิศทางของการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากความคิดเห็นของประชาชนมีส่วนในการกำหนดปัญหาและวิธีการในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ และโครงการศึกษาวิจัยต่างๆ ต้องผ่านกระบวนการของคณะกรรมการของนักวิทยาศาสตร์นักวิทยาศาสตร์เพื่อพิจารณาทุนสนับสนุน

วิทยาศาสตร์ดำเนินไปในรูปแบบที่หลากหลาย นักวิทยาศาสตร์เข้าทำงานทั้งในมหาวิทยาลัย โรงพยาบาล องค์การธุรกิจและอุตสาหกรรม รัฐบาล องค์กรวิจัยอิสระและสมาคมทางวิทยาศาสตร์ และวิทยาศาสตร์มีธรรมชาติเชิงสังคมซึ่งจำเป็นต้องมีการเผยแพร่ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์นำเสนอข้อค้นพบและทฤษฎีของตนผ่านเอการการประชุมและตีพิมพ์ในวารสารต่างๆ ซึ่งเอกสารเหล่านี้จะทำให้ข้อค้นพบของนักวิทยาศาสตร์ได้รับขยายแนวคิดและนำไปสู่การวิพากษ์วิจารณ์ในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์

2) วิทยาศาสตร์ได้ถูกจัดระบบอยู่ในเนื้อหาวิชาสาขาต่างๆและมีการดำเนินการในสถาบันต่างๆ (Science is Organized into Content Disciplines and is Conducted in Various Institutions)

วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีสาขาวิชาหลากหลายตั้งแต่มานุษยวิทยาจนถึงสัตววิทยาซึ่งแต่ละสาขาล้วนมีความแตกต่างกันหลายด้าน เช่น ประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ปรากฏการณ์ที่ศึกษา ภาษาและเทคนิคที่ใช้ และเป้าหมายในการศึกษา แต่ทุกสาขาล้วนมีความเป็นวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกัน การแตกแขนงวิทยาศาสตร์ออกเป็นสาขาต่างๆมีข้อดีคือ ทำให้สามารถจัดโครงสร้างทางความคิด และจัดระบบการวิจัยและข้อค้นพบทางการวิจัยในแต่ละสาขาได้ แต่ก็มีข้อเสียคือการแยกสาขาไม่สอดคล้องกับวิถีตามธรรมชาติ และทำให้ยากต่อการสื่อสารระหว่างกัน ตามความเป็นจริงสาขาวิชาต่างๆในวิทยาศาสตร์ไม่มีขอบเขตแน่ชัด เช่น ฟิสิกส์อาจมีความเกี่ยวข้องกับเคมี ดาราศาสตร์ และธรณีวิทยา ในขณะที่เคมีอาจมีความเกี่ยวข้องกับ ชีววิทยาและจิตวิทยา เป็นต้น

มหาวิทยาลัย กลุ่มอุตสาหกรรม และรัฐบาล เป็นส่วนหนึ่งของการทำงานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเป็นแหล่งผลิตนักวิทยาศาสตร์ นักคณิตศาสตร์ และวิศวกรการวิจัยในมหาวิทยาลัยมีทั้งการวิจัยที่เน้นความสำคัญขององค์ความรู้และการวิจัยที่เน้นการแก้ปัญหาในเชิงปฏิบัติ ในขณะที่การวิจัยในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมมักให้ความสำคัญเฉพาะผลที่นำไปใช้ในเชิงปฏิบัติได้ อย่างไรก็ตาม บางครั้งภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมอาจให้การสนับสนุน การวิจัยที่

ไม่ได้มีผลในการนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที แต่การวิจัยนั้นต้องสามารถนำมาใช้ได้ในระยะยาว ส่วนรัฐบาลเป็นสถาบันที่ให้การสนับสนุนทั้งการวิจัยในมหาวิทยาลัย และภาคอุตสาหกรรม และยังสนับสนุนองค์กรวิจัยระดับชาติ และศูนย์การวิจัยต่างๆ นอกจากนี้ผู้สนับสนุนการวิจัยยังได้แก่ มูลนิธิเอกชน และหน่วยงานราชการระดับรัฐ ซึ่งหน่วยงานที่สนับสนุนด้านทุนการวิจัยนี้มีอิทธิพลต่อทิศทางการวิจัยทางวิทยาศาสตร์โดยเป็นผู้ตัดสินว่า โครงการวิจัยเรื่องใดจะได้รับการสนับสนุน นอกจากนี้สิ่งอื่นที่มีอิทธิพลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ได้แก่ กฎเกณฑ์ทางสังคมหรือกฎหมายที่ควบคุมการวิจัยที่อาจเป็นอันตราย เช่น การศึกษาวิจัยที่ทำการทดลองกับมนุษย์และสัตว์

3) ในการดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์มีจรรยาบรรณที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป (There Are Generally Accepted Ethical Principles in the Conduct of Science)

นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จะปฏิบัติงานตามหลักจรรยาบรรณของวิทยาศาสตร์ และยึดถือธรรมเนียมปฏิบัติอย่างเคร่งครัดในเรื่องการบันทึกข้อมูลที่ถูกต้อง ความมีใจกว้าง และมีการตรวจทานแก้ไขการทำงานโดยกลุ่มเพื่อนนักวิทยาศาสตร์ด้วยกัน ทั้งนี้เพื่อให้นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่อยู่ในกรอบจรรยาบรรณทางวิชาชีพอย่างไรก็ตามบางครั้งนักวิทยาศาสตร์มีความกดดันจากความต้องการเป็นผู้ตีพิมพ์ข้อค้นพบเป็นคนแรก ทำให้นักวิทยาศาสตร์บางคนปกปิดข้อมูลและบิดเบือนผลการค้นคว้าวิจัย ซึ่งเป็นการกระทำที่ขัดขวางการก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และจะต้องถูกประณามอย่างรุนแรงในสังคมวิทยาศาสตร์และผู้สนับสนุนการวิจัย

จรรยาบรรณอีกด้านหนึ่งเกี่ยวข้องกับปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ในแง่หนึ่งคือการทดลองกับสิ่งมีชีวิต สัตว์ทดลองมีสิทธิที่จะได้รับการดูแลให้มีสุขภาพดี มีความสบาย และมีความเป็นอยู่ดี ยิ่งไปกว่านั้นการทำการทดลองกับมนุษย์จำเป็นต้องได้รับความยินยอมจากกลุ่มตัวอย่าง แม้ว่าข้อตกลงนี้จะทำให้เกิดข้อจำกัดในประสิทธิภาพของการวิจัยและกลุ่มตัวอย่างต้องทราบข้อมูลเรื่องความเสี่ยงและประโยชน์ในการวิจัยอย่างเปิดเผยและมีสิทธิปฏิเสธการเข้าร่วมวิจัย นอกจากนั้นนักวิทยาศาสตร์ต้องไม่นำเพื่อนร่วมงาน นักศึกษา เพื่อนบ้านหรือชุมชน ไปทำการศึกษาที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยไม่ให้ความรู้หรือไม่ได้รับการยินยอม

นอกจากนี้จรรยาบรรณทางวิทยาศาสตร์ยังเกี่ยวข้องกับผลกระทบที่เป็นอันตรายซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้จากการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ บางครั้งเราไม่อาจคาดเดาผลกระทบระยะยาวของวิทยาศาสตร์ได้ แต่แนวทางประยุกต์ใช้ผลการวิจัยบางอย่าง สามารถทราบได้จากผู้สนับสนุนทุนการวิจัย เช่น เมื่อหน่วยงานป้องกันประเทศเสนอข้อตกลง ในการทำงานเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ นักคณิตศาสตร์อาจลงความเห็นได้ว่าผลการศึกษานี้จะถูกนำไปใช้ในเทคโนโลยีทางการทหาร และเป็นงานที่เป็นความลับ ภารกิจลับทางการทหารและทาง

อุตสาหกรรมเป็นที่ยอมรับในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์บางส่วนเท่านั้น นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ถือว่าการเลือกทำงานที่มีความเสี่ยงสูง ต่อมนุษยชาติ เช่น การศึกษาเกี่ยวกับอาวุธนิวเคลียร์หรืออาวุธเชื้อโรคถือเป็นจริยธรรมส่วนบุคคลมิใช่จรรยาบรรณทางวิชาชีพ

4) นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมสาธารณะทั้งในฐานะที่เป็นผู้เชี่ยวชาญและเป็นพลเมือง (Scientists Participate in Public Affairs Both as Specialists and as Citizens)

นักวิทยาศาสตร์สามารถนำข้อมูล สติปัญญา และทักษะการวิเคราะห์มาใช้ในประเด็นที่สาธารณชนห่วงใย เช่น นักวิทยาศาสตร์สามารถช่วยสาธารณชนในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุของภัยธรรมชาติ หรือความเสียหายที่เกิดจากเทคโนโลยี หรือช่วยประเมินผลกระทบที่เป็นไปได้ของนโยบายในการทำโครงการต่างๆ เช่น ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์จากการเกษตรกรรมแบบต่างๆ ซึ่งในบทบาทนี้นักวิทยาศาสตร์ต้องระมัดระวังไม่นำข้อเท็จจริงไปปะปนกับการลงความเห็น และไม่นำข้อค้นพบจากการวิจัยไปปะปนกับความคิดเห็น เนื่องจากในกรณีนี้นักวิทยาศาสตร์ถูกคาดหวังให้ใช้การแสวงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา

อย่างไรก็ตามน้อยครั้งนักที่นักวิทยาศาสตร์จะสามารถให้คำตอบแน่นอน ต่อข้อโต้แย้งของสาธารณชนได้ ประเด็นในการโต้แย้งบางเรื่องมีความซับซ้อนเกินขอบเขตของวิทยาศาสตร์ และมีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะพิสูจน์ได้ด้วยวิทยาศาสตร์ หรือเป็นประเด็นที่นักวิทยาศาสตร์ไม่เชี่ยวชาญ ในกรณีนั้นความเห็นของนักวิทยาศาสตร์ก็ไม่จำเป็นจะต้องได้รับความเชื่อถือเป็นพิเศษ

ในการทำงานนักวิทยาศาสตร์พยายามอย่างยิ่งที่จะหลีกเลี่ยงอคติทั้งของตนเองและผู้อื่น แต่ในเรื่องที่เป็นความสนใจของสาธารณชน นักวิทยาศาสตร์ก็เหมือนบุคคลทั่วไปที่อาจมีอคติในเรื่องที่เป็นความสนใจส่วนบุคคล

จากขอบข่ายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ข้างต้น สามารถสรุปกรอบการศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ 3 ด้าน คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกิจการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์**

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยลักษณะขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 13 ประการดังนี้

1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีกฎเกณฑ์เฉพาะ

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชื่อถือในหลักฐาน วิธีการให้เหตุผล และยึดถือในหลัก skepticism (ความสงสัยเกี่ยวกับความเชื่อในศาสนา) แต่อาจไม่ได้เชื่อโดยสมบูรณ์ และที่มาของความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีที่มาเฉพาะ นั่นคือระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ หรือ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2) **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้เชิงประจักษ์ซึ่งได้จากการสังเกต**

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีที่มาจากการสังเกตธรรมชาติของมนุษย์ อย่างไรก็ตาม บางครั้งมนุษย์อาจไม่สามารถเข้าถึงปรากฏการณ์ธรรมชาติได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และข้อมูลที่ได้จากการสังเกตนี้จะถูกกลั่นกรองและตีความหมายอย่างละเอียด

3) **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์**

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผลจากเชาวน์ปัญญาของมนุษย์ ซึ่งต้องอาศัยจินตนาการและความสร้างสรรค์อย่างมากในการสร้างคำอธิบายและทฤษฎีต่างๆ เช่น การใช้เส้นสเปกตรัมในการสร้างแบบจำลองอะตอมของบอร์

4) **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีที่มีอยู่**

ทฤษฎีที่มีอยู่ในแต่ละยุคสมัยส่งผลต่อความเชื่อ ความรู้เดิม การฝึกฝน ประสบการณ์ และความคาดหวังของนักวิทยาศาสตร์ การสังเกตและการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์มักได้แนวทางจากการอ้างอิงคำถามหรือปัญหาซึ่งแตกแขนงออกจากทฤษฎีที่มีอยู่ในขณะนั้น รวมถึงการแปลความหมายหลักฐานที่สังเกตได้จะใช้พื้นฐานของทรรศนะทางวิทยาศาสตร์ในขณะนั้น เช่นกัน

5) **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ฝังตรึงอยู่ในระบบสังคมและวัฒนธรรม**

ประโยชน์จากความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถใช้ในการสร้างผลผลิตในสังคม และในขณะเดียวกันการดำเนินงาน และการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยสังคม เช่น ในด้าน โครงสร้างทางสังคม การเมือง เศรษฐกิจ ปรัชญา และศาสนา เป็นต้น

6) **ทดสอบได้ และจำเป็นต้องได้รับการพิสูจน์**

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องสามารถทดสอบต่อสาธารณชนได้ ความสมเหตุสมผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการทดสอบซ้ำด้วยกระบวนการสังเกตอันเป็นที่ยอมรับ และผลที่เกิดขึ้นในการทดสอบแต่ละครั้งต้องไม่เปลี่ยนแปลงภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน

7) เป็นความจริงชั่วคราว

แม้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเป็นความรู้ที่เชื่อถือได้และมีความคงทน แต่ก็ไม่ได้เป็นความจริงสมบูรณ์และคงอยู่ตลอดไป ความรู้เหล่านี้รวมทั้งข้อเท็จจริง ทฤษฎี และกฎ ล้วนเป็นสิ่งที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ การเปลี่ยนแปลงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการพบหลักฐานใหม่ ซึ่งเกิดขึ้นได้เมื่อการคิดและทฤษฎีเจริญก้าวหน้าขึ้น และเมื่อนั้นหลักฐานต่างๆที่ยังคงอยู่จะถูกนำมาตีความหมายใหม่ด้วยทฤษฎีที่ก้าวหน้าขึ้น ตามความเป็นจริงแล้ว การพิสูจน์สมมติฐาน ทฤษฎี และกฎไม่สามารถทำได้อย่างสมบูรณ์โดยปราศจากหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ เช่น การพิสูจน์กฎข้อหนึ่งต้องพิจารณาตัวอย่างปรากฏการณ์ทุกเรื่องที่ปรากฏขึ้น ซึ่งตามหลักเหตุผลแล้วอาจเป็นไปได้ว่าจะมีปรากฏการณ์ในอนาคตที่เราไม่สามารถทราบได้เกิดขึ้น และมีความขัดแย้งกับกฎที่ตั้งไว้ ดังนั้น กฎ จึงเป็นความรู้ที่ไม่สามารถพิสูจน์ได้อย่างสมบูรณ์เช่นเดียวกับทฤษฎี

เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่ความจริงสมบูรณ์หรือความจริงสุดท้าย จึงยังคงมีความไม่แน่นอน และมีสิ่งที่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันไม่สามารถให้คำตอบได้ และจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไป

8) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นการอธิบายหรือพยากรณ์ปรากฏการณ์ธรรมชาติ

วิทยาศาสตร์เป็นความพยายามรวบรวมหลักฐานต่างๆในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ และทำให้เกิดการพัฒนาความรู้ไปสู่หลักการ กฎ และทฤษฎี ซึ่งมีอำนาจในการพยากรณ์ธรรมชาติ แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่เกี่ยวข้องกับระบบความเชื่อและการค้นหาความจริงแท้ ดังนั้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงสามารถตอบได้เฉพาะคำถามเกี่ยวกับสิ่งต่างๆในโลก แต่ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์เหนือธรรมชาติ และไม่สามารถตอบคำถามที่เป็นผลสุดท้ายได้ (เช่น พระเจ้ามีจริงหรือไม่ ความหมายของชีวิตคืออะไร)

9) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่เกี่ยวข้องกับความผิดชอบชั่วดี

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีประโยชน์ต่อมนุษย์หลายประการแต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถชี้แนะมนุษย์ได้ว่าควรนำความรู้นั้นไปใช้อย่างไร การตัดสินความผิดชอบชั่วดีต้องตัดสินจากวิธีใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของมนุษย์ ไม่ใช่ตัดสินจากองค์ความรู้

10) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความจริงสากล

ความรู้วิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นความจริงสากล คือสามารถใช้ร่วมกันได้ทั่วโลก

11) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นปรนัย

สิ่งที่ได้รับการกลั่นกรองและทดสอบจนเป็นความรู้วิทยาศาสตร์แล้ว ทุกคนจะเข้าใจตรงกัน สื่อความหมายอย่างเดียวกัน แปลความหมายตรงกัน

12) **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความเป็นเอกภาพ**

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นจากความพยายามทำความเข้าใจธรรมชาติของมนุษย์ และความรู้เหล่านี้ถูกสร้างขึ้นโดยวิทยาศาสตร์หลายสาขา ทำให้เกิดโครงข่ายของ กฎ ทฤษฎี และมโนทัศน์ ซึ่งระบบองค์ความรู้เหล่านี้ทำให้วิทยาศาสตร์มีอำนาจในการอธิบายและพยากรณ์ แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในทุกสาขาวิชาล้วนมีความสัมพันธ์กัน

13) **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้หลากหลาย**

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความเรียบง่ายแต่ก็มีความยุ่งยากซับซ้อนในตัว และมีความกว้างขวางครอบคลุมเช่นเดียวกับที่มีความเฉพาะเจาะจง วิทยาศาสตร์มีความพยายามอย่างต่อเนื่องที่จะพัฒนามโนทัศน์จำนวนน้อยที่สุดที่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆได้มากที่สุด

2. **ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์**

ประกอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ดังนี้

2.1**วิธีการทางวิทยาศาสตร์** คือวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ระบุปัญหา
2) ตั้งสมมติฐาน
3) ทำการทดลอง
4) รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล
5) สรุปผลการทดลอง

2.2 **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 13 ทักษะ ซึ่งจำแนกเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ และขั้นผสมผสาน 5 ทักษะ ดังนี้

<u>ขั้นพื้นฐาน</u>

1) **การสังเกต**

การใช้สัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ซึ่งได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และกายสัมผัส เข้าสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูลซึ่งเป็น

รายละเอียดของสิ่งนั้นๆ ทั้งนี้โดยไม่ใช้ประสบการณ์และความคิดเห็นของผู้สังเกตในการเสนอข้อมูล

2) **การจำแนกประเภท**

ความสามารถในการจัดแบ่งหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์และเหตุการณ์เป็นพวกๆ โดยมีเกณฑ์ในการจัดแบ่ง เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง การจำแนกและการเรียงลำดับนั้นอาจใช้เกณฑ์ที่กำหนดมาให้ หรือใช้เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นเอง

3) **การวัด**

ความสามารถในการใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณของสิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง มีหน่วยกำกับเสมอ และรวมไปถึงการเลือกใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อสิ่งที่ต้องการวัดด้วย

4) **การใช้เลขจำนวน**

ความสามารถในการบวก ลบ คูณ และหาร ตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรง หรือจากแหล่งอื่นๆ อีกทอดหนึ่ง ทั้งนี้ตัวเลขที่นำมาบวก ลบ คูณ หารนั้น จะต้องแสดงค่าปริมาณในหน่วยเดียวกับตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณ จะช่วยให้สามารถสื่อสารความหมายได้ตรงตามที่ต้องการและชัดเจน

5) **ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา**

ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

6) **การลงความเห็นจากข้อมูล**

ความสามารถ ในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุ หรือปรากฏการณ์ ไปสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์เดิมเพื่อลงข้อสรุปของปรากฏการณ์หรือวัตถุนั้น

7) **การจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล**

ความสามารถในการนำข้อมูลดิบที่ได้จากการสังเกต การทดลอง หรือจากแหล่งอื่นที่มีข้อมูลดิบอยู่แล้วมาจัดกระทำใหม่ โดยอาศัยวิธีการต่างๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ การจัดแยกประเภท การหาค่าเฉลี่ย เป็นต้น แล้วนำข้อมูลที่จัดกระทำแล้วนั้นมาเสนอหรือแสดงให้บุคคลอื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาศัยการเสนอด้วยแบบต่างๆ เช่น ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ เป็นต้น

8) **การพยากรณ์**

ความสามารถในการพยากรณ์หรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการพยากรณ์

ขั้นผสมผสาน

9) **การกำหนดและความคุมตัวแปร**

ความสามารถในการกำหนดว่าสิ่งที่ศึกษาตัวใดเป็นตัวแปรต้น ตัวใด เป็นตัวแปรตามในปรากฏการณ์หนึ่งๆ ที่ต้องการศึกษา โดยทั่วไปในปรากฏการณ์หนึ่งๆ จะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคู่หนึ่งเป็นอย่างน้อย ซึ่งในการศึกษาปรากฏการณ์นั้นจำเป็นที่จะต้องสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นสาเหตุและตัวแปรที่เป็นผลและสามารถควบคุมตัวแปรที่เป็นสาเหตุอื่นๆในขณะที่ศึกษาตัวแปรสาเหตุตัวใดตัวหนึ่ง

10) **การตั้งสมมติฐาน**

ความสามารถที่จะกำหนดว่ามีวิธีวัดตัวแปรที่จะศึกษาอย่างไร ซึ่งเป็นวิธีวัดที่สามารถเข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตและวัดได้โดยใช้เครื่องมืออย่างง่าย

11) **การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ**

ความสามารถที่จะกำหนดว่ามีวิธีวัดตัวแปรที่จะศึกษาอย่างไร ซึ่งเป็นวิธีวัดที่สามารถเข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตและวัดได้โดยใช้เครื่องมืออย่างง่าย

12) **การทดลอง**

คือความสามารถในการตรวจสอบสมมติฐานโดยปฏิบัติการหาคำตอบ ซึ่งเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบ ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง

13) **การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป**

ความสามารถในการบรรยายความหมายของข้อมูลที่ได้จากการจัดกระทำแล้วนำเสนอในรูปแบบต่างๆ ส่วนการลงข้อสรุป คือความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกษาได้เป็นข้อความใหม่อันเป็นคำตอบของปัญหา

2.2 จิตวิทยาศาสตร์

คือคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต่อการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 10 คุณลักษณะดังนี้

1) ความสนใจใฝ่รู้

2) ความมุ่งมั่น

3) ความอดทน

4) ความรอบคอบ

5) ความรับผิดชอบ

6) ความซื่อสัตย์

7) ความประหยัด

8) การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

9) ความมีเหตุผล

10) การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

3. **ด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์**

คือความเกี่ยวข้องระหว่างการดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์กับสังคม ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

3.1 วิทยาศาสตร์ในฐานะกิจกรรมทางสังคม

ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ในฐานะกิจกรรมทางสังคมประกอบด้วย

1) บุคคลทุกคนไม่ว่าเพศใด สัญชาติใดล้วนเกี่ยวข้องกับการทำงานทางวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

2) วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมและสะท้อนให้เห็นมุมมองและค่านิยมทางสังคม

3) สังคมและวัฒนธรรมเป็นตัวกำหนดทิศทางการวิจัยทางวิทยาศาสตร์

4) วิทยาศาสตร์มีธรรมชาติเชิงสังคมที่จำเป็นต้องมีการเผยแพร่ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดการขยายแนวคิดและวิพากษ์วิจารณ์ข้อค้นพบในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์

3.2 วิทยาศาสตร์ถูกระบบอยู่ในสาขาวิชาต่าง ๆและมีการดำเนินการในสถาบันต่าง ๆ

ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ถูกระบบอยู่ในสาขาวิชาต่างๆและมีการดำเนินการในสถาบันต่างๆ ได้แก่

1) วิทยาศาสตร์มีหลากหลายสาขาวิชาแต่ทุกสาขาล้วนมีความเกี่ยวข้องกัน

2) การดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์ในสถาบันต่างๆมีผลต่อกันและกัน เช่น มหาวิทยาลัยผลิตนักวิทยาศาสตร์ นักคณิตศาสตร์ และวิศวกรให้กลุ่มอุตสาหกรรม และรัฐบาล

เป็นผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในมหาวิทยาลัยและภาคอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยทั้งภาครัฐ และเอกชนรวมถึงกฎเกณฑ์ทางสังคม และกฎหมายต่างๆ ล้วนมีผลต่อทิศทางการวิจัยทางวิทยาศาสตร์

3.3 การดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์มีจรรยาบรรณอันเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป

จรรยาบรรณของนักวิทยาศาสตร์ได้แก่

1) นักวิทยาศาสตร์ยึดถือเรื่องการบันทึกข้อมูลอย่างถูกต้อง

2) งานของนักวิทยาศาสตร์ต้องได้รับการตรวจทานแก้ไขในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ด้วยกัน

3) สัตว์ทดลองในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ต้องได้รับการดูแลให้มีความเป็นอยู่ที่ดี

4) การทดลองกับมนุษย์ต้องได้รับการยินยอมจากกลุ่มตัวอย่างที่ทราบความเสี่ยงและประโยชน์จากการวิจัยอย่างเปิดเผย

5) นักวิทยาศาสตร์ต้องคำนึงถึงผลกระทบจากการนำผลวิจัยไปใช้ในระยะยาว

3.4 การเข้าร่วมกิจกรรมสาธารณะของนักวิทยาศาสตร์

การเข้าร่วมกิจกรรมสาธารณะของนักวิทยาศาสตร์ต้องคำนึงถึงประเด็นที่เกี่ยวข้องต่อไปนี้

1) นักวิทยาศาสตร์สามารถนำความรู้และสติปัญญาไปใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อสาธารณชนได้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยต้องระมัดระวังไม่นำความคิดเห็นส่วนตัวไปปะปนกับข้อเท็จจริง

2) สาธารณชนไม่จำเป็นต้องเชื่อถือนักวิทยาศาสตร์เป็นพิเศษในการให้ความเห็นเกี่ยวกับประเด็นโต้แย้งที่ไม่อาจให้คำตอบได้ด้วยวิทยาศาสตร์และประเด็นที่นักวิทยาศาสตร์ผู้นั้นไม่เชี่ยวชาญ

กรอบการศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ครั้งนี้ สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

กรอบการศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	กิจการทางวิทยาศาสตร์
1.มีกฎเกณฑ์เฉพาะคือยึดถือหลักเหตุผลและระเบียบวิธีหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2.เป็นความรู้เชิงประจักษ์ซึ่งได้จากการสังเกต 3.เกี่ยวข้องกับจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์ 4.ได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีที่มีอยู่ 5.ฝังตรึงอยู่ในระบบสังคมและวัฒนธรรม 6.ทดสอบได้ และจำเป็นต้องได้รับการพิสูจน์ 7.เป็นความจริงชั่วคราว 8.เป็นการอธิบายหรือพยากรณ์ปรากฏการณ์ธรรมชาติ 9.ไม่เกี่ยวข้องกับความผิดชอบชั่วดี 10.เป็นความจริงสากล 11.มีลักษณะเป็นปรนัย 12.มีความเป็นเอกภาพ 13. สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้หลากหลาย	**วิธีการทางวิทยาศาสตร์** 1. ระบุปัญหา 2. ตั้งสมมติฐาน 3. ทำการทดลอง 4. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล 5. สรุปผลการทดลอง **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์** <u>ขั้นพื้นฐาน</u> 1. การสังเกต 2.การจำแนกประเภท 3. การวัด 4. การใช้เลขจำนวน 5. ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา 6. การลงความเห็นจากข้อมูล 7. การจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล 8. การพยากรณ์ <u>ขั้นผสมผสาน</u> 9. การกำหนดและความคุมตัวแปร 10. การตั้งสมมติฐาน 11. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 12. การทดลอง 13. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	**วิทยาศาสตร์ในฐานะที่เป็นกิจกรรมทางสังคม** 1. บุคคลทุกคนไม่ว่าเพศใด สัญชาติใด ก็มีส่วนร่วมในการดำเนินงานและการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ 2.วิทยาศาสตร์สะท้อนให้เห็นมุมมองและค่านิยมทางสังคม 3.สังคมและวัฒนธรรมเป็นตัวกำหนดทิศทางการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ 4.วิทยาศาสตร์ต้องมีการเผยแพร่ข้อมูลและได้รับการวิพากษ์วิจารณ์เพื่อให้เกิดการขยายแนวคิดและวิพากษ์วิจารณ์ข้อค้นพบในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ **วิทยาศาสตร์ถูกจัดระบบอยู่ในเนื้อหาสาขาวิชาต่าง ๆและมีการดำเนินการในสถาบันต่าง ๆ** 1. วิทยาศาสตร์มีหลากหลายสาขาวิชาแต่ทุกสาขาล้วนมีความเกี่ยวข้องกัน 2. วิทยาศาสตร์มีการดำเนินงานในสถาบันต่างๆ และมีผลต่อกันและกัน **การดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์มีจรรยาบรรณอันเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป** 1.นักวิทยาศาสตร์ยึดถือเรื่องการบันทึกข้อมูลอย่างถูกต้อง 2.งานของนักวิทยาศาสตร์ต้องได้รับการตรวจทานแก้ไขในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ ด้วยกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	กิจการทางวิทยาศาสตร์
	จิตวิทยาศาสตร์ 1. ความสนใจใฝ่รู้ 2. ความมุ่งมั่น 3. ความอดทน 4. ความรอบคอบ 5. ความรับผิดชอบ 6. ความซื่อสัตย์ 7. ความประหยัด 8. การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น 9. ความมีเหตุผล 10. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	3. สิ่งมีชีวิตในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ต้องได้รับการดูแลให้มีความเป็นอยู่ที่ดี 4. การทดลองกับมนุษย์ต้องได้รับการยินยอมจากกลุ่มตัวอย่างที่ทราบความเสี่ยงและประโยชน์จากการวิจัยอย่างเปิดเผย 5. นักวิทยาศาสตร์ต้องคำนึงถึงผลกระทบจากการนำผลวิจัยไปใช้ในระยะยาว **การเข้าร่วมกิจกรรมสาธารณะของนักวิทยาศาสตร์** 1. นักวิทยาศาสตร์สามารถนำความรู้และสติปัญญาไปใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อสาธารณชนได้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยต้องระมัดระวังไม่นำความคิดเห็นส่วนตัวไปปะปนกับข้อเท็จจริง 2. สาธารณชนไม่จำเป็นต้องเชื่อถือนักวิทยาศาสตร์เป็นพิเศษในการให้ความ เห็นเกี่ยวกับประเด็นโต้แย้งที่ไม่อาจให้คำตอบได้ด้วยวิทยาศาสตร์และประเด็นที่นักวิทยาศาสตร์ผู้นั้นไม่เชี่ยวชาญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์

เหตุผลที่ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ถูกย้ำความสำคัญในการศึกษาวิทยาศาสตร์ของนานาประเทศ เนื่องมาจาก การที่บุคคลมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จะช่วยให้มีความเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิธีการสร้างสรรค์ความรู้ใหม่ทั้งความรู้ทั่วไปและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้เกิดการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพราะการเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จะทำให้บุคคลเข้าใจ ที่มาของความรู้ จุดเริ่มต้นของการตั้งปัญหาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ ตลอดจนวิธีแสวงหาความรู้และคุณสมบัติต่างๆที่ช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สามารถหาคำตอบของปัญหาต่างๆได้ การเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์จึงช่วยให้บุคคลสามารถแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง และนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาสังคม และในขณะเดียวกันความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นอกจากจะทำให้บุคคลตระหนักถึงคุณค่าของวิทยาศาสตร์แล้ว ยังทำให้เข้าใจข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ และผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อสังคมซึ่งจะเป็นพื้นฐานที่สร้างบุคคลให้เป็นผู้บริโภควิทยาศาสตร์ที่ดี (Lederman, 1992; 331-353)

จากความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทำให้การศึกษาวิทยาศาสตร์ ให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาเป็นเวลานาน ซึ่งสามารถตามรอยทางการศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้

2.1 ความเป็นมาของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์

หลักสูตรวิทยาศาสตร์แต่ดั้งเดิมเน้นความสำคัญเฉพาะองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ทฤษฎี หลักการ และกฎ ของวิทยาศาสตร์ในแต่ละสาขา อย่างไรก็ตาม เมื่อเวลาผ่านไป องค์กรและนโยบายทางการศึกษา ต่างให้ความสำคัญกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้น และเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก็มีความชัดเจนขึ้นตามลำดับ (Hind et.al., 2001)

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา เริ่มให้ความสนใจต่อการศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาเป็นเวลานาน โดยเริ่มต้นจากการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวน การทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งหลักฐานของการให้ความสำคัญกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวน การทางวิทยาศาสตร์นี้ มีมาตั้งแต่ปี ค.ศ.1907 ซึ่ง

รายงานการประชุมของ Central Association of Science and Mathematic Teachers แสดงถึงการอภิปรายร่วมกันถึงการให้ความสำคัญต่อการสอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เริ่มปรากฏอยู่ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในปี ค.ศ.1920 และในปี 1960 ซึ่งมีการปฏิรูปการศึกษาในสหรัฐอเมริกา ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ถูกเน้นความสำคัญ ในส่วนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งในปี ค.ศ.1989 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ถูกเน้นความสำคัญอย่างชัดเจน เมื่อ American Association for the Advancement of Science (AAAS) ได้บรรจุธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ลงในองค์ประกอบหนึ่งของการมีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ (Lederman, 1992; McComas, 2000; Mathews, 2003)

ปัจจุบันนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ต่างให้ความสำคัญกับแนวคิดที่ว่า การศึกษาวิทยาศาสตร์ไม่ควรมีประโยชน์เพียงการถ่ายทอดสาระความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้บุคคลประกอบอาชีพนักวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ควรมีประโยชน์ต่อบุคคลทุกคนในชีวิตประจำวันทั้งในโลกปัจจุบันและในอนาคต ซึ่งการศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จะช่วยในการตัดสินใจเพื่อประเมินความน่าเชื่อถือ หรือข้อสรุปที่ได้จากการทดลองทางวิทยาศาสตร์ และนัยทางสังคม การเมือง หรือจริยธรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ดังนั้น การศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จึงถูกเน้นความสำคัญในนโยบายทางการศึกษาของนานาประเทศ (Collette and Chiappetta, 1994; Sorby, 2000; Hind et. al., 2001)

2.2 ความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ของต่างประเทศ

นานาประเทศต่างให้ความสำคัญต่อการศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่ง AAAS (1993, 6-19) ได้ระบุให้ ความรู้เข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของการมีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของปวงชนอเมริกัน (Science for All American) และได้เสนอแนะมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น (Benchmarks for Scientific Literacy) เรื่องธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ใน 3 ประเด็น คือ โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และกิจการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการศึกษาของรัฐต่างๆ ซึ่งในที่นี้จะขอเสนอมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นของนักเรียน เกรด 6-8 ดังนี้

1) โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์: นักเรียนควรเข้าใจว่า

1.1) เมื่อการสำรวจตรวจสอบความรู้ให้ข้อสรุปแตกต่างกัน จำเป็นต้องมีการพิจารณาข้อแตกต่าง และความน่าเชื่อถือของข้อสรุปแต่ละประการ และทำการศึกษาขั้นต่อไปเพื่อตรวจสอบข้อมูล นักวิทยาศาสตร์ควรมีการสำรวจตรวจสอบความรู้ซ้ำหลายครั้งก่อนจะยอมรับความถูกต้องของข้อสรุปที่ได้

1.2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไข เมื่อมีข้อมูลใหม่ที่ขัดแย้งกับทฤษฎีเดิม และสามารถอธิบายด้วยทฤษฎีใหม่ได้ดีกว่า

1.3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์บางประการมีความเก่าแก่มาก แต่ยังคงเป็นที่เชื่อถือในปัจจุบัน

1.4) เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับจิตใจ และจริยธรรม เป็นสิ่งที่ไม่อาจตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

2) การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์: นักเรียนควรเข้าใจว่า

1.1) นักวิทยาศาสตร์แต่ละคนมีความสนใจในการศึกษาสิ่งต่างๆ แตกต่างกันไป และมีวิธีการทำงานที่แตกต่างกัน และไม่อาจกำหนดขั้นตอนตายตัวเกี่ยวกับวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ได้ แต่โดยทั่วไป การสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ต้องมีการรวบรวมข้อมูล มีการใช้หลักเหตุผล และใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการตั้งสมมติฐาน และคำอธิบายในการสร้างความเข้าใจข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้

1.2) หากมีตัวแปรมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าหนึ่งตัวในการทดลองครั้งหนึ่งๆ ผลของการทดลองนั้นจะไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่า เป็นผลจากตัวแปรใด และเป็นไปไม่ได้ที่จะป้องกันผลจากตัวแปรภายนอก หรือระบุตัวแปรที่มีผลต่อการทดลองได้ครบทุกตัว แต่การร่วมมือกันระหว่างนักวิทยาศาสตร์หรือผู้ทำการทดลอง จะช่วยให้สามารถคาดคะเนแบบการทดลองที่เหมาะสมที่สุดได้

1.3) เมื่อบุคคลคาดหวังผลใดๆในการทดลอง ความคาดหวังและความเชื่อนั้นอาจเป็นอุปสรรคต่อการสังเกตผลอื่นที่อาจเกิดขึ้น นักวิทยาศาสตร์ทราบว่าความคาดหวังส่วนบุคคลก่อให้เกิดผลเสียในการทดลอง และพยายามหลีกเลี่ยงการตั้งความคาดหวังในการออกแบบ และตรวจสอบข้อมูล ซึ่งวิธีการหนึ่งที่ปลอดภัย คือการจัดให้มีผู้ทดลองที่มีแนวคิดต่างกันหลายคน ในการสำรวจตรวจสอบความรู้ในเรื่องหนึ่งๆ

3) กิจการทางวิทยาศาสตร์: นักเรียนควรเข้าใจว่า

3.1) ประโยชน์จากการพัฒนา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เป็นผลมาจากผู้คนในหลากหลายวัฒนธรรมที่แตกต่างกัน ในช่วงเวลาต่างๆ

3.2) ปัจจุบัน สตรี และชนกลุ่มน้อยในบางเชื้อชาติ ถูกจำกัดโอกาสทางการศึกษา และการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เนื่องจากถูกกีดกันจากองค์กรวิทยาศาสตร์ มีเพียงส่วนน้อยที่สามารถเอาชนะอุปสรรคเหล่านี้ได้

3.3) ไม่ว่าความรู้และนวัตกรรมใหม่ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์จะถูกค้นพบจากบุคคลใด หรือสถานที่แห่งใดในโลก ท้ายที่สุด ความรู้นั้นจะปรากฏแก่ทุกคนในโลก

3.4) นักวิทยาศาสตร์ถูกจ้างโดยสถานศึกษา มหาวิทยาลัย กลุ่มธุรกิจ กลุ่มอุตสาหกรรม และรัฐบาล และดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์ในทุกหนทุกแห่ง ตั้งแต่ ห้องทำงาน ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ ไร่นา โรงงาน และในสภาพธรรมชาติตั้งแต่อวกาศจนถึงพื้นมหาสมุทร

3.5) การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ จำเป็นต้องมีจริยธรรมในการทำงานอย่างมาก และต้องมีการอธิบายถึงความเสี่ยงและประโยชน์จากการวิจัยอย่างชัดเจน รวมถึงการให้โอกาสกลุ่มตัวอย่างในการปฏิเสธไม่ร่วมการวิจัย จริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ยังระบุว่านักวิทยาศาสตร์ต้องไม่นำผู้ร่วมงาน นักศึกษา และชุมชน ไปทำการวิจัยที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยปราศจากการให้ความรู้และความเห็นชอบจากบุคคลเหล่านั้น นอกจากนี้เมื่อใช้ตัวอย่างมีชีวิตในการทดลอง จำเป็นต้องดูแลให้มีความเป็นอยู่ที่ดี

นอกจากนี้ National Science Teachers Association (NSTA, 2003) ของประเทศสหรัฐอเมริกายังกำหนดมาตรฐานครูวิทยาศาสตร์ ข้อหนึ่งว่า “ครูวิทยาศาสตร์มีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดหลัก เครื่องมือในการสืบสอบ ประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ ซึ่งทำให้มุมมองทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้มีความหมายต่อนักเรียน” และนอกจากมาตรฐานครูวิทยาศาสตร์แล้ว NSTA ยังกำหนดมาตรฐานในการเตรียมครูวิทยาศาสตร์ ทั้งในระดับ ครูก่อนประจำการ ครูประจำการ และครูผู้เชี่ยวชาญ ให้มีความรู้ความเข้าใจ และมีความสามารถในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

นอกจากสหรัฐอเมริกาแล้ว รัฐอัลเบอร์ตา ประเทศแคนาดา (Alberta Learning, 2003) มีการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาข้อหนึ่งว่า “นักเรียนจะต้องพัฒนาความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริบททางสังคมและสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” และได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นเรื่องธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ไว้สองส่วน คือ ความรู้ และ ทักษะ ดังนี้

1) ความรู้: นักเรียนควรมีความเข้าใจในเรื่องต่อไปนี้

1.1) เป้าหมายของวิทยาศาสตร์คือ ความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ

1.2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์พัฒนาผ่านกระบวนการสังเกต การทดลอง การค้นพบแบบแผนและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่างๆ และการสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

1.3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผลจากการแบ่งปันความรู้ระหว่างผู้คนตลอดเวลา

1.4) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อพบหลักฐานใหม่

1.5) กระบวนการในการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย

1.5.1) การระบุปัญหาวิจัย

1.5.2) การพัฒนากระบวนการสำรวจตรวจสอบ

1.5.3) การบันทึกข้อมูลจากการสังเกตและการวัด

1.5.4) การประเมินและวิพากษ์ข้อสรุปจากกระบวนการสำรวจตรวจสอบ

1.6) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ เป็นแนวความคิดหลักในการรวบรวม ตีความหมาย และอธิบายข้อค้นพบใหม่

1.7) วิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำตอบที่สมบูรณ์แก่ทุกคำถามได้

2) ทักษะ: นักเรียนควรมีความสามารถในด้านต่อไปนี้

2.1) การริเริ่มตั้งปัญหา และวางแผนการวิจัย

2.2) เก็บรวบรวม และบันทึกข้อมูล

2.3) วิเคราะห์และตีความหมายข้อมูล

2.4) สื่อสาร และทำงานเป็นกลุ่ม

สหราชอาณาจักร ก็ให้ความสำคัญต่อการศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เช่นกัน โดยหลักสูตรวิทยาศาสตร์แห่งชาติของสหราชอาณาจักร (อ้างถึงใน Irwin, 2001: 5-26) ได้กำหนดให้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นสาระการเรียนรู้หนึ่งในหลักสูตร และกำหนดมาตรฐานการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนวัย 11-14 ปี ว่าในวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องมีโอกาสในการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านต่อไปนี้

1) พิจารณาความสำคัญของหลักฐาน และความคิดเชิงสร้างสรรค์ในการพัฒนาทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2) พิจารณาความเป็นมาของความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเข้าใจความสำคัญของการสนับสนุนความรู้ด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์

3) เชื่อมโยงบริบททางสังคมและประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยการศึกษาความเป็นมาในการเปลี่ยนแปลงความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อยหนึ่งกรณี

จะเห็นได้ว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการศึกษาวิทยาศาสตร์ของนานาประเทศ ทั้งในด้านการกำหนดหลักสูตรวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน และการเตรียมครูเพื่อสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2.3. ความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ของไทย

ในส่วนของประเทศไทย มีการให้ความสำคัญกับการศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาเป็นเวลานานเช่นกัน อย่างน้อยที่สุดตั้งแต่ พ.ศ. 2518 ในรูปของทักษะ ระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ดังจะยกตัวอย่างจุดประสงค์ของหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2518 ดังนี้

หลักสูตรประโยคมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2518

จุดประสงค์ของหมวดวิชาวิทยาศาสตร์

1) เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักการทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ และให้มีทักษะในการใช้วัสดุทางวิทยาศาสตร์สำหรับเป็นพื้นฐานในการศึกษาขั้นสูงต่อไป

2) เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในสิ่งแวดล้อม และหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นประโยชน์ต่อชีวิตและความสงบสุขทางสังคม พร้อมทั้งให้นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการปรับปรุงความเป็นอยู่

3) เพื่อปลูกฝังให้เกิดทักษะในการแก้ปัญหาโดยระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์

4) เพื่อให้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

หลังจากหลักสูตรประโยคมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2518 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ยังคงปรากฏอยู่ในหลักสูตรต่อมา ทั้งในรูปแบบของ ทักษะ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะ ขอบเขต และวงจำกัด หรือข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ดังนี้

หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521

จุดประสงค์ของวิชาวิทยาศาสตร์

1) เพื่อให้เกิดความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีขั้นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์

2) เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะ ขอบเขต และวงจำกัดของวิชาวิทยาศาสตร์

3) เพื่อให้เกิดทัศนคติที่ดีทางวิทยาศาสตร์

4) เพื่อให้เกิดทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์

และในปี พ.ศ. 2533 หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) ได้มีการเพิ่มเติมเป้าหมายของหลักสูตร ซึ่งครอบคลุมขอบข่ายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มากขึ้น ในเรื่องของความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ และสังคม ดังนี้

หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533)

1) เพื่อให้เกิดความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์

2) เพื่อให้มีความเข้าใจในลักษณะ ขอบเขต และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้า และคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4) เพื่อให้คนมีเหตุผล ใจกว้าง รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เชื่อและใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา รัก สนใจ ใฝ่รู้ในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

5) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

6) เพื่อให้นำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้ก่อประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

สำหรับหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2524 และฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ยังคงปรากฏอยู่ในหลักสูตรทุกข้อเช่นเดียวกัน ดังนี้

หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524

จุดประสงค์ของวิชาวิทยาศาสตร์

1) เพื่อให้เข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ โดยอาศัยเหตุผลและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2) เพื่อฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และสามารถนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

3) เพื่อให้เกิดเจตคติที่ถูกต้อง และค่านิยมทางวิทยาศาสตร์

4) เพื่อให้เข้าใจปัญหาและมองเห็นประโยชน์ของวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อการดำรงชีวิต การพัฒนาสังคม และสิ่งแวดล้อม

หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 **(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.**2533)

จุดประสงค์ของวิชาวิทยาศาสตร์

1) เพื่อให้มีความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์

2) เพื่อให้มีความเข้าใจในลักษณะ ขอบเขต และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้า และคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4) เพื่อให้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

5) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

6) เพื่อให้นำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า

จนกระทั่งในการจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ซึ่งเป็นหลักสูตรปัจจุบัน การศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ถูกย้ำความสำคัญมากยิ่งขึ้นเมื่อปรากฏอยู่ในเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน ในเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ ข้อ 2 โดยมีเป้าหมายการศึกษาในข้อที่ 3-7 สนับสนุนดังนี้

การจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษามีเป้าหมายสำคัญดังนี้

1) เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์

2) เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้า และคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

5) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

6) เพื่อให้นำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

7) เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

นอกจากธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จะปรากฏอยู่ในเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แล้ว หลักสูตรวิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2544 ยังมีการกำหนดสาระธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ในเรื่องนี้ว่า

“ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นมีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน”

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 3 ของสาระธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นดังนี้

1) ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็น หรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุม และเชื่อถือได้

2) สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้ และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลายๆวิธี

3) เลือกเทคนิควิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย โดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม

4) เก็บข้อมูล จัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ

5) วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของประจักษ์พยานกับข้อสรุป ทั้งที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับสมมติฐาน และความผิดปกติของข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบ

6) สร้างแบบจำลองหรือรูปแบบที่อธิบายผล หรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ

7) สร้างคำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในเรื่องที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้ที่ได้ไปใช่ในสถานการณ์ใหม่

8) บันทึกและอธิบายผลการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่างๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้น หรือโต้แย้งจากเดิม

9) จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการและผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

นอกจากนั้น ในปี พ.ศ.2545 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาคุณภาพครูวิทยาศาสตร์ ให้มีความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้มาตรฐานทัดเทียมกับนานาประเทศ จึงได้จัดทำมาตรฐานครูวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขึ้น โดยพัฒนาจากมาตรฐานครูวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของสหรัฐอเมริกาและนำมาปรับให้เหมาะสมกับประเทศไทยและนำมาใช้เป็นครั้งแรกในปีการศึกษา 2546 ซึ่งเป้าหมายในการจัดทำมาตรฐานครูวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีดังกล่าว มีดังต่อไปนี้

1) เพื่อให้ครูวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้มีแนวทางการพัฒนาตนเองและพัฒนางานให้เข้าสู่มาตรฐานสากล

2) เพื่อให้สถานศึกษาได้ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้มีความรู้ความสามารถตามมาตรฐานที่กำหนด

มาตรฐานครูวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทยซึ่ง สสวท.จัดทำขึ้นประกอบด้วย 10 มาตรฐานดังนี้ โดยกำหนดมาตรฐานด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไว้เป็นข้อแรก ดังนี้

มาตรฐานที่ 1 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เข้าใจในธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ประกอบด้วยโครงสร้างเนื้อหาตามหลักสูตรและสาระความรู้ของวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แนวคิดด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหา รวมทั้งสามารถนำความรู้ความเข้าใจไปสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่ทำให้เนื้อหาวิชามีความหมายต่อนักเรียน

มาตรฐานที่ 2 การนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้อย่างมีคุณธรรมและมีความสนใจใฝ่พัฒนาวิชาชีพของตนเอง

ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิตโดยคำนึงถึงความปลอดภัยต่อสุขภาพ รวมทั้งเป็นผู้ที่ใฝ่หาโอกาสในการพัฒนาวิชาชีพของตนเอง

จะเห็นได้ว่า มาตรฐานข้อที่ 2 ยังเป็นการสนับสนุน ให้เห็นความชัดเจนของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้น ซึ่งทั้งจากสาระของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ และมาตรฐานครูวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะสังเกตได้ชัดเจนถึงความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์

3. การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ดี ควรมีหลักการและวิธีการสอนที่สำคัญดังนี้

3.1 หลักการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ควรมีหลักการดังนี้

1) กระบวนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ต้องชัดเจน

การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ต้องใช้กระบวนการสร้างบทเรียนที่ชัดเจน ซึ่งหมายถึง การกำหนดให้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ถูกสอนอย่างเท่าเทียมกับสาระวิทยาศาสตร์อื่นๆ โดยครูจะต้องกำหนดเป้าหมายตั้งแต่ต้นว่าต้องการให้สื่อถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเรื่องใด แล้วจึงใช้วิธีการสอนและกิจกรรมต่างๆเป็นเครื่องมือเพื่อสื่อถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ การกำหนดสาระในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สามารถทำได้ทั้งการสร้างบทเรียนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ และการใช้สาระวิทยาศาสตร์อื่นเป็นหลักและสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดแทรกลงในสาระเหล่านั้น (Lederman, 1992: 334-341; Akerson, Abd-El-Khalick and Leaderman, 2000: 417-436; Schwartz and Lederman, 2001)

Schwartz and Lederman (2001: 210) กล่าวว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยสอดแทรกลงในสาระวิทยาศาสตร์เดิมที่ครูเคยสอนนั้น จะช่วยเชื่อมโยงความสอดคล้องระหว่างธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และสาระทั่วไป และทำให้สาระนั้นมีความสมบูรณ์

มากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้ครูไม่ต้องเพิ่มภาระงานจากบทเรียนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ Johnston and Southerland (2002: 2) ยังเสนอแนะเพิ่มเติมว่า ครูอาจทำความเข้าใจต่อนักเรียนตั้งแต่ต้นว่า มีธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านใดที่จะต้องเรียนรู้ เพื่อให้เกิดความตระหนักว่าการทำความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญ ไม่ใช่เป็นเพียงสามัญสำนึก

2) ใช้ประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอน

Matthews, 1994 (อ้างถึงใน Lonsbury and Ellis, 2002) เสนอให้ใช้ประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยอ้างถึงข้อดีของการสอนประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

2.1) ประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดความเข้าใจด้านมโนทัศน์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้น

2.2) กระบวนการสอนด้วยประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ช่วยเชื่อมโยงพัฒนาการทางความคิดของบุคคลกับพัฒนาการของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2.3) ประวัติวิทยาศาสตร์มีความสำคัญในตัวเอง เหตุการณ์ที่สำคัญในประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของวิทยาศาสตร์และประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของวัฒนธรรม เช่น การปฏิวัติวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีของดาร์วิน การค้นพบเพนนิซิลิน และเรื่องอื่นๆ เป็นเรื่องสำคัญที่นักเรียนควรคุ้นเคย

2.4) ประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต่อการเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2.5) ประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ศาสตร์ช่วยลบล้างความเชื่อว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการที่ดีที่สุด (Scientism) และลักษณะการยึดถือความคิดของตนเป็นหลัก (Dogmatism) ซึ่งมักพบในตำราวิทยาศาสตร์และชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ทั่วไป

2.6) ประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำให้เห็นตัวอย่างชีวิตและยุคสมัยของนักวิทยาศาสตร์แต่ละท่าน ช่วยให้สาระวิทยาศาสตร์มีความเป็นนามธรรมน้อยลงและน่าสนใจมากขึ้น

2.7) ประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหัวข้อและสาขาวิชาต่างๆทางวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน รวมทั้งเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาอื่นๆในการเรียนประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นการบูรณาการและความไม่เป็นอิสระต่อกันของความรู้ต่างๆที่มนุษย์ใช้ในการแก้ปัญหา

3.2 วิธีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สามารถใช้วิธีการสอนได้หลากหลายแม้กระทั่งการสอนในลักษณะการบอกเล่าจากผู้สอน (didactic manner) (Schwartz and Lederman, 2001) อย่างไรก็ตามนักการศึกษาหลายท่านวิธีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมดังนี้

1) การอภิปราย

นักการศึกษาหลายท่านแนะนำให้มีการอภิปรายในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่ง Wellington (2000) ได้กล่าวถึงข้อดีของการสอนโดยการอภิปรายดังนี้

1.1) ทำให้เนื้อหามีความน่าสนใจ มีความหมาย น่าตื่นเต้น ดึงดูดความสนใจและกระตุ้นนักเรียน

1.2) เป็นวิธีที่ดีในการแสดงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เช่น เป็นกิจกรรมที่ไม่ถูกต้องแน่นอนเสมอไป

1.3) นักเรียนจะได้เรียนรู้เจตคติ ทักษะ และความเข้าใจในการตรวจสอบประเด็นการอภิปราย เนื่องจากระหว่างกระบวนการอภิปราย นักเรียนจะต้องชั่งน้ำหนักหลักฐาน หาข้อมูล และตรวจสอบอคติเพื่อตั้งคำถามเกี่ยวกับเหตุผลและความถูกต้องของข้อมูลเพื่อเสนอแนวคิดของตนเอง ต้องใช้ทักษะการสื่อสาร การฟัง และการทำงานเป็นกลุ่ม

การอภิปรายสามารถใช้ในการสอนธรรมชาติได้หลายด้าน เช่น ประเด็นที่ทำให้เกิดการโต้แย้ง (controversial issue) เช่น ในการเรียนทฤษฎีการเกิดโลก นักเรียนอาจมีความรู้สึกว่าขัดแย้งต่อหลักของศาสนาที่กล่าวว่าพระเจ้าเป็นผู้สร้างโลก หรือ นักเรียนมีเจตคติที่ไม่ดีต่อวิทยาศาสตร์เนื่องจากสารเคมีซึ่งเป็นผลจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดมลภาวะต่อโลก หรือความเหมาะสมในการโคลนมนุษย์ เป็นต้น (Wellington, 2000; Windale, 2004) นอกจากนี้ยังสามารถใช้การอภิปรายในการสอนว่าทฤษฎีที่มีอาจไม่ใช่ทฤษฎีที่ดีที่สุด และจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมต่อไปเพื่อพัฒนาทฤษฎีในการอธิบายส่งที่เราสงสัย เช่น ทฤษฎีการสูญพันธุ์ของไดโนเสาร์ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยหลายทฤษฎี แต่เมื่ออภิปรายความน่าเชื่อถือแล้วนักเรียนจะพบว่าไม่สามารถตัดสินได้อย่างแน่นอนว่าทฤษฎีใดถูกต้องที่สุด (Windale, 2004)

ครูสามารถนำนักเรียนเข้าสู่การอภิปรายได้หลายวิธี เช่น ใช้กรณีศึกษาทางสังคมและประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจมาจาก การอ่านหนังสือวิทยาศาสตร์และประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ การฟังและชมวิดิทัศน์ การเล่นละครเพื่อแสดงความขัดแย้งทางสังคมและประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ การสร้างสถานการณ์จำลอง และบทบาทสมมติ และให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับ

กรณีศึกษานั้น (Sorby, 2000) อย่างไรก็ตามปัจจัยสำคัญในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยการอภิปรายคือ นักเรียนจะต้องมีความรู้เดิมในประเด็นที่อภิปราย หรือครูอาจต้องอธิบายในสาระที่เกี่ยวข้องก่อนดำเนินการอภิปรายดังนั้นจะเห็นได้ว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ต้องผสมผสานกับการสอนสาระวิทยาศาสตร์ทั่วไป ไม่ใช่สอนแยกจากกัน (Windale, 2004)

2) การอ่าน ฟัง หรือชมรายการเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

การใช้สื่อเช่น บทความ หนังสือพิมพ์ การ์ตูน รูปภาพ สไลด์ สามารถใช้เพื่อการให้ข้อมูลแก่นักเรียนในการนำเข้าสู่ประเด็นในการโต้แย้ง และการนำเสนอหลักฐาน หรือกระตุ้นให้เกิดงานเขียนได้ โดยครูอาจชักชวนให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสื่อที่นำมาให้ศึกษา โดยมุ่งประเด็นไปที่ลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในสื่อ ถามความประทับใจ และเชื่อมโยงความคิดที่เกิดจากสื่อ เพื่อให้นักเรียนพิจารณาจุดมุ่งหมายของสื่อแล้วชักชวนให้เกิดการอภิปรายและการแสดงออกทางความคิดของแต่ละบุคคล (Wellington, 2000)

อย่างไรก็ตามการใช้สื่อในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ครูจำเป็นต้องคำนึงถึงความน่าเชื่อถือของสื่อ ซึ่งอาจทำให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ตลอดจนอคติแก่นักเรียนได้ ซึ่งครูอาจสอนให้นักเรียนรู้จักประเมินความน่าเชื่อถือของสื่อที่นำเสนอสาระหรือเรื่องราวต่างๆที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะหนังสือพิมพ์ที่มักมีพาดหัวข่าวที่ก่อให้เกิดความเข้าใจผิด (Windale, 2004)

3) ละคร หรือ บทบาทสมมติ

ละครและบทบาทสมมติสามารถแสดงให้นักเรียนเห็นเรื่องราวทางประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ซึ่งจะช่วยสะท้อนให้เห็นวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ เช่น วิธีการทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยให้นักเรียนได้วิเคราะห์และประเมินขั้นตอนการทดลองของตัวละครตามที่ปรากฏในบทบาทสมมติ รวมถึงการแสดงให้เห็นค่านิยมของสังคมที่มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ เช่น ประวัติของดาร์วิน ผู้ค้นพบทฤษฎีวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตซึ่งต้องประสบกับความกดดันในการเสนอทฤษฎีที่ขัดต่อหลักความเชื่อของศาสนาคริสต์ เป็นต้น ซึ่งการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้ละคร หรือบทบาทสมมตินั้นต้องอาศัยการประดิษฐ์คิดค้นและจินตนาการของครูเป็นหลัก (Wellington, 2000; Windale, 2004)

นอกจากนี้บทบาทสมมติยังช่วยขยายแนวคิดของนักเรียน เนื่องจากช่วยให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นในกรอบของบทบาทที่ได้รับมอบหมาย จึงไม่ถูกจำกัดมุมมองความคิดจากอคติที่อาจมีในความคิดเห็นส่วนตัว (Windale, 2004)

4) การสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์

การที่นักเรียนจะเรียนรู้วิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ได้ดีที่สุด คือ การให้นักเรียนได้ลงมือสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองเหมือนนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งนอกจากจะได้เรียนรู้วิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์แล้ว นักเรียนยังจะได้รู้จักตั้งปัญหา และหาวิธีหาคำตอบโดยอาศัยวิธีการทำงานเป็นกลุ่ม นอกจากนี้การสำรวจตรวจสอบด้วยการปฏิบัติการทดลองจะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเมื่อบางกรณีที่ผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี ครูยังสามารถสอนให้นักเรียนรู้จักวิพากษ์วิจารณ์เพื่อประเมินการทดลองและหาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาด และยังสามารถชี้ให้เห็นความสำคัญของการทดสอบซ้ำในการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Sorby, 2000; Wellington, 2000; Windale, 2004)

2.3 การวางแผนการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

Schwartz and Lederman (2001) อธิบายเกี่ยวกับหลักการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูควรใช้ในการวางแผนการเรียนการสอนดังนี้

1) ทำความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ก่อนสอดแทรกลงในบทเรียน

เมื่อครูไม่มีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แล้ว เมื่อนำไปสอน จะทำได้เพียงการพูดหรือสอนตามเนื้อหาในหนังสือ โดยไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างประเด็นต่างๆ ด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาตามบทเรียนได้

2) เชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับบทเรียน

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่ใช่สาระที่แยกส่วนจากสาระอื่นๆของวิทยาศาสตร์แต่มีความเกี่ยวข้องกับทุกสาระ นอกจากนี้ การสอนโดยสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ลงในเนื้อหาเดิม จะช่วยให้เนื้อหามีความสมบูรณ์ขึ้น และยังช่วยให้ครูไม่ต้องเพิ่มภาระงานจากการเตรียมบทเรียนเพิ่ม

3) เชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แต่ละด้านให้สอดคล้องกัน

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แต่ละด้านมีความสอดคล้องกัน เช่น ลักษณะของความรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นความจริงชั่วคราว สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และปรับปรุงแก้ไขได้ (scientific knowledge is tentative, or subject to change and revision) ก็เนื่องมาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีพื้นฐานจากการสังเกต ข้อมูลที่สังเกตได้จากถูกแปลความหมายซึ่งจะได้รับอิทธิพลจากความรู้สึกส่วนตัว และทฤษฎีที่มีอยู่ (subjectivity, theory laden) เป็นต้น

4) ให้เวลาและโครงสร้างบทเรียนเพื่อให้นักเรียนได้วินิจฉัยธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านบทสนทนาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทั้งในเรื่องของวิทยาศาสตร์ และเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ ในส่วนของการเตรียมสื่อ และอุปกรณ์ในการเรียนการสอนยังต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของสื่อในการส่งเสริมการสำรวจตรวจสอบความรู้ ซึ่ง Lawson (1995: 185) ได้กล่าวถึงเรื่องนี้ว่า สื่อภาพและเทคโนโลยี เช่น ผังบนกระดานดำ สไลด์ ภาพยนตร์ วิดิทัศน์ หรือคอมพิวเตอร์ ต้องมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการสำรวจตรวจสอบความรู้ โดย สื่อภาพ เช่น แผนผังบนกระดานดำช่วยนักเรียนได้มาก ในการรวบรวมและตีความหมายประสบการณ์จากการสำรวจตรวจสอบความรู้ หลังจากนักเรียนมีความเข้าใจเบื้องต้นโดยการสัมผัสประสบการณ์ตรงแล้ว การชมสไลด์ ภาพยนตร์ วิดิทัศน์ หรือการใช้อุปกรณ์ทางเทคโนโลยีอื่นๆ จะมีประโยชน์อย่างมากในการขยายของเขตความเข้าใจและการรับรู้ของนักเรียน อย่างไรก็ตาม สื่อภาพและเทคโนโลยีไม่ควรถูกนำมาใช้ทดแทนการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง คอมพิวเตอร์มีประโยชน์ในการช่วยรวบรวม จัดการ และนำเสนอข้อมูลแต่ไม่ควรนำมาแทนที่ประสบการณ์การสัมผัสปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นจริง

2.4 การวัดและประเมินผลความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การวัดและประเมินผลนักเรียนด้านความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่ควรเป็นลักษณะของข้อสอบตัวเลือกที่เป็นความคิดรวบยอดหลักตรงตัว เนื่องจากจะทำให้นักเรียนเรียนรู้โดยการท่องจำ แต่ควรประเมินผลโดยการขยายแนวคิดโดยการให้ตัวอย่างใหม่เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน (Beard,1991; Johnston and Southerland, 2002)

ตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Evolution and the Nature of Science Institute, 1991)

หัวข้อ

ขอบเขตและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

ชื่อเรื่อง

โลกแบน

สาระสำคัญ

ครูเสนอแนวคิดโลกมีลักษณะแบนให้นักเรียน และให้นักเรียนหาหลักฐานเพื่อพิสูจน์ว่าโลกกลม จากนั้นนำเสนอหลักฐานต่างๆ อภิปรายความน่าเชื่อถือของหลักฐานและหาข้อสรุป พิจารณาถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และระบบความรู้ที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์แล้วประเมินว่าแนวคิด “โลกแบน” อยู่ในระบบความรู้แบบใด เชื่อมโยงกับบริบททางสังคมของวิทยาศาสตร์โดยการร่วมมือกันทำงานเป็นกลุ่ม ให้ความสำคัญกับการคำนึงถึงอคติจากประสบการณ์เดิม และบทบาทของวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ

ความคิดรวบยอดหลัก

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะแตกต่างจากความรู้ประเภทอื่น

ความคิดรวบยอดรอง

1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเปลี่ยนแปลง เมื่อไม่สามารถอธิบายข้อมูลใหม่ได้ด้วยความรู้เดิมที่มีอยู่

2. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้ถูกต้องเสมอไป ความรู้บางอย่างดีกว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อื่นเมื่อสามารถอธิบายปรากฏการณ์นั้นๆได้ดีกว่า

วัตถุประสงค์ในการประเมิน

1. นักเรียนเข้าใจความแตกต่างระหว่างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความรู้ประเภทอื่น

2. นักเรียนเข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และเข้าใจสาเหตุที่ทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลง

3. นักเรียนเข้าใจว่าเพราะเหตุใดความรู้ทางวิทยาศาสตร์บางอย่างจึงดีกว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อื่น

สื่อการสอน

ใบความรู้เรื่อง “โลกแบนและโลกกลม”

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ครูเขียนบนกระดานว่า “ นักเรียนมีหลักฐานใดในการแสดงว่าโลกไม่ได้มีลักษณะแบน”

2. ครูให้นักเรียนตอบคำถามบนกระดาน และช่วยนักเรียนวิเคราะห์คำตอบ

   2.1 ให้นักเรียนพิจารณาว่าหลักฐานใดเป็นหลักฐานที่เป็นปฐมภูมิ และทุติยภูมิ

   2.2 ให้นักเรียนพิจารณาว่าหลักฐานใดใช้ตอบปัญหาดังกล่าวได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 ตรวจสอบว่าหลักฐานใดไม่สนับสนุนแนวคิดโลกแบน

3. อภิปรายเกี่ยวกับคำอธิบายใหม่ๆเรื่องสัณฐานของโลก

4. ให้นักเรียนอ่านใบความรู้เรื่องโลกแบนและโลกกลม

5. ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม 3-5 คนเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับปัญหาของหลักฐานที่บ่งชี้ว่าโลกแบน

6. ให้นักเรียนทั้งชั้นร่วมกันพิจารณาว่า เพราะเหตุใดแนวคิดโลกแบนจึงไม่เป็นวิทยาศาสตร์

7. ให้นักเรียนบันทึกลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์ และเขียนลงบนกระดาน

8. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปราย และบันทึกข้อความรู้ที่เป็นวิทยาศาสตร์ และคัดลอกให้ครูกลุ่มละ 1 ชุด

9. อธิบายเพิ่มเติมในสิ่งที่นักเรียนบันทึกเพื่อพัฒนาความเข้าใจว่าสิ่งใดเป็นวิทยาศาสตร์และสิ่งใดไม่ใช่วิทยาศาสตร์

การประเมินผล

กำหนดหัวข้อตัวอย่างให้นักเรียนระบุว่าเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือไม่

จากตัวอย่างแผนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จะเห็นได้ว่า แผนการสอนฉบับนี้ใช้หลักการในกระบวนการสร้างบทเรียนที่ชัดเจน โดยการตั้งเป้าหมายในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และสอดแทรกลงในสาระการเรียนรู้เดิม และใช้วิธีการอภิปรายในการสอน รวมถึงมีการวัดและประเมินผลความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยการยกตัวอย่างใหม่ สอดคล้องกับแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยต่างประเทศ

งานวิจัยเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในต่างประเทศ มีทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูและนักเรียน ดังนี้

ในส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ Abd-El-Khalick et.al. (1998) ศึกษาการวางแผนการสอนและการปฏิบัติการสอนของครูก่อนประจำการ โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นครูก่อนประจำการในสาขาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 14 คน ให้ทำแบบสอบถามเพื่อประเมินความคิดรวบยอดของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามหลังการศึกษาการจัดการเรียนการสอนเพื่อหลีกเลี่ยงอคติ ระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลเรื่องการจัดการเรียนการสอนของครูก่อนประจำการจากแผนการสอน การบันทึกวิดิทัศน์กระบวนการเรียนการสอน แฟ้มสะสมงาน บันทึกประจำสัปดาห์ของศึกษานิเทศก์ และการสัมภาษณ์ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แต่ขาดการวางแผนการสอน และการจัดเนื้อหาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจน หรือกล่าวได้ว่า กลุ่มตัวอย่างไม่ให้ความสำคัญต่อการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทำให้เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการละเลยและทำให้ภาพของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีความสำคัญน้อยกว่าสาระในด้านอื่น

ต่อมา Lederman (1999) ได้ทำการวิจัย เชิงพหุกรณีศึกษา เพื่อศึกษาความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการปฏิบัติการสอนวิทยาศาสตร์ของครูใหม่และครูที่มีประสบการณ์โดยเลือกตัวอย่างในการศึกษาคือ ครูชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาจำนวน 5 คน และเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามปลายเปิด การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างและแบบมีโครงสร้าง และการวิเคราะห์แผนการสอน พบว่าทั้งครูใหม่ และครูที่มีประสบการณ์ ไม่สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนเนื่องจากครูที่มีประสบการณ์มีความคิดเห็นว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นเนื้อหาที่มีความยาก ไม่เหมาะสมกับนักเรียนมัธยม และครูใหม่ไม่สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เนื่องจากไม่ต้องการดำเนินการสอนที่แตกต่างจากผู้อื่น ดังนั้น ความคิดรวบยอดของครูเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่มีอิทธิพลต่อการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แต่ปัจจัยสำคัญในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์คือ ประสบการณ์ของครู และการตั้งเป้าหมายในการสอน

Akerson et.al. (2000) ศึกษาผลของกระบวนการสอนด้วยกิจกรรมการสะท้อนความคิดกระบวนการสอนที่ชัดเจน และการใช้กิจกรรมเป็นฐาน ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของครูปฐมวัยก่อนประจำการ โดยเน้นความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเรื่อง ลักษณะของการเป็นความรู้เชิงประจักษ์ เป็นความจริงชั่วคราว ได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีที่มีอยู่ เป็นผลจากความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการของมนุษย์ และความเกี่ยวข้องกับสังคมและวัฒนธรรม รวมถึง ข้อแตกต่างระหว่างการสังเกตและ

การลงความเห็น และข้อแตกต่างระหว่างกฎและทฤษฎี ดำเนินการวิจัยโดยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบสอบ ถามแบบปลายเปิด เรื่องความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทั้งก่อนและหลังการเรียนการสอน ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังจากที่กลุ่มตัวอย่างได้เรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วยบทเรียนที่ชัดเจน และ ได้ร่วมกิจกรรมการอภิปรายเพื่อสะท้อนความคิด และความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แล้ว ทำให้เกิดความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

Schwartz and Lederman (2001) ศึกษาความรู้ เป้าหมาย และการปฏิบัติการสอนของครูวิทยาศาสตร์ใหม่ระดับมัธยมศึกษา 2 คน ในการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ขณะสอนเต็มเวลา เป็นปีการศึกษาแรก พบว่า ความเข้าใจลึกซึ้งในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความรู้ในสาระวิทยาศาสตร์ และการรู้ความสัมพันธ์ระหว่างธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับสาระวิทยาศาสตร์ ส่งผลต่อการเรียนรู้และการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู โดยครูวิทยาศาสตร์ที่มีพื้นความรู้ในสาระวิทยาศาสตร์มาก จะพัฒนาความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่า และสามารถบรรจุธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ลงในการสอนได้ดีกว่า เนื่องจากพื้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จะช่วยให้ครูสามารถยกตัวอย่าง เพื่อเสริมธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้หลากหลายกว่า ในขณะที่ครูมีความรู้จำกัดในสาระวิทยาศาสตร์ และมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบแยกส่วน จะไม่สามารถเชื่อมโยงหัวข้อด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับสาระทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่เดิมได้

ในส่วนของการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูและนักเรียนมีดังนี้

Behnke (1961) ศึกษาโดยให้นักวิทยาศาสตร์และครูวิทยาศาสตร์ตอบแบบสอบถาม แบบมาตรประมาณค่า จำนวน 50 ข้อ เพื่อวัดความเข้าใจใน ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม บทบาทของนักวิทยาศาสตร์กับสังคม และวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ พบว่า ครูมากกว่าร้อยละ 50 และนักวิทยาศาสตร์ร้อยละ 20 เข้าใจว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่ความจริงชั่วคราว

Miller (1963) ศึกษาความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูชีววิทยาระดับมัธยมศึกษา และนักเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยใช้แบบวัดความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่า ครูมีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์น้อยกว่านักเรียนเกรด 7 ถึง 12

Caray and Stauss (1968) ศึกษาการวิเคราะห์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาที่จะเป็นครูสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาเท่ากับ 0.251 ซึ่งหมายถึง นักศึกษาที่มีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาก จะมีคะแนนเฉลี่ยมาก

Mackay (1971) ทดสอบความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับเกรด 7 ถึง 10 โดยใช้แบบวัดความเข้าใจ และพบว่า นักเรียนขาดความเข้าใจในเรื่องต่อไปนี้

1) บทบาทของความคิดสร้างสรรค์ในวิทยาศาสตร์
2) หน้าที่ของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
3) บทบาทของทฤษฎีและความสัมพันธ์ของทฤษฎีกับงานวิจัย
4) การแยกความแตกต่างระหว่างสมมติฐาน กฎ และทฤษฎี
5) ความสัมพันธ์ระหว่างการทดลอง แบบจำลองและทฤษฎี ความจริงแท้
6) ความจริงที่ว่า วิทยาศาสตร์ไม่ใช่วิทยาการเพียงอย่างเดียว ในการรวบรวมและจำแนกข้อเท็จจริง
7) องค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์
8) ความสัมพันธ์และความเป็นอิสระของวิทยาศาสตร์สาขาต่างๆ

Rubba and Andersen (1978) ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาแบบวัดความเข้าใจในธรรมชาติขององค์ความรู้วิทยาศาสตร์ (Nature of Scientific Knowledge Scale) พบว่าร้อยละ 30 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเชื่อว่า ความรู้จากการวิจัยทางวิทยาศาสตร์เป็นความจริงแท้และโต้แย้งไม่ได้

Bady (1979) ศึกษาความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยตั้งเป้าหมายเจาะจงในการศึกษาเกี่ยวกับ การทดสอบสมติฐาน และทำการศึกษาโดยสุ่มนักเรียนระดับเกรด 9-12 จากนักเรียนในโรงเรียนทั้งของรัฐบาลและเอกชนมาทำแบบทดสอบเรื่อง ความเข้าใจในการทดสอบสมมติฐาน และพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ไม่ว่าในโรงเรียนใด หรือระดับชั้นใดมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า สมมติฐานสามารถตรวจสอบและพิสูจน์ความเป็นจริงได้ หากมีกระบวนการตรวจสอบ และกระบวนการพิสูจน์ที่ดีพอ ซึ่ง Bady อธิบายเพิ่มเติมว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจว่า สมมติฐานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มีความถูกต้องเป็นจริงโดยสมบูรณ์ และหากนักเรียนขาดความเข้าใจว่า สมมติฐานหรือทฤษฎี ไม่สามารถพิสูจน์ทราบความถูกต้อง

เป็นจริงได้ ทำได้เพียงการพิสูจน์หักล้าง ย่อมไม่มีทางเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

Lederman (1999) ศึกษาการปฏิบัติการสอนของครูใหม่และครูที่มีประสบการณ์ในชั้นเรียน พบว่า ครูทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนเนื่องจากครูที่มีประสบการณ์มีความคิดเห็นว่า ธรรมชาติวิทยาศาสตร์เป็นเนื้อหาที่มีความยาก ไม่เหมาะสมกับนักเรียนมัธยม และครูใหม่ไม่สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เนื่องจากไม่ต้องการดำเนินการสอนที่แตกต่างจากผู้อื่น

4.2 งานวิจัยในประเทศ

งานวิจัยในประเทศส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจในลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังนี้

กนกศักดิ์ ทองตั้ง (2529) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า โดยเฉลี่ยนักเรียนได้คะแนนความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 75.262 และว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนมีค่า 0.765 โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

เจริญ ศรีเพชรพงษ์ (2531) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการตั้งคำถามตามแนวคิดแบบสืบสอบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเท่ากับ 0.849 หมายถึง นักเรียนที่มีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์มาก จะมีคะแนนผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์มาก

ยุพดี เส้นขาว (2532) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสนใจในวิทยาศาสตร์กับความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของความรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กรุงเทพมหานคร พบว่า ความสนใจในวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชาย นักเรียนหญิง และตัวอย่างประชากรทั้งหมดอยู่ในระดับปานกลาง และความสนใจในวิทยาศาสตร์และความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของความรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วลัยรัตน์ องค์ศิริมงคล (2533) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับเจตคติทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่6 กรุงเทพมหานคร พบว่า ความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับเจตคติทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ 0.5691 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่มีความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาก จะมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาก

วิระวรรณ เจริญศักดิ์ (2540) ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของครูเคมี ในเขตการศึกษา 10 พบว่า ครูเคมีโดยส่วนรวม มีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยส่วนรวมเป็นรายด้าน ในระดับมาก แต่ครูเคมีส่วนใหญ่ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์เป็นรายข้ออยู่ในระดับปานกลาง ครูเคมีชายและหญิงมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยส่วนรวมไม่แตกต่างกัน ครูที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาเคมีต่างกัน มีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยส่วนรวมไม่แตกต่างกัน

ดารารัตน์ ศรีอุดร (2541) ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของครูชีววิทยา ในเขตการศึกษา 9 พบว่า ครูชีววิทยาโดยส่วนรวมมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในระดับมาก และเมื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของครูโดยจำแนกตามเพศและขนาดโรงเรียน พบว่า ครูชีววิทยาชายและหญิงมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยรวมไม่แตกต่างกัน และครูที่สอนในโรงเรียนขนาดต่างกัน มีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยรวมไม่แตกต่างกัน

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่า ความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เจตคติทาง

วิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเชิงบวก แต่ยังพบปัญหาเกี่ยวกับการศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์คือ นักเรียน และครูขาดความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และครูไม่สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน เนื่องจากไม่มีการตั้งเป้าหมายในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และขาดความเข้าใจในการเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน ทั้งนี้การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมควรใช้กระบวนการเรียนการสอนที่ชัดเจน โดยการตั้งเป้าหมายในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ล่วงหน้า และจัดกิจกรรมการอภิปรายเพื่อให้นักเรียนได้สะท้อนความคิด และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การศึกษาการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งมีขั้นตอนในการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ประชากรและตัวอย่างการศึกษา
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและตัวอย่างการศึกษา

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร โดยมีการเลือกตัวอย่างการศึกษาดังนี้

1) การคัดเลือกโรงเรียนและระดับชั้นเรียน

การคัดเลือกโรงเรียนและระดับชั้นเรียนในการศึกษา เป็นไปตามขั้นตอนดังนี้

1.1) สำรวจโรงเรียนสหศึกษาที่จัดการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานในกรุงเทพมหานครและใช้เกณฑ์ของกระทรวงศึกษาธิการ ในการจำแนกขนาดโรงเรียน คือ โรงเรียนขนาดใหญ่มีจำนวนนักเรียนระหว่าง 2,000-2,500 คน และโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ มีจำนวนนักเรียน มากกว่า 2,500 คนขึ้นไป ได้โรงเรียนขนาดใหญ่ 43 โรง และโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 46 โรง

1.2) ติดต่อหัวหน้าหมวดวิทยาศาสตร์ของโรงเรียน เพื่อขอความร่วมมือในการศึกษา และได้โรงเรียนที่ยินดีให้ความร่วมมือในการศึกษาเป็น โรงเรียนขนาดใหญ่ 2 โรง ชื่อสมมติ คือ โรงเรียนเก่งกาจวิทยา และโรงเรียนขยันศึกษา และเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 2 โรง ชื่อสมมติ คือ โรงเรียนคล่องวิชา และ โรงเรียนเจริญปัญญา รวมทั้งหมด 4 โรง

1.3) เลือกระดับชั้นในการศึกษาการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียน และเพื่อให้สามารถสังเกตการจัดการเรียนการสอนได้ครบถ้วนที่สุด จึงเลือกระดับชั้นเรียนได้เพียง 2 ระดับชั้น คือ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 3 ของโรงเรียนแต่ละขนาด ได้ระดับชั้นเรียนของห้องเรียนตัวอย่างในการสังเกตโรงเรียนแต่ละโรงดังนี้

1.3.1) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้แก่ โรงเรียนเก่งกาจวิทยา (ขนาดใหญ่) และโรงเรียนคล่องวิชา (ขนาดใหญ่พิเศษ)

1.3.2) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้แก่ โรงเรียนขยันศึกษา (ขนาดใหญ่) และโรงเรียนเจริญปัญญา (ขนาดใหญ่พิเศษ)

2) การกำหนดครูและห้องเรียนตัวอย่างการศึกษา

การกำหนดครูและห้องเรียนตัวอย่างการศึกษา เป็นไปตามขั้นตอนดังนี้

2.1) เลือกครูตัวอย่างการศึกษา โรงเรียนละ 1 ท่าน โดยให้หัวหน้าหมวดวิทยาศาสตร์เป็นผู้แนะนำ และติดต่อขอความร่วมมือจากครูด้วยตนเอง ในขั้นแรกได้ครูตัวอย่างการศึกษาจำนวน 4 ท่าน มีชื่อสมมติคือ ครูกิ่งแก้ว ครูขวัญใจ ครูคณิตา และครูงามตา แต่ปรากฏว่าระหว่างการเก็บข้อมูล ครูงามตา โรงเรียนเจริญปัญญา ได้รับตำแหน่งผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายกิจการนักเรียน จึงเพิ่มตัวอย่างการศึกษาและได้ครูเจริญ เป็นตัวอย่างการศึกษาเพิ่มอีก 1 ท่าน รวมเป็น 5 ท่าน ดังนี้

ตารางที่ 1 โรงเรียน ระดับชั้นเรียน และครูตัวอย่างการศึกษา

ขนาดโรงเรียน / ระดับชั้น	ขนาดใหญ่	ขนาดใหญ่พิเศษ
มัธยมศึกษาปีที่ 2	ครูกิ่งแก้ว โรงเรียนเก่งกาจวิทยา	ครูคณิตา โรงเรียนคล่องวิชา
มัธยมศึกษาปีที่ 3	ครูขวัญใจ โรงเรียนขยันศึกษา	ครูงามตาและครูเจริญ โรงเรียนเจริญปัญญา

2.2) เลือกตัวอย่างห้องเรียนที่ใช้ในการศึกษา โดยศึกษาตารางสอนของครูตัวอย่างการศึกษา เพื่อพิจารณาเวลาเรียนของแต่ละห้อง ใช้เวลาคาบเรียนคู่ที่เวลาเรียนไม่ตรงกันกับโรงเรียนตัวอย่างการศึกษาอื่น เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้ครบถ้วน ได้ห้องเรียน 5 ห้อง ที่ครูตัวอย่างการศึกษาแต่ละท่าน เป็นผู้รับผิดชอบ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การนำเสนอเครื่องมือที่ใช่ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และเนื่องจากในการวิจัยเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยถือเป็นเครื่องมือสำคัญหนึ่งในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนั้น จึงมีการนำเสนอส่วนที่ 2 คือ แนวทางการพัฒนาตนเองของผู้วิจัยในฐานะเครื่องมือหนึ่งในการวิจัย ดังนี้

2.1 เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มี 2 ประเภท คือ แนวการสังเกตการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และแนวทางการสัมภาษณ์ครูเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีวิธีการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้าตำรา เอกสาร รายงานการวิจัย และสิ่งพิมพ์ ที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2. ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 และมาตรฐานครูวิทยาศาสตร์ ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3. สร้างแบบสังเกตการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบปลายเปิด

4. นำแบบสังเกตไปใช้ในการสังเกตการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูผู้เป็นตัวอย่างในการศึกษา

5. นำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมาวิเคราะห์การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู และสร้างแบบสัมภาษณ์ครู เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเพิ่มเติม

2.2 แนวทางการพัฒนาตนเองของผู้วิจัยในฐานะเครื่องมือหนึ่งในการวิจัย

ก่อนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยฝึกการสังเกต เพื่อฝึกการรายงานและวิเคราะห์ข้อมูล เป็นระยะเวลาประมาณ 3 เดือน โดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นผู้ให้คำแนะนำ เพื่อให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้ครบถ้วนมากที่สุด ดังนี้

1. ผู้วิจัยฝึกทักษะการสังเกตพฤติกรรมของบุคคลทั่วไป แล้วจัดทำรายงานการสังเกตและวิเคราะห์การสังเกต และตรวจสอบกับอาจารย์ที่ปรึกษา

2. เมื่อได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการสังเกต และวิเคราะห์การสังเกตจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้วิจัย ฝึกการสังเกตซ้ำอย่างต่อเนื่อง พร้อมกับจัดทำรายงานการสังเกต และวิเคราะห์การสังเกต นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาอีก 2 ครั้ง เพื่อปรับปรุงทักษะการสังเกต การบันทึกการสังเกต และการจัดทำรายงานการสังเกตให้สมบูรณ์

3. ฝึกสังเกตพฤติกรรมของผู้เข้าสอบดุษฎีนิพนธ์ 3 ครั้ง ร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษา และจัดทำรายงานการสังเกตนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาให้พิจารณา และนำข้อเสนอแนะของอาจารย์มาปรับปรุงแก้ไขการจัดทำรายงานการสังเกต

4. ฝึกสังเกตการสอนของครู โดยสังเกตครูวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 1 ครั้ง และสังเกตครูของโรงเรียนตัวอย่างการศึกษา 1 โรงเรียน จำนวน 2 ครั้ง และจัดทำรายงานการสังเกตเพื่อเสนออาจารย์ที่ปรึกษา และปรับปรุงแก้ไขวิธีการจัดทำรายงานการสังเกตตามข้อเสนอแนะของอาจารย์

3. การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำหนังสือขอความร่วมมือในการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนที่เป็นตัวอย่างการศึกษา เพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ที่เป็นตัวอย่างการศึกษา

2. สร้างความคุ้นเคยกับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์และนักเรียน โดยเข้าไปนั่งในห้องเรียนแต่ไม่มีการบันทึกใดๆ จำนวน 1 ครั้ง

3. สังเกตการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของครูผู้เป็นตัวอย่างการศึกษา จำนวน 5 ท่าน สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 2 คาบ เป็นเวลา 18 สัปดาห์ แต่เนื่องจากระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูล มีวันหยุดราชการ วันสอบ และกิจกรรมโรงเรียน ซึ่งตรงกับคาบเรียนของห้องเรียนที่เป็นตัวอย่างการศึกษา ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เข้าสังเกตการจัดการเรียนการสอน ในโรงเรียนเก่งกาจวิทยา 10 ครั้ง โรงเรียนขยันศึกษา 8 ครั้ง โรงเรียนคล่องวิชา 12 ครั้ง และโรงเรียนเจริญปัญญา 8 ครั้ง รวมจำนวนครั้งที่สังเกต 38 ครั้ง และสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการหลังการสังเกต โดยดำเนินการเก็บข้อมูล 2 ช่วง คือ ระหว่างวันที่ 16 มิถุนายน 2547 ถึง 21 กันยายน 2547 และระหว่างวันที่ 26 มกราคม 2548 ถึง 18 กุมภาพันธ์ 2548

4. เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสังเกต ผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์ครูผู้เป็นตัวอย่างการศึกษา เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้การสังเกต และเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำข้อมูลจากการสังเกตและสัมภาษณ์ครูวิทยาศาสตร์ผู้เป็นตัวอย่างการศึกษามาจัดกลุ่มข้อมูล ตามกรอบการศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา จากนั้นวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างกลุ่มข้อมูลต่างๆ

2. สรุปผลการวิเคราะห์การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูในลักษณะความเรียง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การนำเสนอผลการศึกษาการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู ตามกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ซึ่งจำแนกขอบข่ายออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกิจการทางวิทยาศาสตร์ การนำเสนอประกอบด้วยสองส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการนำเสนอข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโรงเรียนและครูที่เป็นตัวอย่างในการศึกษา และส่วนที่ 2 เป็นการนำเสนอผลการศึกษา ในเรื่อง เนื้อหาบทเรียน สาระธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอน วิธีการที่ครูใช้ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และ เหตุผลที่ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับโรงเรียนและครูที่เป็นตัวอย่างการศึกษา

ตัวอย่างการศึกษาในงานวิจัยฉบับนี้ คือครูวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นซึ่งเลือกจากโรงเรียนสหศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่เปิดสอนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง 6 จำนวน 4 โรงเรียน โดยเป็นครูจากโรงเรียนขนาดใหญ่ 2 ท่าน และโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 3 ท่าน ซึ่งห้องเรียนตัวอย่างการศึกษามี 2 ระดับชั้น คือระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งข้อมูลเบื้องต้นของโรงเรียนและครูตัวอย่างการศึกษา มีดังนี้

1. ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับโรงเรียนและห้องเรียนที่เป็นตัวอย่างการศึกษา

ในส่วนแรกเป็นการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับโรงเรียนและห้องเรียนของโรงเรียนตัวอย่างการศึกษา ทั้ง 4 โรง ดังนี้

1.1 โรงเรียนเก่งกาจวิทยา

โรงเรียนเก่งกาจวิทยา จัดเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร 2 มีจำนวนนักเรียนรวมทั้งหมด 2,320 คน เปิดการสอนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นระดับชั้นละ 14 ห้อง และระดับมัธยมศึกษาตอนปลายระดับชั้นละ 7 ห้อง ซึ่งเปิดสอนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ระดับชั้นละ 2 ห้อง และเปิดสอนแผนการเรียน

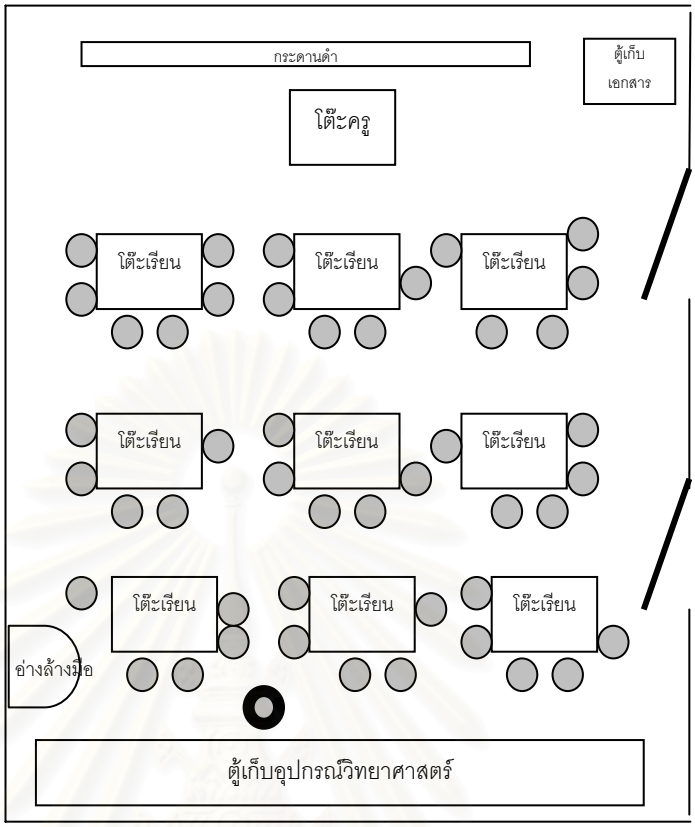
ภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์ระดับชั้นละ 3 ห้อง และแผนการเรียนภาษาอังกฤษและภาษาฝรั่งเศส ระดับชั้นละ 2 ห้อง

นักเรียนของโรงเรียนส่วนใหญ่เมื่อจบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มักจะศึกษาต่อสายอาชีวศึกษา มีส่วนน้อยที่เลือกศึกษาต่อในสายสามัญศึกษาและมักจะศึกษาต่อที่โรงเรียนเดิม

ห้องเรียนที่เป็นตัวอย่างในการศึกษาคือ ห้องเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2/5 มีนักเรียนทั้งหมด 46 คน ได้แก่นักเรียนหญิง 25 คน นักเรียนชาย 21 คน ความสามารถของนักเรียนอยู่ในระดับปานกลาง มีระดับคะแนนเฉลี่ยในภาคการศึกษาที่ผ่านมา ประมาณ 2.5

ในการเรียนวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะเรียนที่ห้องปฏิบัติการสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งเป็นห้องเรียนที่ใช้ในการเรียนการสอนทุกคาบ โดยขนาดของห้องมีขนาดเท่าห้องเรียนอื่น แต่มีการจัดห้องแตกต่างกัน คือ มีการจัดที่นั่งเรียนเป็นกลุ่ม จำนวน 9 กลุ่ม เป็นโต๊ะปฏิบัติการที่ไม่มีอุปกรณ์ใดๆ วางอยู่ทั้งสิ้น และให้นักเรียนนั่งเรียนกลุ่มละประมาณ 5-6 คน นอกจากนี้ยังมีตู้เก็บอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ และอ่างล้างมืออยู่ด้านหลังห้อง ส่วนด้านหน้ามีกระดาน โต๊ะครู และตู้เก็บเอกสาร ดังภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 1 แผนผังห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเก่งกาจวิทยา

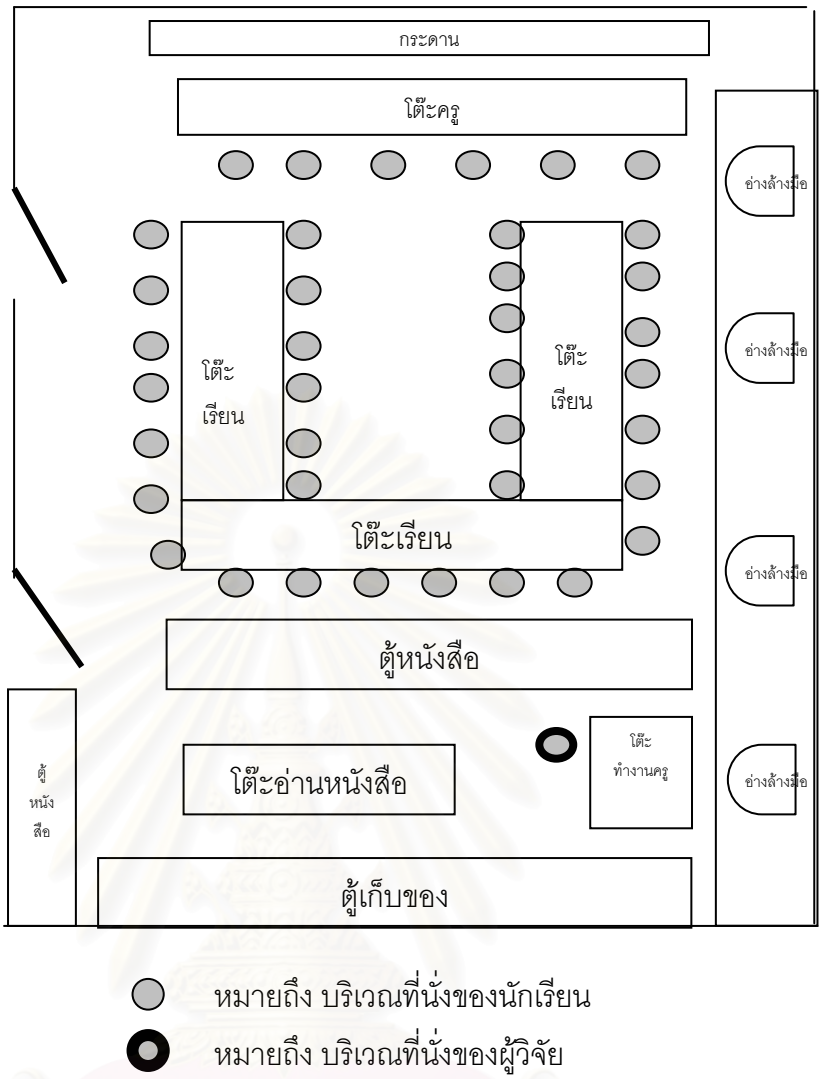
1.2 โรงเรียนขยันศึกษา

โรงเรียนขยันศึกษา เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ เช่นเดียวกัน แต่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร 3 มีจำนวนนักเรียนน้อยกว่าโรงเรียนเก่งกาจวิทยา คือ 2,060 คน เปิดสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นระดับชั้นละ 10 ห้อง ยกเว้นระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 เปิดสอน 12 ห้อง ส่วนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีการเปิดสอนระดับชั้นละ 6 ห้อง ได้แก่แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 2 ห้อง แผนการเรียนภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์ จำนวน 2 ห้อง และแผนการเรียนภาษาอังกฤษและฝรั่งเศส จำนวน 2 ห้อง นักเรียนของโรงเรียนส่วนใหญ่เมื่อสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นแล้วมักจะศึกษาต่อ สายอาชีวศึกษาเช่นเดียวกับโรงเรียนเก่งกาจวิทยา

ห้องเรียนที่เป็นตัวอย่างการศึกษาคือห้อง มัธยมศึกษาปีที่ 3/10 ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนทั้งหมด 38 คน เป็นนักเรียนชายและหญิงจำนวนเท่ากัน นักเรียนห้องนี้มีความสามารถในระดับปานกลาง มีคะแนนเฉลี่ยประมาณ 2.5

ในทำนองเดียวกับโรงเรียนเก่งกาจวิทยา นักเรียนจะเรียนวิทยาศาสตร์ที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นห้องเรียนที่ใช้ในการเรียนการสอนทุกคาบ ซึ่งคาบเรียนวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนขยันศึกษาแตกต่างจากโรงเรียนทั่วไป คือ มีการเรียนวิทยาศาสตร์ 4 คาบต่อสัปดาห์ ขนาดของห้องมีขนาดใหญ่กว่าห้องเรียนอื่น และมีการจัดห้องที่แตกต่างจากห้องปฏิบัติการของโรงเรียนทั่วไป คือ มีการจัดห้องเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนแรกใช้ในการเรียนการสอน และส่วนที่สองเป็นบริเวณสำหรับศึกษาค้นคว้าและที่นั่งทำงานของครู โดยส่วนที่ใช้ในการเรียนการสอนมีการจัดโต๊ะเรียนเป็นรูปเกือกม้า มีนักเรียนนั่งทั้งสองฝั่งของโต๊ะ แต่เนื่องจากโต๊ะเรียนไม่พอ จึงมีนักเรียนส่วนหนึ่งนั่งเรียนที่โต๊ะครู ซึ่งมีขนาดยาวประมาณ 2 เท่าของโต๊ะทำงานปกติ นอกจากนี้ ยังมีอ่างล้างมือ จำนวน 4 ชุด ติดตั้งเรียงอยู่บนเคาน์เตอร์ยาวทางด้านขวามือของห้อง และบริเวณส่วนหลังของห้องถูกกั้นจากส่วนแรกด้วยตู้หนังสือที่มีความสูงใกล้เคียงกับความสูงของโต๊ะทำงาน มีการจัดวางโต๊ะทำงานสำหรับครู และโต๊ะอ่านหนังสือ นอกจากนั้นยังมีตู้เก็บอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ตั้งอยู่ด้านหลังของห้อง และมีตู้หนังสืออยู่บริเวณด้านซ้ายมือ ดังภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



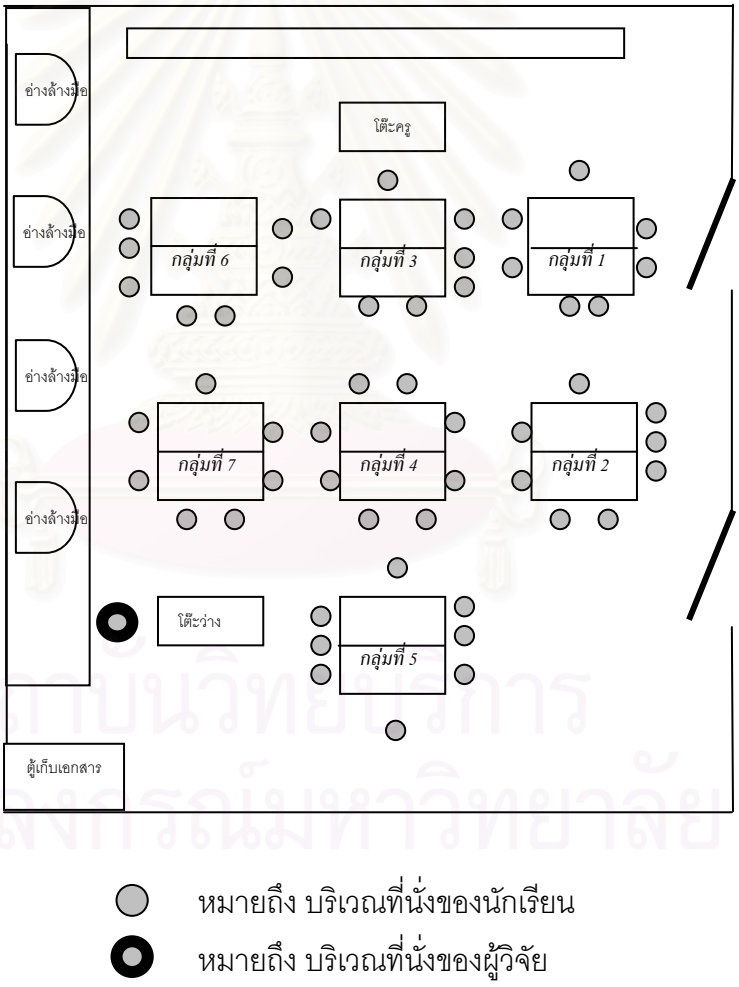
ภาพที่ 2 แผนผังห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนขยันศึกษา

1.3 โรงเรียนคล่องวิชา

โรงเรียนคล่องวิชาเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร 2 มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 4,100 คน เปิดการสอนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นระดับชั้นละ 13 ห้อง และระดับมัธยมศึกษาตอนปลายระดับชั้นละ 14 ห้อง ซึ่งแบ่งเป็นแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ระดับชั้นละ 5 ห้อง แผนการเรียนภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์ ระดับชั้นละ 7 ห้อง และแผนการเรียนภาษาอังกฤษและฝรั่งเศส ระดับชั้นละ 2 ห้อง ทั้งนี้นักเรียนในโรงเรียน ส่วนใหญ่เมื่อสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น แล้วมักศึกษาต่อระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนเดิม ซึ่งต่างจากโรงเรียนขนาดใหญ่ทั้งสองโรงข้างต้น

ห้องเรียนที่เป็นตัวอย่างการศึกษา คือห้องมัธยมศึกษาปีที่ 2/2 ซึ่งมีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 55 คน เป็นนักเรียนชาย 27 คน และนักเรียนหญิง 28 คน นักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยประมาณ 2.8

ห้องเรียนที่นักเรียนใช้ในการเรียนวิทยาศาสตร์ มีลักษณะคล้ายกับโรงเรียนเก่งกาจวิทยา แต่ขนาดของห้อง ใหญ่กว่าห้องเรียนอื่น และมีการจัดที่นั่งเรียนเป็นกลุ่ม จำนวน 7 กลุ่ม โดยนำโต๊ะปฏิบัติการ 2 ตัวมาต่อกัน เพื่อให้นักเรียนสามารถนั่งเรียนได้มากขึ้น และอุปกรณ์อื่นๆ ภายในห้อง มีเพียง อ่างล้างมือ ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับโรงเรียนขยันศึกษา อยู่ด้านซ้ายมือของห้อง และตู้เก็บเอกสารอยู่ด้านหลังห้อง เท่านั้น ดังภาพ



ภาพที่ 3 แผนผังห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนคล่องวิชา

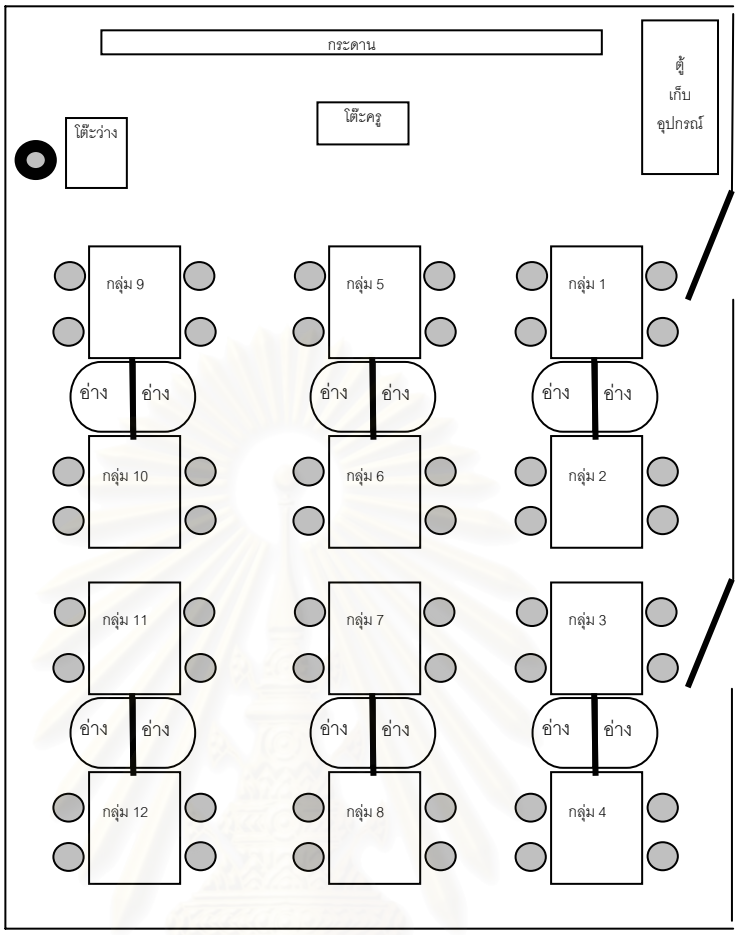
1.4 โรงเรียนเจริญปัญญา

โรงเรียนเจริญปัญญา ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร 2 มีจำนวนนักเรียนมากที่สุดใน 4 โรงเรียนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือมีนักเรียนทั้งหมด 5,416 คน เปิดสอนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ระดับชั้นละ 18 ห้อง และเปิดสอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายระดับชั้นละ 19 ห้อง ยกเว้นระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีจำนวน 20 ห้อง โดยเปิดสอนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ระดับชั้นละ 8-9 ห้อง แผนการเรียนภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์ ระดับชั้นละ 7 ห้อง และแผนการเรียนภาษาอังกฤษและฝรั่งเศส ระดับชั้นละ 4 ห้อง ทั้งนี้นักเรียนของโรงเรียนส่วนใหญ่เมื่อจบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นแล้วมักศึกษาต่อระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนเดิม เช่นเดียวกับโรงเรียนคล่องวิชา

ห้องเรียนที่เป็นตัวอย่างการศึกษา มี 2 ห้อง คือห้องมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 และห้องมัธยมศึกษาปีที่ 3/3 ซึ่งมีจำนวนนักเรียน 52 คนเท่ากัน แต่นักเรียนห้อง มัธยมศึกษาปีที่ 3/2 มีนักเรียนชาย 27 คน นักเรียนหญิง 25 คน และห้องมัธยมศึกษาปีที่ 3/3 มีนักเรียนชาย 23 คน และนักเรียนหญิง 29 คน

ระดับความสามารถของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3/3 จัดว่าอยู่ในระดับสูงกว่านักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 โดยนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3/3 ส่วนใหญ่มีคะแนนเฉลี่ยประมาณ 3.5 ในขณะที่นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 มีคะแนนเฉลี่ยของห้องประมาณ 3.0

ห้องปฏิบัติการที่นักเรียนใช้ในการเรียนวิทยาศาสตร์ทุกคาบ มีลักษณะการจัดห้องที่ทันสมัยกว่าทั้งสามโรงเรียนข้างต้น คือ มีการติดตั้งโต๊ะสำหรับปฏิบัติการแบบถาวร จำนวน 12 ตัว มีอ่างล้างมือติดตั้งอยู่ระหว่างโต๊ะปฏิบัติการ และมีตู้เก็บอุปกรณ์วิทยาศาสตร์อยู่ใต้โต๊ะ แต่โรงเรียนไม่ได้ใช้ในการเก็บอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ และมีเก้าอี้สำหรับให้นักเรียนนั่งเรียนหนังสือเป็นกลุ่มอยู่รอบโต๊ะปฏิบัติการ กลุ่มละ 4-5 คน ดังภาพ



ภาพที่ 4 แผนผังห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเจริญปัญญา

โรงเรียนตัวอย่างการศึกษาทั้งสี่โรงเรียน เปิดสอนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจำนวนแตกต่างกัน โดยโรงเรียนเจริญปัญญาเปิดสอนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากที่สุด คือเกือบครึ่งหนึ่งของจำนวนห้องเรียนที่เปิดสอนระดับมัธยม ศึกษาตอนปลายทั้งหมด ระดับความสามารถของนักเรียนในห้องเรียนตัวอย่างการศึกษาทุกโรงเรียนอยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้นโรงเรียนเจริญปัญญา ซึ่งความสามารถของนักเรียนในห้องเรียนตัวอย่างอยู่ในระดับ ดี สำหรับห้องเรียนที่ใช้เรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทุกโรงเรียนมีการจัดเป็นห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ แต่มีลักษณะการจัดห้องและโต๊ะเรียนแตกต่างกัน โดยโรงเรียนเจริญปัญญามีการจัดห้องปฏิบัติการที่ทันสมัยที่สุด คือมีโต๊ะปฏิบัติการแบบติดตั้งถาวร และมีอ่างล้างมืออยู่บริเวณเดียวกับโต๊ะปฏิบัติการ ในขณะที่โรงเรียน

อื่นแยกบริเวณระหว่างโต๊ะปฏิบัติการที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ และบริเวณติดตั้งอ่างล้างมือ อยู่บริเวณเดียวกับโต๊ะปฏิบัติการ

2. ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับครูผู้เป็นตัวอย่างการศึกษา

ครูวิทยาศาสตร์ผู้เป็นตัวอย่างการศึกษาประกอบด้วยครูเพศหญิง 4 ท่าน ครูเพศชาย 1 ท่าน ทั้งหมดสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีด้านการศึกษา โดยมีครู 3 ท่านสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท ใน สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ สาขาหลักสูตรและการสอน และสาขาการให้การปรึกษาและการแนะแนว สาขาละ 1 ท่าน นอกจากรับผิดชอบการสอนแล้ว พบว่า ครูยังรับผิดชอบงานบริหาร 2 ท่าน และรับผิดชอบงานปกครอง 1 ท่าน

รายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของครูผู้เป็นตัวอย่างการศึกษามีดังนี้

2.1 ครูกิ่งแก้ว

ครูกิ่งแก้วเป็นเพศหญิง สอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเก่งกาจวิทยา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีศึกษาศาสตร์บัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ มีประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมาตลอดระยะเวลาการสอน 16 ปี ของการประกอบวิชาชีพครู ในปีการศึกษา 2547 ครูกิ่งแก้วรับผิดชอบการสอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 4 ห้อง รวม 12 คาบเรียนต่อสัปดาห์ และรับผิดชอบงานฝ่ายบริหารในตำแหน่งหัวหน้าฝ่ายแผนงาน ซึ่งเมื่อไม่มีการสอน ครูกิ่งแก้วจะนั่งปฏิบัติงานที่ห้องฝ่ายแผนงาน

2.2 ครูขวัญใจ

ครูขวัญใจ เป็นเพศหญิง สอนวิทยาศาสตร์ทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายในโรงเรียนขยันศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีศึกษาศาสตร์บัณฑิต วิชาเอกฟิสิกส์ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการให้คำปรึกษาและการแนะแนว มีประสบการณ์ในการสอนวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมาตลอดระยะเวลา 30 ปี ของการประกอบวิชาชีพครู จนกระทั่งปี 2547 ซึ่งผู้วิจัยไปศึกษา เป็นปีแรกที่ครูขวัญใจสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 นอกเหนือจากวิชาฟิสิกส์ เนื่องจากปัญหาการขาดแคลนครู ดังนั้นในปีการศึกษานี้ ครูขวัญใจจึงรับผิดชอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 ห้อง วิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 6 ระดับชั้นละ 2 ห้อง รวมทั้งหมด 6

ห้อง รวมเป็น 24 คาบเรียนต่อสัปดาห์ ตามปกติครูขวัญใจนั่งปฏิบัติงานในห้องพักครูกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ แต่ในช่วงเวลาก่อนคาบสอนจะใช้เวลาในการเตรียมการสอนที่โต๊ะทำงานในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

2.3 **ครูคณิตา**

ครูคณิตาเป็นเพศหญิง สอนวิทยาศาสตร์ทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายในโรงเรียนคล่องวิชา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีครุศาสตร์บัณฑิต วิชาเอกชีววิทยา มีประสบการณ์ในการสอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นตลอดระยะเวลา 29 ปี ของการประกอบวิชาชีพครู ในปีการศึกษา 2547 ครูคณิตารับผิดชอบการสอน วิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 ห้อง และวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ห้อง รวม 5 ห้อง คิดเป็น 17 คาบต่อสัปดาห์ เมื่อไม่มีการสอน ครูคณิตานั่งปฏิบัติงานในห้องพักครูกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

2.4 **ครูงามตา**

ครูงามตาเป็นเพศหญิง สอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนเจริญปัญญา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีครุศาสตร์บัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน มีประสบการณ์สอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไประดับมัธยมศึกษาตอนปลายมาตลอดระยะเวลา 21 ปี ของการประกอบวิชาชีพครู ในปีการศึกษา 2547 ครูงามตารับผิดชอบการสอนเฉพาะระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 ห้อง รวม 6 คาบต่อสัปดาห์ เนื่องจากรับผิดชอบงานบริหารในตำแหน่งผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายกิจการนักเรียน และหัวหน้ากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ โดยปกตินั่งปฏิบัติงานในห้องกิจการนักเรียนของโรงเรียน ซึ่งหลังจากการสังเกตการจัดการเรียนการสอน 4 ครั้ง ครูงามตาต้องรับผิดชอบงานในตำแหน่งบริหารมากขึ้น และไม่สามารถจัดการเรียนการสอนได้ตามปกติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาการจัดการเรียนการสอนจากครูเจริญเพิ่มเติม

2.5 **ครูเจริญ**

ครูเจริญเป็นเพศชาย สอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนเจริญปัญญา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต วิชาเอกวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ (เคมี) มีประสบการณ์ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายตลอดระยะเวลา 27 ปี ของการประกอบวิชาชีพครู ในปี

การศึกษา 2547 รับผิดชอบการสอนเฉพาะระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 5 ห้อง รวม 15 คาบต่อสัปดาห์ และรับผิดชอบงานปกครองในตำแหน่งหน้าที่หัวหน้าคณะสี ทำหน้าที่ปกครองดูแลพฤติกรรมนักเรียนในคณะสีของตนเอง เมื่อไม่มีการสอน ครูเจริญนั่งปฏิบัติงานในห้องพักครูกลุ่มคณะสี

ตอนที่ 2 ผลการศึกษา

การนำเสนอผลการศึกษาวิจัยในส่วนนี้ มีการเรียงลำดับการนำเสนอโดยเริ่มจากลักษณะบทเรียนที่สังเกตการสอน สาระธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอน วิธีการที่ครูใช้ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และเหตุผลที่ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามลำดับดังนี้

2.1 เนื้อหาบทเรียน

เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู จึงนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับบทเรียนที่ได้สังเกตการจัดการเรียนสอนในแต่ละระดับชั้น ของแต่ละโรงเรียนดังนี้

2.1.1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

เนื้อหาบทเรียนของโรงเรียนเก่งกาจวิทยา และโรงเรียนคล่องวิชามีดังนี้

โรงเรียนเก่งกาจวิทยา บทเรียนที่ครูสอนระหว่างการศึกษามี 4 บท ประกอบด้วย 3 สาระ คือ สาระที่ 1, 6 และ 7 โดยบทเรียนในสาระที่ 1 ประกอบด้วย 2 เรื่อง คือ เรื่อง อาหาร และเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ในร่างกายมนุษย์ สาระที่ 6 ประกอบด้วยบทเรียน เรื่อง ลมฟ้าอากาศ และสาระที่ 7 ประกอบด้วย เรื่อง ระบบสุริยะและอวกาศ

สำหรับโรงเรียนคล่องวิชา บทเรียนที่ครูสอนระหว่างการสังเกตของผู้วิจัย มี 5 บท ประกอบด้วย 2 สาระ คือ สาระที่ 1 และ 5 โดยบทเรียนในสาระที่ 1 มีความใกล้เคียงกับโรงเรียนเก่งกาจวิทยา คือ มีเรื่อง อาหาร และ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ในร่างกายมนุษย์ แต่เพิ่มบทเรียน เรื่อง โครงสร้างและระบบการทำงานของพืช และ เรื่อง โครงสร้างและระบบการทำงานของสัตว์ รวมเป็น 4 บท และในสาระที่ 5 มีบทเรียน 1 บท คือ เรื่อง แสง

2.1.2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

หัวข้อบทเรียนของโรงเรียนขยันศึกษา และโรงเรียนเจริญปัญญา มีดังนี้

โรงเรียนขยันศึกษา บทเรียนที่ครูสอนระหว่างการศึกษา มี 4 บท ประกอบด้วย 2 สาระ คือสาระที่ 5 และ 7 โดยสาระที่ 5 ประกอบด้วย 2 บทเรียน ได้แก่ เรื่อง ไฟฟ้า และเรื่อง หลักการเดินทางของแสง ส่วนสาระที่ 7 ประกอบด้วย 2 บทเรียน ได้แก่ เรื่อง ระบบสุริยะ และอวกาศ และเทคโนโลยีการสำรวจอวกาศ

สำหรับโรงเรียนเจริญปัญญา เนื้อหาบทเรียนมี 4 บท ซึ่งมีวิธีการจัดกลุ่มบทเรียนต่างกันดังนี้ คือประกอบด้วยสาระที่ 4, 5 และ 7 ทั้งนี้ โรงเรียนได้นำสาระที่ 4 ไปสอนควบคู่กับสาระที่ 7 คือ เรื่อง เทคโนโลยีสำรวจอวกาศ และสาระที่ 5 ประกอบด้วย 3 บทเรียน คือ เรื่อง ไฟฟ้า และเรื่อง หลักการเดินทางของแสง เช่นเดียวกับโรงเรียนขยันศึกษา และเพิ่มอีก 1 บทเรียน คือเรื่อง การถ่ายโอนความร้อน

ลักษณะบทเรียนของแต่ละโรงเรียนสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 สาระและบทเรียนของโรงเรียนตัวอย่างการศึกษา ระหว่างการสังเกตของผู้วิจัย

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2		**ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**	
โรงเรียนเก่งกาจวิทยา ครูกิ่งแก้ว	**โรงเรียนคล่องวิชา ครูคณิตา**	**โรงเรียนขยันศึกษา ครูขวัญใจ**	**โรงเรียนเจริญปัญญา ครูงามตาและครูเจริญ**
สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต 1. อาหาร 2.โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ในร่างกายมนุษย์	**สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต** 1. อาหาร 2.โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ในร่างกายมนุษย์ 3. โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆในพืช 4. โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆในสัตว์	-	-
-	-	-	**สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่** 1.แรงและการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวราบ และแนวดิ่ง (อยู่ในบทเรียนเทคโนโลยีสำรวจอวกาศ)
	สาระที่ 5 พลังงาน 1. หลักการเดินทางของแสง	**สาระที่ 5 พลังงาน** 1. ไฟฟ้า 2. หลักการเดินทางของแสง	**สาระที่ 5 พลังงาน** 1. การถ่ายโอนความร้อน 2. ไฟฟ้า 3. หลักการเดินทางของแสง
สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก 1. ลมฟ้าอากาศ	-	-	-
สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ 1. ระบบสุริยะและอวกาศ	-	**สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ** 1.ระบบสุริยะและอวกาศ 2.เทคโนโลยีสำรวจอวกาศ	**สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ** 1.เทคโนโลยีสำรวจอวกาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 สาระธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอน

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยสาระหรือกระบวนการหลักที่เกี่ยวข้องสามด้านคือ ด้านลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ โดยจากการสังเกต 38 ครั้ง พบว่า ครูได้สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดแทรกในทุกสาระดังนี้

ตารางที่ 3 จำนวนครั้งที่ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละสาระ

สาระวิทยาศาสตร์	ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (ครั้ง)		
	การแสวงหาความรู้	กิจการทางวิทยาศาสตร์	ลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์
สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต			
โรงเรียนเก่งกาจวิทยา	5	5	0
โรงเรียนคล่องวิชา	10	2	1
สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ (สอนบูรณาการกับสาระที่ 7)			
โรงเรียนเจริญปัญญา	2	0	0
สาระที่ 5 พลังงาน			
โรงเรียนคล่องวิชา	0	0	0
โรงเรียนขยันศึกษา	4	6	0
โรงเรียนเจริญปัญญา	6	0	3
สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก			
โรงเรียนเก่งกาจวิทยา	2	1	0
สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ			
โรงเรียนเก่งกาจวิทยา	1	0	0
โรงเรียนขยันศึกษา	0	0	1
โรงเรียนเจริญปัญญา	2	0	0
การสอนนอกเหนือจากสาระของบทเรียน			
โรงเรียนขยันศึกษา	1	**0**	**0**
รวม	**33**	**14**	**5**

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าครูจะมีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดแทรกอยู่ในทุกสาระ แต่การเน้นความสำคัญในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แต่ละคาบเรียนมีความแตกต่างกัน

โดยสาระที่ครูมีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตลอดคาบเรียนได้แก่ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 พลังงาน และสาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศทั้งนี้สาระที่ 5 พลังงาน ซึ่งมีการสอนในโรงเรียนคล่องวิชา โรงเรียนขยันศึกษา และโรงเรียนเจริญปัญญา เป็นสาระที่ครูมีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตลอดคาบมากที่สุด โดยเฉพาะการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านการแสวงหาความรู้ ซึ่งครูโรงเรียนขยันศึกษาและโรงเรียนเจริญปัญญาสอนโดยให้นักเรียนทำการทดลอง จึงมีการสอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ก่อนสรุปเนื้อหาความรู้ตามบทเรียน ในขณะที่โรงเรียนคล่องวิชาไม่มีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในสาระนี้ เนื่องจากครูใช้เวลาสอนเนื้อหาบทเรียนในสาระที่ 5 เพียง 30 นาที หลังจากสอนบทเรียนเรื่องอื่นจบ จึงสอนเนื้อหาบทเรียนสาระที่ 5 โดยการบรรยายสรุปเนื้อหาสาระจากหนังสือเรียน และให้นักเรียนศึกษารายละเอียดของบทเรียนด้วยตนเอง

สาระวิทยาศาสตร์ที่ครูมีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตลอดคาบนอกเหนือจากสาระที่ 5 คือ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งมีการสอนบูรณาการร่วมกับสาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งลักษณะของการสอนบูรณาการระหว่าง 2 สาระนี้พบเฉพาะในโรงเรียนเจริญปัญญา ซึ่งมีลักษณะการสอนเช่นเดียวกับการสอนสาระที่ 5 คือ ให้นักเรียนทำการทดลอง ซึ่งเป็นการสอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ก่อนสรุปเนื้อหาความรู้ตามบทเรียน ส่วนในโรงเรียนเก่งกาจวิทยาและโรงเรียนขยันศึกษาซึ่งสอนสาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ โดยไม่มีการบูรณาการร่วมกับสาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ มีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เฉพาะในบางช่วงเวลาของคาบเรียน เช่น ครูกิ่งแก้ว สอนจิตวิทยาศาสตร์ด้านความสนใจใฝ่รู้โดยการแนะนำให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับระบบสุริยะเพิ่มเติมด้วยตนเอง และครูขวัญใจสอนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เมื่ออธิบายเรื่องจำนวนดวงจันทร์บริวารของดาวเคราะห์ ว่าปัจจุบันมีการค้นพบดวงจันทร์เพิ่มขึ้นเป็นต้น

สำหรับสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต และสาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก เป็นสาระที่มีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เฉพาะบางช่วงเวลาในคาบเรียนเช่นกัน โดยครูมักแนะนำให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนเพิ่มเติมด้วยตนเอง

จากการสังเกตการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในทุกสาระพบว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ครูสอนมากที่สุดคือ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่ามีการสอนเกือบทุกครั้งที่สังเกต ทุกโรงเรียนมีการเรียนการสอน รวม 30 ครั้ง ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ครูสอนในอันดับรองลงมาแต่มีความแตกต่างกันมากคือ กิจการทางวิทยาศาสตร์ มีการสอนรวม 14 ครั้ง และอันดับสุดท้ายคือ ลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีการสอนรวม 5 ครั้ง ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนคาบของการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จำแนกรายด้าน

ระดับชั้นและโรงเรียน	จำนวนคาบที่สังเกต (คาบ)	ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (คาบ)		
		การแสวงหาความรู้	กิจการทางวิทยาศาสตร์	ลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์
1. ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2				
โรงเรียนเก่งกาจวิทยา	10	7	6	0
โรงเรียนคล่องวิชา	12	10	2	1
2. ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3				
โรงเรียนขยันศึกษา	8	5	6	1
โรงเรียนเจริญปัญญา	8	8	0	3
รวม	38	30	14	5

การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านต่างๆ ตามลำดับการสอนจากมากไปน้อย มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 การแสวงหาความรู้

การแสวงหาความรู้ เป็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ครูสอนมากที่สุด โดยเฉพาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการสอนในทุกครั้ง และทุกโรงเรียน ตามรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5 จำนวนคาบที่มีการสอนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จำแนกรายด้าน

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ / ระดับชั้นและโรงเรียน	จำนวนคาบที่สังเกต (คาบ)	การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ครูสอน (คาบ)		
		วิธีการทางวิทยาศาสตร์	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จิตวิทยาศาสตร์
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2				
โรงเรียนเก่งกาจวิทยา	10	0	4	6
โรงเรียนคล่องวิชา	12	2	6	9
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3				
โรงเรียนขยันศึกษา	8	1	4	2
โรงเรียนเจริญปัญญา	8	7	8	7
รวม	38	10	22	24

1) **วิธีการทางวิทยาศาสตร์**

วิธีการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน ทำการทดลอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง พบว่า การสอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ เป็นการสอนในขั้น ทำการทดลอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง แต่พบว่า การสอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ของครูไม่ได้สอนครบทุกขั้นตอนในทุกครั้ง การสอนส่วนใหญ่ เป็นขั้นทำการทดลอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง ร่วมกัน แต่มี 1 โรงเรียนที่สอนครบทั้ง 5 ขั้นตอน แต่พบเพียง 1 ครั้งเท่านั้น ซึ่งพบว่าโรงเรียนที่ได้สอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์มากที่สุดคือ โรงเรียนเจริญปัญญา ซึ่งมีการสอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 7 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง อันดับรองลงมา คือโรงเรียนคล่องวิชา มีการสอน 2 ครั้ง จากการสังเกต 12 ครั้ง และสุดท้ายคือ โรงเรียนขยันศึกษา มีการสอน 1 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง

โรงเรียนเจริญปัญญา ซึ่งมีครูตัวอย่างการศึกษา 2 ท่านคือ ครูงามตา และครูเจริญ มีการสอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในทุกบทเรียน และเกือบพบทุกครั้งการเรียนการสอน ยกเว้นครั้งทบทวนความรู้ก่อนสอบปลายภาค เนื่องจากครูใช้วิธีการสอนโดยให้นักเรียนทำการ

ทดลอง โดยครูทั้งสองท่าน สอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์เฉพาะในขั้น ทำการทดลอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง โดยการให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองด้วยตนเองเหมือนกัน แต่มีการพัฒนานักเรียนแตกต่างกัน คือ ครูงามตา ให้นักเรียนออกแบบวิธีการทดลอง และวิธีการจัดกระทำและสื่อความหมายด้วยตนเอง ในขณะที่ ครูเจริญให้นักเรียนศึกษาวิธีการทดลอง และวิธีการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลจากในหนังสือเรียนมาล่วงหน้า และอธิบายวิธีการทดลองให้นักเรียนฟังอีกครั้ง ก่อนดำเนินการทดลอง

สำหรับโรงเรียนขยันศึกษา ครูขวัญใจสอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เฉพาะขั้นการทำการทดลอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง เช่นเดียวกับโรงเรียนเจริญปัญญา โดยสอนด้วยวิธีการทดลอง 1 ครั้ง ในการสอนเรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบขนาน และแบบอนุกรม ซึ่งครูขวัญใจอธิบายขั้นตอนการทดลองให้นักเรียน เช่นเดียวกับครูเจริญ แต่มีข้อแตกต่างกันคือ ครูขวัญใจไม่มีการให้นักเรียนบันทึกผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง แต่สรุปผลการทดลองให้นักเรียนฟัง เมื่อทำการทดลองเสร็จ

ส่วนในโรงเรียนคล่องวิชา ครูคณิตามีการสอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 2 ครั้ง โดยมีการสอน 1 ครั้ง ที่สอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ขั้นตอน โดยการแนะนำให้นักเรียนศึกษาวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการชมนิทรรศการโครงงานวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนและสอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์เฉพาะในขั้นการทำการทดลอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง ด้วยวิธีการทดลอง เช่นเดียวกับครูโรงเรียนเจริญปัญญาและโรงเรียนขยันศึกษา 1 ครั้ง ในบทเรียนเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆในพืช โดยครูสอนเรื่อง หลักการแพร่ ในบทเรียนเรื่อง โครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆในพืช โดยบอกเฉพาะหัวข้อการทดลอง และแจกอุปกรณ์การทดลองให้นักเรียน

2) **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**

จากการสังเกต 38 ครั้ง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีการสอนมากที่สุดคือ ทักษะการสังเกต ซึ่งพบว่ามีการสอนในทุกโรงเรียนรวม 16 ครั้ง รองลงมาเป็นทักษะการทดลอง ซึ่งทุกโรงเรียนมีการสอนเช่นกัน รวมทั้งหมด 12 ครั้ง

สำหรับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่พบในบางโรงเรียนได้แก่ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป และทักษะการวัดมีการสอนรวม 8 ครั้ง เท่ากัน แต่

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป พบในโรงเรียนคล่องวิชา และโรงเรียนเจริญปัญญา ส่วนทักษะการวัด พบ ในโรงเรียนขยันศึกษา และ โรงเรียนเจริญปัญญา

รองลงมาคือ ส่วนทักษะการใช้เลขจำนวน และทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลมีการสอน 6 ครั้งเท่ากัน โดยพบใน 3 โรงเรียนคือ โรงเรียนเก่งกาจวิทยา โรงเรียนขยันศึกษา และโรงเรียนเจริญปัญญา ในขณะที่ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลมีการสอน 6 มีการสอนเฉพาะในโรงเรียนเจริญปัญญาเท่านั้น

อันดับต่อมาคือ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร มีการสอน 2 ครั้ง เฉพาะในโรงเรียนเจริญปัญญา และอันดับสุดท้ายคือ ทักษะการพยากรณ์ และทักษะการตั้งสมมติฐาน มีการสอนเพียง 1 ครั้งเท่ากัน โดยทักษะการพยากรณ์ พบในโรงเรียนเก่งกาจวิทยา ส่วนทักษะการตั้งสมมติฐาน พบในโรงเรียนคล่องวิชา

การสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ ของครูผู้เป็นตัวอย่างการศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

2.1) **ทักษะสังเกต**

โรงเรียนที่มีการสอนทักษะสังเกตมากที่สุด คือ โรงเรียนเจริญปัญญา มีการสอน 7 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง รองลงมาเป็นโรงเรียนคล่องวิชา มีการสอน 5 ครั้ง จากการสังเกต 12 ครั้ง โรงเรียนเก่งกาจวิทยา มีการสอน 2 ครั้ง จากการสังเกต 10 ครั้ง และโรงเรียนขยันศึกษามีการสอน 1 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง โดยวิธีการสอนของครูมีทั้งการให้นักเรียนฝึกสังเกตจากการทำการทดลอง เช่น สังเกตลักษณะของภาพ เมื่อแสงจากวัตถุเดินทางผ่านเลนส์นูน การฝึกสังเกตวัตถุโดยการสอนแบบบรรยาย เช่น สังเกตลักษณะและโครงสร้างของดอกไม้ การฝึกสังเกตการทำงานที่ได้รับมอบหมาย เช่น สังเกตการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดระหว่างการงอก และการฝึกสังเกตด้วยตนเองตามคำแนะนำของครู เช่น สังเกตการเปลี่ยนแปลงของต้นไมยราพ เมื่อถูกสัมผัส เป็นต้น

2.2) **ทักษะทดลอง**

การสอนทักษะทดลอง มีทั้งการให้นักเรียนทำการทดลองในชั้นเรียน เช่น การทดลองเรื่อง การถ่ายโอนความร้อนของวัตถุต่างชนิดกัน การทดลองเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทานไฟฟ้า เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการ

แนะนำให้นักเรียนทำการทดลองด้วยตนเองที่บ้าน เช่น การทดลอง เรื่อง การทดสอบส่วนที่มีการสังเคราะห์แสงของพืช เป็นต้น

2.3) **ทักษะตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป**

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปมีการสอนใน 2 โรงเรียน คือ โรงเรียนเจริญปัญญา ซึ่งสอนทักษะนี้ 7 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง และโรงเรียนคล่องวิชา ซึ่งมีการสอนทักษะนี้ 1 ครั้ง จากการสังเกต 12 ครั้ง โดยครูสอนด้วยการให้นักเรียนทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้สรุปให้นักเรียนอีกครั้ง นอกจากนี้ยังมีการแนะนำให้นักเรียนนำแบบการทดลองจากหนังสือเรียนไปทำการทดลอง และเขียนสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง ตามความสมัครใจ

2.4) **ทักษะการวัด**

ทักษะการวัดมีการสอนเฉพาะในโรงเรียนเจริญปัญญา 6 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง และในโรงเรียนขยันศึกษามีการสอน 1 ครั้งจากการสังเกต 8 ครั้ง เท่ากัน โดยวิธีการสอนทักษะการวัดของครู มีทั้งวิธีการทดลอง เช่น ให้นักเรียนวัดมวลวัตถุ และวัดระยะทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นต้น และวิธีการสอนแบบบรรยาย โดยครูบรรยายเกี่ยวกับเครื่องมือวัดค่าความต่างศักย์ และเครื่องมือวัดค่ากระแสไฟฟ้า

2.5) **ทักษะการใช้เลขจำนวน**

ทักษะการใช้เลขจำนวนมีการสอนใน โรงเรียนขยันศึกษา มากที่สุด คือ 3 ครั้งจากการสังเกต 8 ครั้ง รองลงมาเป็นโรงเรียนเจริญปัญญา มีการสอน 2 ครั้ง จากการสังเกต 8 และสุดท้ายคือโรงเรียนเก่งกาจวิทยา ซึ่งมีการสอน 1 ครั้ง จากการสังเกต 10 ครั้ง โดยครูมักสอนด้วยการบรรยาย และแสดงตัวอย่างการคำนวณ ตามเนื้อหาในบทเรียน ได้แก่ วิธีการคำนวณ ค่าความต้านทานไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า และวิธีการคำนวณพื้นที่รอบรูปของก้อนดินน้ำมัน เมื่อถูกแบ่งให้มีขนาดเล็กลง และนอกจากนี้ยังมีการสอนด้วยวิธีการทดลอง โดยให้นักเรียนคำนวณหาค่าอัตราส่วนระหว่าง ค่ากระแสไฟฟ้า และค่าความต้านทานไฟฟ้า ในการทดลองเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความต้านทานไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า

2.6) **ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล**

การสอนทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลพบเฉพาะในโรงเรียนเจริญปัญญา 6 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง ซึ่งทั้งครูงามตาและครูเจริญสอนด้วยวิธีการทดลอง และให้นักเรียนจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลในรูปตาง และกราฟ โดยมีทั้งการให้นักเรียนออกแบบวิธีจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลด้วยตนเอง และครูเป็นผู้กำหนดรูปแบบตาราง และกราฟ ให้นักเรียน

2.7) **ทักษะกำหนดและควบคุมตัวแปร**

การสอนทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร พบเฉพาะในโรงเรียนเจริญปัญญา ซึ่งครูสอนด้วยวิธีการทดลอง เช่น ก่อนการทดลองเรื่อง การหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทานไฟฟ้า ครูอธิบายว่า ตัวแปรที่จะต้องเปลี่ยนในการทดลองนี้คือ ค่ากระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ ส่วนตัวแปรคงที่ คือ ความต้านทาน ดังนั้นในการทดลองจะต้องให้หลอดไฟฟ้าหลอดเดิม เป็นต้น และการตั้งคำถามหลังการทดลอง

2.8) **ทักษะพยากรณ์**

ครูกิ่งแก้ว โรงเรียนเก่งกาจวิทยา สอนทักษะการพยากรณ์ โดยการอธิบายความหมายของการพยากรณ์ว่า หมายถึง การรวบรวมเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอดีตมาใช้ในการคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

2.9) **ทักษะตั้งสมมติฐาน**

การสอนทักษะการตั้งสมมติฐาน มีการสอนเพียง 1 ครั้ง เฉพาะในโรงเรียนคล่องวิชา ซึ่งครูสอนด้วยการ แนะนำให้นักเรียนใช้แบบการทดลองจากหนังสือเรียนเรื่อง การทดสอบส่วนที่มีการสังเคราะห์แสงของพืช ไปทำการทดลองด้วยตนเองตามความสมัครใจ ซึ่งแบบการทดลอง ดังกล่าวกำหนดให้นักเรียนระบุสมมติฐานในการทดลอง

3) **จิตวิทยาศาสตร์**

นักเรียนฝึกจิตวิทยาศาสตร์จากการเรียนวิทยาศาสตร์ และการทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย แต่จากการดำเนินการจัดการเรียนการสอนของครู มีจิตวิทยาศาสตร์บางด้าน ที่ครูมีการสอนด้วยการบอกโดยตรง ซึ่งจิตวิทยาศาสตร์ที่พบว่ามีการสอนโดยตรงในชั้นเรียนมากที่สุด คือ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และความสนใจใฝ่รู้ มีการรวม 12 ครั้ง เท่ากัน แต่

การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ มีการสอนในทุกโรงเรียน แต่ในขณะที่ความสนใจใฝ่รู้ มีการสอนเฉพาะบางโรงเรียนเท่านั้น ได้แก่ โรงเรียนเก่งกาจวิทยา และโรงเรียนเจริญปัญญา

รองลงมาคือ ความมีเหตุผล และความละเอียดรอบคอบ มีการสอนรวม 6 ครั้ง เท่ากัน โดยความมีเหตุผล มีการสอนใน 3 โรงเรียนคือ โรงเรียนเก่งกาจวิทยา โรงเรียนขยันศึกษา และโรงเรียนเจริญปัญญา ส่วนความละเอียดรอบคอบ มีการสอนเฉพาะในโรงเรียนคล่องวิชา และโรงเรียนเจริญปัญญา เท่านั้น

อันดับที่สามคือ การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น มีการสอนเฉพาะในโรงเรียนเจริญปัญญา 5 ครั้ง ต่อมาคือ ความรับผิดชอบ มีการสอนรวม 2 ครั้ง ในโรงเรียนขยันศึกษา และโรงเรียนคล่องวิชา

อันดับที่ 5 คือ ความซื่อสัตย์ และความประหยัด ซึ่งมีการสอน 1 ครั้ง เท่ากัน โดยความซื่อสัตย์มีการสอนเฉพาะในโรงเรียนเจริญปัญญา และความประหยัด มีการสอนเฉพาะในโรงเรียนคล่องวิชา

ตัวอย่างการสอนจิตวิทยาศาสตร์แต่ละด้านมีดังนี้

3.1) **การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์**

การสอนจิตวิทยาศาสตร์ ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ สามารถพบได้ในทุกโรงเรียน เนื่องจากครูกำหนดให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม ในการทำการทดลองและค้นคว้ารายงานต่างๆ

3.2) **ความสนใจใฝ่รู้**

โรงเรียนที่มีการสอนจิตวิทยาศาสตร์ด้านความสนใจใฝ่รู้ มากที่สุดคือ โรงเรียนคล่องวิชา ซึ่งพบการสอนความสนใจใฝ่รู้ 8 ครั้ง จากการสังเกต 12 ครั้ง และอีกโรงเรียนหนึ่งที่มีการสอนความสนใจใฝ่รู้คือ โรงเรียนเก่งกาจวิทยา ซึ่งมีการสอน 4 ครั้ง จากการสังเกต 10 ครั้ง โดยครูทั้งสองมีวิธีการสอนเช่นเดียวกัน คือสนับสนุนให้นักเรียนศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมนอกห้องเรียน จากแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ เช่น ห้องสมุด ข่าวสารจากสื่อต่างๆ หนังสืออ่านเพิ่มเติม อินเตอร์เน็ต และสารคดีวิทยาศาสตร์

3.3) **ความละเอียดรอบคอบ**

โรงเรียนที่สอนจิตวิทยาศาสตร์ด้านความละเอียดรอบคอบมากที่สุด คือ โรงเรียนเจริญปัญญา ซึ่งมีการสอน 5 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง โดยส่วนใหญ่ครูสอนโดยการตักเตือนให้นักเรียนมีความละเอียดรอบคอบในการทดลอง และอ้างถึงคุณสมบัติของนักวิทยาศาสตร์ที่ต้องมีความละเอียดรอบคอบว่า

"ทำงานให้ละเอียดนะ นักวิทยาศาสตร์ต้องละเอียดรอบคอบ ไม่เช่นนั้นเราจะทำวิจัยผิดพลาดหมด"

บทเรียนเรื่อง การถ่ายโอนความร้อน

ครูงามตา, 16 สิงหาคม 2547

"เมื่อนักเรียนรับอุปกรณ์ไปแล้ว ต้องตรวจสอบว่า สายไฟที่ได้รับอยู่ในสภาพดี ไม่ชำรุด เช่นเดียวกับการทดลองอื่นๆ ซึ่งหากนักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์ ต้องทดสอบทุกครั้งว่าอุปกรณ์พร้อมใช้งาน"

บทเรียนเรื่อง ไฟฟ้า

ครูงามตา, 23 สิงหาคม 2547

นอกจากนั้นครูยังสอนโดยการเล่าเรื่องเหตุการณ์จริง เรื่องการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการส่งยานอพอลโล 11 ขึ้นสู่ดวงจันทร์ว่า จำเป็นต้องอาศัยความละเอียดรอบคอบในการทำงานอย่างมาก

อย่างไรก็ตามนอกจากครูจะเป็นผู้ย้ำความสำคัญของความละเอียดรอบคอบแล้ว นักเรียนยังได้ฝึกคุณลักษณะการเป็นผู้มีความละเอียดรอบคอบด้วยตนเองในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย เช่น การทำการทดลองในชั้นเรียน การจัดทำรายงานการสังเกต เป็นต้น

3.4) **ความมีเหตุผล**

จิตวิทยาศาสตร์ด้านความมีเหตุผล มีการสอน ใน 3 โรงเรียนคือ โรงเรียนเก่งกาจวิทยา มีการสอน 2 ครั้งจากการสังเกต 10 ครั้ง โรงเรียนขยันศึกษา มีการสอน 1 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง และโรงเรียนเจริญปัญญา มีการสอน 3 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง โดยครูกิ่งแก้ว โรงเรียนเก่งกาจวิทยา และครูขวัญใจ โรงเรียนขยันศึกษา มีวิธีการสอนเหมือนกันคือ แสดงตัวอย่างในการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลดังนี้ เช่น

ครูยกตัวอย่างความเชื่อของคนสมัยก่อน ที่กล่าวว่า เมื่อมีฝนตกฟ้าคะนอง ให้ป้องกันการเกิดฟ้าผ่า โดยการนำผ้าไปคลุมกระจก จากนั้นครูอธิบายด้วยหลักเหตุผลว่า ความเชื่อนี้ไม่เป็นความจริง เนื่องจาก กระจกไม่เกี่ยวข้องกับการเกิดฟ้าผ่า และการคลุมกระจกมีประโยชน์เพียงป้องกันไม่ให้แสงสะท้อนเท่านั้น ส่วนครูเจริญ โรงเรียนเจริญปัญญา สอนโดยการตั้งคำถามเกี่ยวกับเหตุผลของปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้น และให้นักเรียนตอบคำถามโดยใช้หลักเหตุผล

3.5) **การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น**

จิตวิทยาศาสตร์ด้านการร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นมีการสอนเฉพาะในโรงเรียนเจริญปัญญา เป็นจำนวน 5 ครั้งจากการสังเกต 8 ครั้ง โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนตั้งใจฟัง เมื่อเพื่อนตอบคำถามครู และร่วมแสดงความคิดเห็นเพื่ออภิปรายผลการทดลองในชั้นเรียน โดยมีการอ้างถึงคุณสมบัติของนักวิทยาศาสตร์ ดังนี้

“การจะเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ดีต้องฟังความคิดเห็นคนอื่นด้วย ถ้านักเรียนไม่ฟังคนอื่นก็เป็นนักวิทยาศาสตร์ไม่ได้”

บทเรียนเรื่อง การถ่ายโอนความร้อน

ครูงามตา, 16 สิงหาคม 2547

นอกจากนี้ นักเรียนยังฝึกจิตวิทยาศาสตร์ด้านการร่วมแสดงความคิดเห็น และการยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นด้วยตนเอง ในการทำการทดลอง และทำงานที่ได้รับมอบหมายเป็นกลุ่ม โดยระหว่างนักเรียนทำการทดลอง พบว่า นักเรียนมีการพูดคุยปรึกษากันตลอดเวลา ในเรื่องเกี่ยวกับ วิธีการทดลอง การบันทึกผลการทดลอง และการสรุปผลการทดลอง โดยบางครั้งครูไม่ได้เป็นผู้สอนให้นักเรียนร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นโดยตรง

3.6) **ความรับผิดชอบ**

จิตวิทยาศาสตร์ด้านความรับผิดชอบ มีการสอน ในโรงเรียนขยันศึกษาและโรงเรียนคล่องวิชา โรงเรียนละ 1 ครั้ง โดยครูบอกให้นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และส่งงานให้ตรงเวลา

3.7) **ความซื่อสัตย์**

จิตวิทยาศาสตร์ด้านความซื่อสัตย์ มีการสอนเฉพาะในโรงเรียนเจริญปัญญา 1 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง โดยเมื่อนักเรียนถามว่า ค่าผลการทดลองของนักเรียนในการวัดระยะภาพถูกต้องหรือไม่ ครูบอกให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองตามความเป็นจริง

3.8) **ความประหยัด**

จิตวิทยาศาสตร์ด้านความประหยัดมีการสอนเฉพาะในโรงเรียนคล่องวิชา จำนวน 1 ครั้งจากการสังเกต 12 ครั้ง โดยครูคณิตากล่าวกับนักเรียนว่า ให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำรายงานที่ครูมอบหมาย และยกตัวอย่างว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เสียค่าใช้จ่ายในการทำรายงานส่งครูเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นการสิ้นเปลือง

2.2.2 กิจการทางวิทยาศาสตร์

กิจการทางวิทยาศาสตร์ที่พบว่ามีการสอน มีเพียงด้านเดียวคือ กิจการทางวิทยาศาสตร์ด้าน บุคคลทุกเพศทุกสัญชาติล้วนมีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานหรือการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ พบว่าส่วนใหญ่เป็นการสอนในโรงเรียนเก่งกาจวิทยา และโรงเรียนขยันศึกษา โรงเรียนละ 6 ครั้งจากการสังเกต 10 และ 8 ครั้ง ตามลำดับ และพบในการสอนของโรงเรียนคล่องวิชาอย่างประปราย คือ 2 ครั้ง จากการสังเกต 12 ครั้ง โดยครูสอนตัวอย่างของการนำความรู้ทางวิทยาสาสตร์ไปใช้ในการ ปฏิบัติตนเพื่อป้องกันโรค การเลี้ยงดูเด็กให้สมองเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ การนับรอบประจำเดือนและการตกไข่ การปฏิบัติตนเพื่อป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า การเลือกซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น

2.2.3 ลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบในการสอนเกือบทุกโรงเรียน ยกเว้นโรงเรียนเก่งกาจวิทยา แต่เป็นการพบค่อนข้างน้อย โดยลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่พบมากที่สุด คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทดสอบได้ และจำเป็นต้องได้รับการพิสูจน์ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นจริงชั่วคราว มีการสอนเพียง 2 ครั้งเท่ากัน โดยความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทดสอบได้ และจำเป็นต้องได้รับการพิสูจน์ พบว่ามีการสอนเฉพาะในโรงเรียนเจริญปัญญา เท่านั้น ส่วนความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นจริงชั่วคราว พบว่ามีการสอนในโรงเรียนขยันศึกษาและโรงเรียนคล่องวิชา โรงเรียนละ 1 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง และ 12 ครั้ง ตามลำดับ

ลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีการสอนน้อยที่สุดคือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีกฎเกณฑ์เฉพาะคือยึดถือหลักเหตุผลและระเบียบวิธีหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่ามีการสอนเฉพาะในโรงเรียนเจริญปัญญา 1 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง

ตัวอย่างลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ครูสอน มีดังนี้

1) **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทดสอบได้ และจำเป็นต้องได้รับการพิสูจน์**

ลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้าน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องสามารถทดสอบได้ และจำเป็นต้องได้รับการพิสูจน์ มีการสอนเฉพาะในโรงเรียนเจริญปัญญา จำนวน 2 ครั้ง โดยทั้งสองครั้ง ครูกล่าวถึงกิจกรรมการทดลองซึ่งนักเรียนได้ผลการทดลองไม่ตรงตามกฎของโอห์ม ซึ่งกำลังเรียนอยู่ในขณะนั้นว่า การทดลองของโอห์มต้องมีการทดลองซ้ำหลายๆ ครั้ง จนได้ผลแน่นอน จึงจะสามารถสรุปเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังนี้

“โอห์มเขาต้องทดลอง ต้องทดสอบมาเป็นหมื่นครั้ง ถึงจะเป็นข้อสรุปออกมาเป็น theory หรือ เป็น law ได้นะ ถ้าทดลองครั้งเดียวเนี่ย ผลอาจจะคลาดเคลื่อนอยู่”

บทเรียนเรื่อง ไฟฟ้า
30 สิงหาคม 2547

2) **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความจริงชั่วคราว**

การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เรื่อง นี้ พบใน โรงเรียนขยันศึกษา และโรงเรียนคล่องวิชา โรงเรียนละ 1 ครั้ง โดยครูวิทยาศาสตร์ทั้งสองท่านใช้วิธีการสอนเหมือนกัน คือ การเล่าเรื่องประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การค้นพบของแวน เฮลมองต์ ซึ่งพบว่าน้ำเป็นปัจจัยเดียวในการเจริญเติบโตของพืช แต่ต่อมาจูเลียต ชาร์ค และดับเบิลยู นอฟ พบว่า แร่ธาตุเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

3) **ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีกฎเกณฑ์เฉพาะคือยึดถือหลักเหตุผลและวิธีการทางวิทยาศาสตร์**

ลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีกฎเกณฑ์เฉพาะคือยึดถือหลักเหตุผลและระเบียบวิธีหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พบเฉพาะในการสอนของครูเจริญ โรงเรียนเจริญ

ปัญญา จำนวน 1 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง โดยครูตั้งคำถามเกี่ยวกับสาเหตุของปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน และบอกให้นักเรียนใช้เหตุผลในการตอบคำถาม เมื่อนักเรียนตอบไม่ได้ ครูกล่าวว่าการเรียนวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้หลักเหตุผล และยืนยันให้นักเรียนหาเหตุผลเพื่อตอบคำถาม ดังนี้

ครู "หลักการนี้ (หลักการเดินทางของแสงผ่านเลนส์นูน) นำไปใช้กับเลนส์เว้าได้หรือไม่"

นักเรียน "ไม่ได้"

ครู "เพราะอะไร"

นักเรียนอึกอัก ไม่ตอบคำถาม

ครู "ได้ ไม่ได้เพราะอะไรเรียนวิทยาศาสตร์ต้องตอบมีเหตุผลนะ"

บทเรียนเรื่อง หลักการเดินทางของแสง
26 มกราคม 2547

2.3 วิธีการที่ครูใช้ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

วิธีการที่ครูใช้ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี ทั้งวิธีการบรรยาย วิธีการทดลอง วิธีการมอบหมายงานให้นักเรียนทำ และวิธีการแนะนำให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเอง โดยครูมักไม่ใช้วิธีการสอนใดวิธีการหนึ่ง ในแต่ละครั้ง แต่มีวิธีการสอนที่หลากหลายร่วมกัน ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการที่ครูใช้ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีดังนี้

2.3.1 วิธีการบรรยาย

การสอนด้วยวิธีการบรรยายเป็นวิธีการที่พบในเกือบทุกครั้งการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของทุกโรงเรียน ยกเว้น โรงเรียนเจริญปัญญา ซึ่งมีการสอนด้วยวิธีการบรรยายน้อยที่สุด คือ 1 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง โดยเป็นวิธีการที่ใช้ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งในด้านลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ ลักษณะการบรรยายของครู มีทั้งการบรรยายเป็นหลัก และการบรรยายประกอบการให้ลงมือปฏิบัติ ตามรายละเอียดดังนี้

1) การบรรยายเป็นหลัก

การสอนโดยการบรรยายเป็นหลัก พบทั้งหมด 24 ครั้ง จากการสังเกต 38 ครั้ง และเป็นการพบในเกือบทุกโรงเรียน ยกเว้นโรงเรียนเจริญปัญญา โดยโรงเรียนที่มีการสอนด้วยการบรรยายเป็นหลักมากที่สุด คือ โรงเรียนคล่องวิชา พบ10 ครั้งจากการสังเกต 12 ครั้ง รองลงมาคือ โรงเรียนเก่งกาจวิทยา พบ 9 ครั้ง จากการสังเกต 10 ครั้ง และโรงเรียนขยันศึกษา พบ 4 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง

ลักษณะของการบรรยายมีลักษณะเป็นการอธิบายความหมายของสาระธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยตรง ซึ่งปกติแล้ว ครูมักตั้งคำถาม และอธิบายทันที เช่น ครูกิ่งแก้วอธิบายความหมายของการพยากรณ์ ดังนี้

"การพยากรณ์คืออะไร การจะทำนาย หรือทายเหตุการณ์ต้องมีหลักเกณฑ์หรือไม่ เราต้องเอาเหตุการณ์ที่ผ่านมาแล้วมาประมวลผลว่าเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีเหตุการณ์ใกล้เคียงกันก็น่าจะเกิด ใช้คาดการณ์ว่าจะเกิด จึงเรียกว่าเป็นการพยากรณ์ ดังนั้นการพยากรณ์อากาศจึงต้องมีทุกวัน เมื่อพยากรณ์แล้วต้องมีการบันทึกไว้ ประจำวัน เดือน ปี ว่าเกิดอะไรขึ้นและนำมาใช้ในการคาดการณ์"

บทเรียนเรื่อง ลมฟ้าอากาศ
10 กุมภาพันธ์ 2548

บางครั้งลักษณะการบรรยายของครู เป็นการแสดงตัวอย่างให้เห็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เช่น ในการสอนจิตวิทยาศาสตร์ด้านความมีเหตุผล ครูแสดงตัวอย่างการใช้เหตุผลพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล ดังนี้

"ตอนเด็กๆ พ่อแม่ของครูเคยสอนว่า เวลาจะป้องกันไม่ให้ฟ้าผ่าบ้าน ถ้าเริ่มเห็นฟ้าแลบฟ้าร้อง พ่อกับแม่ก็จะบอกว่า 1) อุดหู เพราะเสียงมันดัง 2) ถ้ามีกระจกในบ้านให้เอาผ้ามาปิด 3) ถ้ามีสร้อยคอ มีพระ ห้อยคออยู่ ให้เอาเสื้อปิด และถ้ามีพระพุทธรูปให้เอาผ้าไปคลุมถามว่าถูกหรือผิด...ผิด เพราะว่าเราอยู่ในบ้าน อยู่ชั้นล่าง ถ้าฟ้าจะลงต้องลงหลังคา ไม่งั้นร้านขายกระจกไม่วุ่นวายแย่หรือ การคลุมกระจกแค่ช่วยไม่ให้แสงสะท้อน แต่ไม่ช่วยป้องกันฟ้าผ่า เพราะฉะนั้นต้องพิจารณาด้วย การป้องกันใช้แค่สายล่อฟ้าเท่านั้น"

บทเรียนเรื่อง ลมฟ้าอากาศ
ครูกิ่งแก้ว 28 มกราคม 2548

การบรรยายโดยแสดงตัวอย่างให้เห็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ยัง ได้แก่ การสอนกิจการทางวิทยาศาสตร์โดยครูใช้วิธีการนี้ในการสอนกิจการทางวิทยาศาสตร์ ด้านบุคคลทุกเพศทุกสัญชาติล้วนมีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน หรือการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ทั้งนี้โดยครูบรรยายเนื้อหาสาระที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นตัวอย่างของการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ได้แก่ วิธีการปฏิบัติตนเพื่อป้องกันโรค วิธีการเลี้ยงดูเด็กให้สมองเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ วิธีการนับรอบประจำเดือนและการตกไข่ วิธีการปฏิบัติตนเพื่อป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า วิธีการเลือกซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้า วิธีการต่อวงจรไฟฟ้า ซึ่งหลังจากการบรรยายครูมักแนะนำให้นักเรียนนำความรู้ที่เรียนไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

นอกจากนี้ครูยังบรรยายโดยเล่าเรื่อง ประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การสอนลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในด้านเป็นความจริงชั่วคราว ดังตัวอย่าง

“แวน เฮลมองต์ ทำการทดลองปลูกต้นหลิว โดยจำกัดดินและน้ำ พอหมดคุณภาพดิน ดินก็ซีดลงเรื่อยๆ นั่นคือมวลของดินหายไป เขาจึงสรุปว่า พืชเจริญเติบโตจากน้ำและดินเท่านั้น แต่ก็มีนักวิทยาศาสตร์อีกคนหนึ่งมาพบ และทักท้วงว่า นอกจากน้ำและดินแล้ว ต้นไม้ยังต้องการแร่ธาตุด้วย ชื่อว่า จูเลียต ชาร์คชานอฟ (จูเลียต ชาร์ค และดับเบิลยู นอฟ) และเขาเป็นผู้คิดวิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เรียกว่า ไฮโดรโพนิกส์”

บทเรียน เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของระบบการทำงานในพืช
ครูคณิตา, 21กรกฎาคม 2547

“ข้อมูล (จำนวนดวงจันทร์บริวารของดาวเคราะห์) ที่ครูนำมาให้นักเรียนดูนี่ เป็นข้อมูลเก่านะ ตอนนี้เขาพบดวงจันทร์มากขึ้นแล้ว ข้อมูลปัจจุบัน มีดวงจันทร์เยอะกว่านี้”

บทเรียนเรื่อง ระบบสุริยะและอวกาศ
ครูขวัญใจ, 10 กุมภาพันธ์ 2548

2) การบรรยายประกอบการให้ลงมือปฏิบัติ

การบรรยายประกอบการให้ลงมือปฏิบัติพบในการสอนของทุกโรงเรียน รวม 8 ครั้ง จากการสังเกต 38 ครั้ง โดยพบในโรงเรียนขยันศึกษามากที่สุด คือ 4 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง รองลงมาเป็น โรงเรียนคล่องวิชา พบ 2 ครั้ง จากการสังเกต 12 ครั้ง และพบ

ในโรงเรียนเก่งกาจวิทยา และโรงเรียนเจริญปัญญา 1 ครั้ง เท่ากัน จากการสังเกต 8 ครั้ง และ 10 ครั้ง ตามลำดับ และพบว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ครูสอนด้วยวิธีนี้ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการใช้เลขจำนวน และจิตวิทยาศาสตร์ด้านความละเอียดรอบคอบ ดังนี้

ลักษณะการบรรยายประกอบการให้ลงมือปฏิบัติของครู เป็นการบรรยายเนื้อหาบทเรียนก่อน แล้วให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตาม เช่น การสอนทักษะสังเกต และทักษะการใช้เลขจำนวน ดังตัวอย่าง

การสอนของครูกิ่งแก้ว ครูให้นักเรียนสังเกตดวงตาของเพื่อนร่วมกลุ่ม และบอกลักษณะของดวงตา ในการเรียนเนื้อหา เรื่อง ส่วนประกอบของดวงตา

ในส่วนของการสอนทักษะสังเกตของครูคณิตานั้น ครูสอนเรื่อง การปฏิสนธิแบบอาศัยเพศของพืชมีดอก ในบทเรียนเรื่อง โครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ในพืช โดยบรรยายโครงสร้างของดอก ทีละส่วน และให้นักเรียนสังเกตโครงสร้างดอกชบาโดยใช้ตา และการสัมผัส เพื่อบอกลักษณะของโครงสร้างดอกชบา โดยครูสอดแทรกจิตวิทยาศาสตร์ด้านความละเอียดรอบคอบ โดยระบุให้นักเรียนทำการสังเกตอย่างละเอียด

ส่วนการสอนทักษะการใช้เลขจำนวน ครูสอนโดยแสดงวิธีการคำนวณให้นักเรียนมองดูบนกระดาน และให้นักเรียนคำนวณค่าตัวเลขที่ได้ในการคำนวณทีละขั้นตอน ในการสอนการคำนวณหาพื้นที่ผิวสัมผัสของอาหารเมื่อถูกเคี้ยวให้มีขนาดเล็กลง และการคำนวณหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ค่าความต้านทานไฟฟ้า และค่ากระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นเนื้อหาสาระตามบทเรียน

2.3.2 การให้คำแนะนำในการศึกษาด้วยตนเอง

การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วยการให้คำแนะนำในการศึกษาด้วยตนเอง เป็นการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบเฉพาะใน โรงเรียนคล่องวิชา และ โรงเรียนเก่งกาจวิทยา เท่านั้น โดยพบว่ามีการสอนในโรงเรียนคล่องวิชา 10 ครั้ง จากการสังเกต 12 ครั้ง และพบในโรงเรียนเก่งกาจวิทยา 5 ครั้ง จากการสังเกต 10 ครั้ง ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปวิธีการสอนโดยการแนะนำให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเองได้ดังต่อไปนี้

1) การแนะนำแหล่งการศึกษาค้นคว้า

การแนะนำแหล่งการค้นคว้า พบในการสอนของครูคณิตา โรงเรียนคล่องวิชา 8 ครั้งจากการสังเกต 12 ครั้ง และพบในการสอนของครูกิ่งแก้ว โรงเรียนเก่งกาจวิทยา 4 ครั้งจากการสังเกต 10 ครั้ง โดยครูแนะนำแหล่งการศึกษาค้นคว้า คือ นิทรรศการโครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการให้นักเรียนศึกษาวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และแนะนำให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนเพิ่มเติมจาก อินเตอร์เน็ต หนังสืออ่านเพิ่มเติมในห้องสมุด สารคดีวิทยาศาสตร์ และแนะนำให้นักเรียนติดตามข่าวสารเป็นประจำ ซึ่งเป็นการสนับสนุนให้นักเรียนมีจิตวิทยาศาสตร์ด้านความสนใจใฝ่รู้

2) การแนะนำวิธีการเรียนรู้

การสอนด้วยการแนะนำวิธีการเรียนรู้พบในโรงเรียนคล่องวิชา 2 ครั้งจากการสังเกต 12 ครั้ง และพบในโรงเรียนเก่งกาจวิทยา 1 ครั้ง จากการสังเกต 10 ครั้ง โดยครูแนะนำให้นักเรียนทำการทดลองด้วยตนเอง โดยมีทั้งการแนะนำที่ครูเป็นผู้อธิบายวิธีการทดลองให้นักเรียนนำไปปฏิบัติ ซึ่งเป็นการสอนทักษะสังเกต และทักษะทดลอง เช่น ครูกิ่งแก้ว แนะนำให้นักเรียนทดสอบผลผลิตที่ได้จากการหายใจของพืช โดยนำกิ่งพืช มาใส่ในถุงพลาสติก และทดสอบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น ด้วยน้ำปูนใส ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีขาวขุ่น และครูคณิตา แนะนำให้นักเรียนศึกษาลักษณะและโครงสร้างของหัวใจ โดยการอธิบายวิธีการผ่าหัวใจหมู นอกจากนี้ครูคณิตายังแนะนำให้นักเรียนใช้แบบการทดลองจากหนังสือเรียน เรื่อง การทดสอบส่วนที่มีการสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่งมีการระบุให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน และเขียนสรุปผลการทดลอง ซึ่งเป็นการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้าน ทักษะการตั้งสมมติฐาน และ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เพิ่มขึ้นจากการทดลองจากคำแนะนำของครู

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าครูคณิตาจะใช้วิธีการสอนแบบแนะนำให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเองหลายครั้ง แต่ครูมีความเห็นว่า การใช้วิธีการเช่นนี้ในการสอนไม่น่าเกิดประโยชน์มากนัก เนื่องจากครูเชื่อว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้ศึกษาทดลองด้วยตนเองตามคำแนะนำของครู แต่เนื่องจากเวลาเรียนในชั้นเรียนไม่เพียงพอที่จะให้นักเรียนศึกษาทดลองสิ่งต่างๆได้ ครูจึงพยายามให้แนวทางในการศึกษาด้วยตนเองให้มากที่สุด เพื่อที่นักเรียนจะสามารถนำไปปฏิบัติเองได้หากต้องการ

"การให้นักเรียนทดลองเองที่บ้าน คิดว่าไม่ค่อยได้ผล เด็กไม่ค่อยทำการทดลองเอง นอกจากเราจะบังคับ แต่อาจจะมีเด็กเก่งจำนวนน้อยที่ไปทำ เพียงแต่เป็นการแนะนำไว้ก่อน แต่หากนักเรียนได้ไปทำการทดลองที่บ้านจริง จะทำให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจและผู้ปกครองเกิดความภาคภูมิใจและช่วยพัฒนาทักษะและความรู้ให้มีมากขึ้น"

ครูคณิตา, 4 มีนาคม 2548

2.3.3 **การทดลอง**

การสอนด้วยวิธีการทดลองพบในทุกโรงเรียน ยกเว้นโรงเรียนเก่งกาจวิทยา โดยโรงเรียนเจริญปัญญามีการสอนด้วยวิธีการทดลองมากที่สุด คือ 7 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง ส่วนโรงเรียนขยันศึกษา และโรงเรียนคล่องวิชา มีการสอนด้วยวิธีการทดลอง โรงเรียนละ 1 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง และ 12 ครั้ง ตามลำดับ โดยธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ครูสอนด้วยวิธีการทดลองส่วนใหญ่เป็นด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยทั้งวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ การสอนของครูยังมีการแสดงถึงลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านการมีกฎเกณฑ์เฉพาะ คือยึดถือในหลักเหตุผลและระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และลักษณะของความรู้ด้านสามารถทดสอบได้ และจำเป็นต้องได้รับการพิสูจน์

การสอนด้วยวิธีการทดลองของครูแต่ละท่าน มีลักษณะของการสอนเหมือนกันบางประการคือ ครูทุกท่านให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม และลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง แต่มีการพัฒนานักเรียนแตกต่างกันไปในแต่ละวิธีดังนี้

1) การให้นักเรียนออกแบบการทดลองด้วยตนเอง

การสอนด้วยวิธีการนี้พบเฉพาะในการสอนของครูงามตา โรงเรียนเจริญปัญญา เป็นจำนวน 3 ครั้ง จากการสังเกต 4 ครั้ง โดยครูบรรยายสรุปก่อนการทดลองเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง เช่น ให้นักเรียนศึกษาการถ่ายโอนความร้อนของวัตถุต่างชนิดกัน และตักเตือนให้นักเรียนใช้ความละเอียดรอบคอบในการทดลอง จากนั้นให้นักเรียนออกแบบการทดลอง และวิธีการบันทึกผลข้อมูลด้วยตนเอง จากนั้นเมื่อนักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลอง ครูจะเดินดูตามกลุ่ม และให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนมีคำถาม หรือต้องการความช่วยเหลือ หลังจากนักเรียนดำเนินการทดลอง และสรุปผลการทดลองแล้วครูให้นักเรียนนำเสนอการทดลองหน้าชั้นทีละกลุ่ม โดยครูอธิบายแก้ไข เมื่อพบว่า นักเรียนมีข้อผิดพลาด เกี่ยวกับการทดลอง เช่น ออกแบบ

วิธีการทดลอง หรือตารางนำเสนอข้อมูลไม่เหมาะสม และเมื่อนักเรียนนำเสนอผลการทดลองเสร็จ ครูอธิบายสรุปผลการทดลองให้นักเรียนฟังอีกครั้ง และเป็นผู้อภิปรายผลการทดลองให้นักเรียน

นอกจากนี้ ในการบรรยายหลังการทดลอง เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ ความต้านทาน และกระแสไฟฟ้า ซึ่งผลการทดลองของนักเรียนไม่เป็นไปตามกฎของโอห์ม ครูกล่าวถึงการทดสอบความรู้ของโอห์ม ซึ่งแสดงถึงลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องสามารถทดสอบได้ว่า และจำเป็นต้องได้รับการพิสูจน์ว่า

“โอห์มเขาต้องทดลอง ต้องทดสอบมาเป็นหมื่นครั้ง ถึงจะเป็นข้อสรุปออกมาเป็น theory หรือ เป็น law ได้นะ ถ้าทดลองครั้งเดียวเนี่ย ผลอาจจะคลาดเคลื่อนอยู่”

บทเรียนเรื่อง ไฟฟ้า
30 สิงหาคม 2547

2) ครูเป็นผู้กำหนดวิธีการทดลองให้นักเรียน

การสอนด้วยวิธีการนี้พบในการสอนของครูเจริญ และครูขวัญใจ โดยพบว่า ครูเจริญใช้วิธีการสอนนี้ ตลอด 4 ครั้ง ที่สังเกต ส่วนครูขวัญใจ ใช้วิธีการนี้ในการสอนเพียง 1 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง โดยลักษณะการสอนของครูเจริญและครูขวัญใจมีข้อแตกต่างกัน คือ ครูเจริญมีการให้นักเรียนรวบรวมและบันทึกผลข้อมูล ตลอดจนสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง ในขณะที่ครูขวัญใจไม่มีการให้นักเรียนบันทึกข้อมูลใดๆ และเป็นผู้สรุปผลการทดลองให้นักเรียน รายละเอียดขั้นตอนการสอนของครูทั้งสองท่านเป็นดังนี้

ขั้นตอนการสอนของครูเจริญคล้ายกับครูงามตา คือ มีการบรรยายสรุปก่อนและหลังการทดลอง แต่ครูเจริญให้นักเรียนศึกษาแบบการทดลอง ซึ่งประกอบด้วยวิธีการทดลอง และตารางบันทึกข้อมูลจากหนังสือเรียนมาล่วงหน้า เมื่อถึงคาบเรียน ครูเจริญจะบรรยายเกี่ยวกับวิธีการทดลอง และการใช้เครื่องมือวัดในการทดลองอีกครั้ง จากนั้นให้นักเรียนรับอุปกรณ์ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ไปทำการทดลองด้วยตนเอง ระหว่างการทดลอง ครูเดินดูตามกลุ่มเพื่อตรวจสอบว่านักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลอง และบันทึกข้อมูล และเขียนสรุปผลการทดลองลงในสมุด โดยครูบอกให้นักเรียนใช้ความละเอียดรอบคอบในการทดลอง และบันทึกผลการทดลองตามความเป็นจริง เมื่อนักเรียนทำการทดลองเสร็จ ครูสุ่มถามผลการทดลองของนักเรียน

และเป็นผู้อภิปรายผลการทดลอง โดยใช้การตั้งถามเพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย เช่น “เพราะเหตุใดผลการทดลองของนักเรียนแต่ละกลุ่มจึงไม่เท่ากัน”

ส่วนขั้นตอนการสอนของครูขวัญใจ เริ่มจากการอธิบายวิธีการทดลองอย่างละเอียด จากนั้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง โดยครูเดินดูนักเรียน และอธิบายสิ่งที่ต้องการให้นักเรียนสังเกต ทีละกลุ่ม เมื่อนักเรียนทำการทดลองตามขั้นตอนที่ครูกำหนดให้เสร็จแล้ว ครูเป็นผู้อธิบายสรุปผลการทดลองให้นักเรียน โดยนักเรียนไม่ต้องจดบันทึกข้อมูลใดๆ

3) ครูกำหนดเฉพาะหัวข้อการทดลองให้นักเรียน

การสอนด้วยวิธีนี้ พบว่ามีการสอนเฉพาะในโรงเรียนคล่องวิชา เป็นจำนวน 1 ครั้ง โดยครูสอนการทดลองเรื่อง การแพร่ โดยชี้แจงหัวข้อการทดลองว่า “การแพร่” จากนั้นครูแจกอุปกรณ์การทดลองซึ่งได้แก่ ด่างทับทิม บีกเกอร์ และปากคีบ ให้แก่นักเรียน และมอบหมายให้นักเรียนดำเนินการต่างๆ ในการทดลองด้วยตนเองทั้งหมด อย่างไรก็ตาม เมื่อนักเรียนไม่สามารถทำการทดลองได้ ครูต้องบอกวิธีการทดลองอย่างคร่าวๆ คือ ให้นักเรียนใส่ด่างทับทิมลงในน้ำ เมื่อนักเรียนยังคงทำการทดลองผิดวิธี โดยใส่ด่างทับทิมและคนให้เข้ากับน้ำ โดยไม่ได้สังเกต ทิศทางการแพร่ของด่างทับทิม ครูเปลี่ยนวิธีการทดลอง โดยให้นักเรียนแตะด่างทับทิมลงบนกระดาษทิชชูเปียกน้ำ แต่นักเรียนยังไม่สามารถทำการทดลองตามที่ครูต้องการได้ ครูจึงให้นักเรียนกลับไปทดลองด้วยตนองที่บ้าน

2.3.4 การมอบหมายงานให้นักเรียน

การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการกำหนดงานให้นักเรียนทำเป็นวิธีการสอนที่พบเกือบทุกโรงเรียน รวม 4 ครั้ง จากการสังเกต 38 ครั้ง โดยพบในโรงเรียนเก่งกาจวิทยา และโรงเรียนคล่องวิชา 2 ครั้ง เท่ากัน จากการสังเกต 8 ครั้ง และ 12 ครั้ง ตามลำดับ และพบในโรงเรียนขยันศึกษา 1 ครั้ง จากการสังเกต 8 ครั้ง ซึ่งลักษณะงานที่ครูมอบหมายให้นักเรียนทำมี 2 ประเภท ซึ่งเป็นการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

1) การมอบหมายให้ทำรายงาน

การมอบหมายให้ทำรายงาน พบในโรงเรียนเก่งกาจวิทยา 1 ครั้ง จากการสังเกต 10 ครั้ง และพบในโรงเรียนขยันศึกษา และโรงเรียนคล่องวิชา 1 ครั้งเท่ากัน จาก

การสังเกต 8 ครั้งและ 12 ครั้งตามลำดับ โดยครูมอบหมายให้นักเรียนทำรายงานเป็นกลุ่ม ในการศึกษาค้นคว้าเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนเพิ่มเติมจากที่ศึกษาในชั้นเรียน

2) การมอบหมายให้ปฏิบัติ

การมอบหมายให้ปฏิบัติ พบเฉพาะในโรงเรียนคล่องวิชา จำนวน 1 ครั้ง จากการสังเกต 12 ครั้ง โดยครูมอบหมายให้นักเรียนเพาะเมล็ดถั่วเขียว และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดพืชที่เกิดการงอก พร้อมกับจัดทำบันทึกการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดพืชมาส่งครู

2.4 เหตุผลที่ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

เหตุผลที่ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเรื่องต่างๆ เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ในการสอนวิทยาศาสตร์ และความต้องการพัฒนานักเรียนในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิตประจำวันและการเป็นนักวิทยาศาสตร์ และบางครั้งพบว่าครูไม่ได้ตระหนักว่าได้สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ตามรายละเอียดดังนี้

2.4.1 วัตถุประสงค์ในการสอนวิทยาศาสตร์

เหตุผลหนึ่งของการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มาจากการปฏิบัติตามวัตถุประสงค์ในการสอนวิทยาศาสตร์ของหลักสูตร โดยครูกิ่งแก้ว ซึ่งสอนโรงเรียนเก่งกาจวิทยา ครูคณิตา โรงเรียนคล่องวิชา และครูงามตาและครูเจริญซึ่งสอนในโรงเรียนเจริญปัญญา ต่างดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามวัตถุประสงค์ในการสอนวิทยาศาสตร์ของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2544 ซึ่งกำหนดสาระที่ 8 ให้มีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างไรก็ตาม การตั้งวัตถุประสงค์ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู พบว่ามีวัตถุประสงค์ของการสอนเฉพาะในด้าน วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งอยู่ในขอบข่ายของการแสวงหาความรู้เท่านั้น

ในส่วนของครูขวัญใจ แม้ว่าจะไม่มีการตั้งวัตถุประสงค์ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แต่ครูมีความเชื่อว่า การสอนวิทยาศาสตร์ ควรให้ความรู้ที่นักเรียนสามารถจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งอยู่ในขอบข่ายของกิจการทางวิทยาศาสตร์ด้านบุคคลทุกเพศ ทุกสัญชาติ ล้วนมีส่วยเกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน หรือการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ และเป็นส่วนหนึ่งของเป้าหมายการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2544 เช่นกัน

"การเรียนวิทยาศาสตร์ก็เพื่อนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน และเรียนเพื่อศึกษาต่อ ซึ่งในเนื้อหาก็มีอยู่แล้ว เช่น ใช้ไฟฟ้าอย่างไรให้ปลอดภัย และไฟฟ้าลัดวงจรคืออะไร"

ครูขวัญใจ, 2 มีนาคม 2548

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เหตุผลหนึ่งที่ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมีการตั้งเป้าหมายในการสอนเพื่อให้สอดคล้องกับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ แต่เนื่องจากครูยังขาดความเข้าใจในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การตั้งเป้าหมายในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จึงไม่ครอบคลุมขอบข่ายทั้งหมด

2.4.2 ความต้องการพัฒนานักเรียนในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิตประจำวันและการเป็นนักวิทยาศาสตร์

เหตุผลที่ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นอกจากเพื่อดำเนินการสอนตามที่หลักสูตรวิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2544 กำหนดแล้ว ครูยังมีความเห็นว่า การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ และการแสวงหาความรู้ จะเป็นการพัฒนาความรู้ ความสามารถ และคุณลักษณะซึ่งเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนทั้งในชีวิตประจำวัน ในการเรียน และการเป็นนักวิทยาศาสตร์ในอนาคต ทั้งนี้ เป้าหมายของการพัฒนานักเรียน ขึ้นอยู่กับระดับความสามารถของนักเรียน โดยครูมีความเห็นว่า สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถในระดับปานกลาง หรือ ระดับต่ำ การสอนวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องพัฒนาความรู้และความสามารถในการดำรงชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตได้ โดยเฉพาะการสอนกิจการทางวิทยาศาสตร์ด้านบุคคลทุกเพศ ทุกสัญชาติล้วนมีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ โดยการสอนเนื้อหาที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันนั้น เป็นการเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตประจำวัน ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตได้

"ชีวิตคนเราเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ตลอดเวลา ตื่นเช้ามาล้างหน้าแปรงฟัน ก็ใช้วิทยาศาสตร์แล้ว ยาสีฟัน ไง จะแปรงผม หวีทำมาจากอะไร พลาสติก ใช้วิทยาศาสตร์หมด เด็กต้องรู้ว่าชีวิตเขาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ จะได้เอาไปใช้ประโยชน์ได้ อย่างเวลาเป็นแผล ก็ต้องใส่ยา จะได้ไปช่วยเม็ดเลือดขาวฆ่าเชื้อโรค เวลามีลูกจะเลี้ยงลูกยังไงให้ฉลาด ก็ต้องให้กินอาหารบำรุงสมองตั้งแต่อยู่ในท้อง เพราะสมองหยุดโตตอน 5 ขวบ เกี่ยวข้องกันหมดล่ะ"

ครูกิ่งแก้ว, 1 มีนาคม 2548

"นักเรียนจะได้ใช้ความรู้ในการดำรงชีวิต เช่น การสอนเรื่อง วิธีเลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้า นักเรียนจะได้ไม่เชื่อโฆษณามากเกินไป เวลาไปซื้อของจะได้ไม่ถูกหลอก เช่น เวลาไปซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้า บางทีเขาเอาเครื่องใช้ไฟฟ้าจากต่างประเทศมาขายถูกๆ แต่จริงๆใช้ในบ้านเราไม่ได้ เพราะความต่างศักย์ไม่ตรงกัน"

ครูขวัญใจ, 2 มีนาคม 2548

นอกจากกิจการทางวิทยาศาสตร์แล้ว ครูมีความเห็นว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ก็มีความสำคัญในชีวิตประจำวันของนักเรียนเช่นกัน ดังตัวอย่าง

"หากนักเรียนสามารถคิดได้มีเหตุผล คิดได้ถูกต้องก็จะไม่งมงาย ไม่ยึดถือไสยศาสตร์มากเกินไป เช่น นักเรียนบางคน เอาแต่บนบาลศาลกล่าว ไหว้ศาลพระภูมิ ขอให้สอบได้ แต่หนังสือไม่อ่าน ก็เป็นไปไม่ได้ที่จะสอบผ่าน"

ครูขวัญใจ, 2 มีนาคม 2548

"ในชีวิตการทำงาน เราไม่ได้ร่วมงานกับคนที่เราชอบเสมอไป แต่เราต้องสามารถทำงานร่วมกับทุกคนได้ และในการจัดกลุ่ม ครูจะจัดให้นักเรียนที่เก่งและไม่เก่งปนกัน นักเรียนที่เก่งจะได้ช่วยเพื่อนในการเรียน"

ครูเจริญ, 3 มีนาคม 2548

"ทักษะสังเกตเป็นทักษะสำคัญในชีวิตประจำวัน และเป็นลักษณะที่ดีของนักวิทยาศาสตร์ คือต้องช่างสังเกต มองดูรอบด้าน ละเอียด รอบคอบ ช่างคิด ช่างสงสัย สังเกตเห็นอะไรแล้วคิดว่าทำไมถึงเป็นอย่างนั้นอย่างนี้ ดังนั้นการสังเกตจึงเป็นพื้นฐานของการตั้งปัญหา ยิ่งถ้านักเรียนช่างสงสัย และคิดอย่างมีระบบด้วย ก็จะเกิดวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถใช้ได้ในชีวิตประจำวัน ไม่ใช่เฉพาะในห้องเรียน เนื่องจากชีวิตคนเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ตลอดเวลา ถ้าคนมีจิตเป็นนักวิทยาศาสตร์ก็ต้องช่างสังเกต"

ครูเจริญ, 3 มีนาคม 2548

นอกจากนี้ ครูยังเห็นว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นประโยชน์ในการเรียนของนักเรียน เช่น การสอนให้นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้ และการสอนทักษะการคำนวณ ดังตัวอย่าง

"การสนใจใฝ่รู้ รู้จักวิธีสืบค้นข้อมูล ทำให้นักเรียนสามารถรู้อะไรก็ได้ที่เขาอยากรู้ โดยเฉพาะสืบค้นทางอินเตอร์เน็ต ทั้งเร็วทั้งได้ข้อมูลเยอะ ต่อไปไม่ว่าเขาจะเรียนอะไรหรือทำอะไร ถ้าสืบค้นเป็นนะ จะเป็นประโยชน์มาก อยากรู้อะไร จะทำอย่างไร ก็เปิดอินเตอร์เน็ต"

ครูกิ่งแก้ว, 1 มีนาคม 2548

"การฝึกการคำนวณ ทำให้นักเรียนมีเหตุผล แก้ปัญหาเป็น ถ้าคำนวณเก่งก็แก้ปัญหาโจทย์วิทยาศาสตร์ได้"

ครูขวัญใจ, 2 มีนาคม 2548

นอกจากการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพื่อประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และในการเรียนของนักเรียนแล้ว ครูยังมีความเห็นว่าการสอนนักเรียนที่มีความสามารถระดับสูงนั้น การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านการแสวงหาความรู้ มีความสำคัญในการพัฒนาให้นักเรียนมีความ สามารถและคุณลักษณะในการเป็นนักวิทยาศาสตร์ ดังนี้

"การทดลองเป็นการฝึกให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าเป็นโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ สามารถเป็นนักวิทยาศาสตร์ได้ในอนาคต วิเคราะห์เป็น สื่อความได้ คล่องแคล่วในการทำงาน ทำงานเป็นทีม มีความเป็นนักวิทยาศาสตร์ ละเอียดรอบคอบ รู้จักรักษาสิ่งแวดล้อม ที่สำคัญคือ คิดเป็น แก้ปัญหาเป็น"

ครูงามตา, 3 มีนาคม 2548

2.4.3 การสอนโดยที่ครูไม่ตระหนักว่าได้สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

บางครั้ง ครูไม่ตระหนักว่าได้สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แต่จากพฤติกรรมการสอนของครูได้สื่อถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์บางประการโดยไม่ตั้งใจ โดยเฉพาะการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น พบว่า เป็นผลมาจากความต้องการพัฒนานักเรียนในด้านอื่น ดังนี้

การสอนลักษณะของความรู้ ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทดลองได้และต้องได้รับการพิสูจน์ ของครูงามตาซึ่งสอนโดยกล่าวว่า จอร์จ ซิมมอนส์ โอห์ม ต้องทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ความรู้อยู่หลายครั้งก่อนจะได้รับความเชื่อถือจนเป็นกฎของโอห์มนั้น ครูมีเหตุผลในการสอนเนื่องจากต้องการพัฒนานักเรียนในเรื่องทักษะการทดลอง เพื่อให้นักเรียนทราบว่าในการทดลองควรทำการซ้ำ เพื่อให้ผลการทดลองแน่นอน จึงจะสรุปผลการทดลอง

"ต้องการที่จะให้นักเรียนมีลักษณะเป็นนักวิทยาศาสตร์อย่างหนึ่งคือการที่เราจะพิสูจน์หรือหาข้อเท็จจริงอะไรสักอย่างหนึ่ง จะต้องทำซ้ำแล้วซ้ำอีก แล้วนำผลนั้นมาเป็นค่าเฉลี่ยหรือเอาผลมาเป็นข้อสรุป คือต้องการให้นักเรียนรู้ว่าเราจะสรุปอะไร จะต้องไม่สรุปแค่เพียงผิวเผิน ไม่ใช่ว่าทดลอง 3 ครั้งแล้วสรุปได้ ตามหลักวิทยาศาสตร์แล้วเราจะต้องทำซ้ำจนได้ผลออกมาเหมือนกัน ตรงกัน จึงจะเป็นข้อสรุปได้ ต้องการให้นักเรียนได้ตรงนี้"

ครูงามตา, 3 มีนาคม 2548

ในทำนองเดียวกัน การที่ครูขวัญใจ และครูคณิตา สอนลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านการเป็นความจริงชั่วคราวโดยการเล่าเรื่องประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ต่างก็มีเหตุผลในการสอนว่า เป็นการต้องการให้นักเรียนมีความสนใจที่จะสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม อยู่เสมอ เนื่องจากความรู้ที่มีในปัจจุบันอาจเปลี่ยนแปลงได้

"ทำให้นักเรียนรู้ว่ามีเครื่องมือใหม่ๆ และการศึกษาค้นคว้าใหม่ๆ ซึ่งทำให้ค้นพบข้อมูลดวงจันทร์เพิ่มขึ้น เพื่อนักเรียนจะได้ไปค้นคว้าเพิ่มเติม ในเว็บไซต์ของ NASA เพื่อให้รู้ข้อมูลที่ทันสมัย"

ครูขวัญใจ, 2 มีนาคม 2548

"ให้นักเรียนได้รู้จักคิดเองได้ สามารถนำข้อมูลเดิมมาคิด พัฒนาให้ก้าวหน้าขึ้นนี่คือส่วนดีของการเรียนวิทยาศาสตร์ รู้จักหาข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อจะได้มีแรงบันดาลใจในการสืบค้นต่อ"

ครูคณิตา, 4 มีนาคม 2548

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เช่นเดียวกับที่ครูเจริญสอนลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องมีกฎเกณฑ์เฉพาะ คือ เชื่อถือในหลักเหตุผลและระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์นั้น เป็นผลมาจากความต้องการพัฒนาคุณลักษณะของนักเรียนให้เป็นผู้มีเหตุผล

"การมีเหตุผลเป็นสิ่งที่สำคัญ ไม่ว่าจะคิดจะทำอะไรต้องใช้เหตุผลวิเคราะห์ ไม่ใช่ใช้อารมณ์ในการแก้ปัญหา"

ครูเจริญ, 3 มีนาคม 2548

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการโดยใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงบรรยาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ตามสาระที่ 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในช่วงชั้นที่ 3 ของ ครูวิทยาศาสตร์ กรุงเทพมหานคร ซึ่งประกอบด้วยธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ ลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างการศึกษา คือ ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 3 โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 5 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสังเกตการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบกึ่งโครงสร้าง เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสังเกตการดำเนินการจัดการเรียนการสอนของครูทั้ง 5 ท่านในห้องเรียนด้วยตนเอง พร้อมบันทึกพฤติกรรมที่เกิดขึ้น โดยดำเนินการสังเกตสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 2 คาบ รวมการสังเกตทั้งหมด 38 ครั้ง และทำการสัมภาษณ์หลังการสังเกต การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจัดกลุ่มข้อมูล และวิเคราะห์หาความเชื่อมโยงของกลุ่มข้อมูล และนำเสนอด้วยความเรียง

ผลการศึกษา

การศึกษาการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสรุปผลการศึกษาโดยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

1. สาระในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู
2. วิธีการที่ครูใช้ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
3. เหตุผลที่ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

1. สาระในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู มีครบทั้งสามด้าน โดยธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ครูสอนมากที่สุด คือ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ส่วนกิจการทางวิทยาศาสตร์ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการพบจำนวนน้อย โดยสาระในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู ในแต่ละด้านสามารถสรุปได้ดังนี้

1.1 สาระด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการสอนของครูได้แก่ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ พบว่าครูสอน วิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยเน้นในขั้นทำการทดลอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลอง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่พบมาก ได้แก่ ทักษะสังเกต ทักษะทดลอง ทักษะตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะการวัด ทักษะการใช้เลขจำนวน และทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ตามลำดับ และทักษะที่พบว่ามีการสอนเพียง 1-2 ครั้ง ได้แก่ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการพยากรณ์ และทักษะการตั้งสมมติฐาน จิตวิทยาศาสตร์ที่พบว่ามีการสอนมากที่สุด คือ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ รองลงมาคือ ความสนใจใฝ่รู้ ความละเอียดรอบคอบ ความมีเหตุผล และการร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ตามลำดับ และจิตวิทยาศาสตร์ที่พบว่ามีการสอนเพียง 1-2 ครั้ง ได้แก่ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ และความประหยัด

1.2 สาระด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ ในการสอนของครูพบเฉพาะกิจการทางวิทยาศาสตร์ด้าน บุคคลทุกคน ไม่ว่าเพศใดสัญชาติใด ก็มีส่วนร่วมในการดำเนินงานและการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

1.3 สาระด้านลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการสอนของครู ได้แก่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีกฎเกณฑ์เฉพาะคือยึดถือหลักเหตุผลและระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทดสอบได้และจำเป็นต้องได้รับการพิสูจน์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความจริงชั่วคราว และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่เกี่ยวข้องกับความผิดชอบชั่วดี

2. วิธีการที่ครูใช้ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การบรรยาย การแนะนำแหล่งเรียนรู้ และให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง การทดลอง และการมอบหมายงาน ซึ่งครูมักใช้หลากหลายวิธีการสอนร่วมกัน โดยสามารถสรุปวิธีการสอนแต่ละประเภทได้ดังนี้

2.1 วิธีการบรรยาย เป็นวิธีการที่ใช้ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งในด้านลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ ลักษณะการบรรยายของครู มีทั้งการบรรยายเป็นหลัก และการบรรยายประกอบการให้ลงมือปฏิบัติ

2.2 วิธีการแนะนำให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเองเป็นการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เฉพาะด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยลักษณะของการแนะนำให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเองมีทั้งการแนะนำแหล่งศึกษาค้นคว้า และการแนะนำวิธีการเรียนรู้

2.3 วิธีการทดลอง เป็นวิธีการที่ใช้ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยทั้งวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ และยังแสดงถึงลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านการมีกฎเกณฑ์เฉพาะ คือยึดถือในหลักเหตุผลและระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และลักษณะของความรู้ด้านสามารถทดสอบได้ และจำเป็นต้องได้รับการพิสูจน์ โดยลักษณะของการสอนด้วยวิธีการทดลองของครูทุกโรงเรียนมีลักษณะเหมือนกันคือ ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง และให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม แต่มีความแตกต่างกันในเรื่องบทบาทในการสอนของครู ซึ่งพบว่าครูมีการสอนทั้งแบบมีบทบาทน้อย โดยการกำหนดเฉพาะหัวข้อ และอุปกรณ์การทดลอง จนถึงครูมีบทบาทมาก โดยการอธิบายวิธีการทดลองอย่างละเอียด และเป็นผู้สรุปผลการทดลองให้นักเรียน

2.4 วิธีการมอบหมายงานเป็นการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เฉพาะด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยลักษณะของการมอบหมายงานมีทั้งการให้นักเรียนทำรายงาน เพื่อศึกษาค้นคว้าเนื้อหาสาระเพิ่มเติมจากบทเรียนที่เรียนในชั้นเรียน และการมอบหมายงานให้นักเรียนทำรายงานการสังเกต

3. เหตุผลที่ครูสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ได้แก่ วัตถุประสงค์ในการสอนวิทยาศาสตร์ และความต้องการพัฒนานักเรียนในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิตประจำวันและการเป็นนักวิทยาศาสตร์ และพบว่าบางครั้งครูไม่ตระหนักว่าได้สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

อภิปรายผลการศึกษา

ในการวิจัยเรื่อง การศึกษาการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้อภิปรายผลการศึกษา ดังนี้

1. **สาระในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู**

จากผลการศึกษาที่พบว่า ครูมีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเรื่อง การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด และพบว่า ถึงแม้จะมีการสอนกิจการทางวิทยาศาสตร์ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์แต่พบได้น้อยครั้ง และไม่ชัดเจน

การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีการสอนมากที่สุดเนื่องจาก ครูมีการสอนด้วยวิธีการทดลอง โดยเฉพาะในโรงเรียนเจริญปัญญา ซึ่งสอนด้วยวิธีการทดลองทุกคาบการเรียนการสอน ยกเว้น 1 คาบเป็นการทบทวนความรู้ก่อนการสอบปลายภาค ในขณะที่โรงเรียนขยันศึกษา และโรงเรียนคล่องวิชามีการสอนด้วยวิธีการทดลองเพียง 1 ครั้งเท่านั้น และไม่พบการสอนด้วยวิธีการทดลองในโรงเรียนคล่องวิชา แต่อย่างไรก็ตาม ครูยังมีการสอนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการอื่น เช่น การบรรยาย

จากการสัมภาษณ์ครูทำให้พบว่า เหตุผลที่ครูให้ความสำคัญต่อการสอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องมาจากหลักสูตรวิทยาศาสตร์มีการกำหนดเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่เน้นความสำคัญของการพัฒนาให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ดังนี้

(ข้อ 3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(ข้อ 4) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

(ข้อ 7) เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

(สสวท., 2546: 4)

ด้วนเหตุนี้จึงทำให้ครูตั้งเป้าหมายในการสอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ดังกล่าว โดยเฉพาะในโรงเรียนเจริญปัญญานั้น เน้นความสำคัญของการแสวงหาความรู้เป็นเป้าหมายหลักในการเรียนการสอน จึงมีการจัดกิจกรรมการทดลองสอดแทรกในเนื้อหาบทเรียนทุกบท และให้นักเรียนทำการทดลองจนได้ข้อสรุปที่เป็นเนื้อหาความรู้ตามบทเรียน

วิธีการสอนของครูโรงเรียนเจริญปัญญานี้ สอดคล้องกับหลักการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนของ Akerson et.al.(2000) ซึ่งกล่าวว่า กระบวนการสร้างบทเรียนที่ชัดเจนคือ การตั้งเป้าหมายในการสอนไว้ล่วงหน้า ว่าจะสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเรื่องใด แล้วจึงใช้วิธีการสอนและกิจกรรมต่างๆเป็นเครื่องมือเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ธรรมชาติ

ของวิทยาศาสตร์ตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ นอกจากนี้ การสอนด้วยวิธีการทดลองของครูเจริญปัญญายังเป็นการสอดแทรกกิจกรรมการทดลองให้สอดคล้องกับบทเรียน ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำในการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของ Schwartz and Lederman (2001) ที่กล่าวว่า การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควรสอดแทรกลงในสาระวิทยาศาสตร์เดิมที่ครูเคยสอนเนื่องจากจะช่วยเชื่อมโยงความสอดคล้องระหว่างธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และสาระทั่วไป และทำให้สาระนั้นมีความสมบูรณ์มากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้ครูไม่ต้องเพิ่มภาระงานจากบทเรียนที่เพิ่มขึ้น

นอกจากครูได้สอนการแสวงหาความรู้ตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรแล้ว ยังพบว่าบทเรียนยังเอื้อต่อการสอนด้วยกิจกรรมการทดลอง จากที่พบว่าโรงเรียนเจริญปัญญามีการสอนการทดลองเรื่อง ไฟฟ้า และ แรงและการเคลื่อนที่ ในขณะที่ โรงเรียนขยันศึกษามีบทเรียนที่สอนด้วยการทดลองน้อยกว่า คือ เฉพาะเรื่อง ไฟฟ้า ส่วนโรงเรียนเก่งกาจวิทยา และโรงเรียนคล่องวิชาไม่มีการสอนบทเรียนในเรื่องดังกล่าว แต่ส่วนใหญ่เป็นบทเรียนเกี่ยวกับ โครงสร้าง และระบบการทำงานของสิ่งมีชีวิต ซึ่งไม่เอื้อต่อการสอนด้วยกิจกรรมการทดลอง ดังนั้นจึงทำให้ภาพของการสอนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนเจริญปัญญามีความชัดเจนกว่าโรงเรียนอื่น

ในขณะเดียวกัน จากการศึกษาพบว่า ครูมีการสอนกิจการทางวิทยาศาสตร์ และลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์น้อยกว่าการแสวงหาความรู้มาก โดยการสอนกิจการทางวิทยาศาสตร์พบว่ามีการสอนเฉพาะในเรื่อง *บุคคลทุกคนไม่ว่าเพศใดสัญชาติใด ก็มีส่วนร่วมในการดำเนินงาน และการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้* ซึ่งครูสอนโดยการบรรยายเนื้อหาสาระที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และบอกให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ และมีการสอนลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์เฉพาะในด้าน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีกฎเกณฑ์เฉพาะคือยึดถือหลักเหตุผลและระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทดสอบได้และจำเป็นต้องได้รับการพิสูจน์ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความจริงชั่วคราว โดยส่วนใหญ่เป็นการสอนโดยครูไม่ตระหนักว่าได้สอนประเด็นดังกล่าว

เมื่อพิจารณาแล้วพบว่า ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ 2 ด้านนี้ ไม่ปรากฏชัดเจนในเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของหลักสูตร เท่ากับการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีเป้าหมาย 2 ข้อที่สอดคล้องกับกิจการทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

(ข้อ 5) เพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อม ในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

(ข้อ 6) เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

(สสวท., 2546: 4)

จากเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของหลักสูตรดังกล่าวยังไม่ครอบคลุมของข่ายของกิจการทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด และไม่พบว่า มีเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในข้อใดที่กำหนดให้มีการสอนลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน ซึ่งอาจเป็นเหตุให้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งสองด้านนี้ไม่ถูกเน้นความสำคัญในการเรียนการสอน

2. **วิธีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์**

จากผลการศึกษาพบว่า ส่วนใหญ่ครูใช้วิธีการบรรยาย ซึ่งมีทั้งการบรรยายเป็นหลัก และการบรรยายประกอบการให้ลงมือปฏิบัติ และพบว่าครูใช้วิธีการบรรยายในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในทุกๆด้าน แม้กระทั่งการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต ซึ่งครูสอนโดยการกำหนดสิ่งที่ต้องการให้นักเรียนสังเกต พร้อมกับอธิบายเนื้อหาสาระตามบทเรียน ซึ่งวิธีการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการบรรยายนี้ ไม่สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของ Wellington (2000) ซึ่งกล่าวว่า การให้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ควรให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และเนื่องจากในการฝึกการสังเกต ครูเป็นผู้กำหนดสิ่งที่ต้องการให้นักเรียนสังเกต ซึ่ง อาจเป็นการจำกัดการสังเกตของนักเรียน ให้สังเกตเฉพาะสิ่งที่ครูกำหนด และละเลยข้อมูลอื่นที่นักเรียนอาจสังเกตได้ด้วยตนเอง ดังนั้น การให้นักเรียนฝึกทักษะสังเกตโดยการสอนแบบบรรยาย จึงยังไม่สามารถพัฒนานักเรียนให้มีทักษะสังเกตเพื่อรวบรวมข้อมูลจากประสาทสัมผัสให้มากที่สุดได้

นอกจากนี้ครูยังใช้วิธีการบรรยายในการสอนลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยการเล่าเรื่องประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแสดงให้ลักษณะซึ่งเป็นความจริงชั่วคราวของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยการเล่าเรื่องเกี่ยวกับประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับ แนวทางการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วยประวัติวิทยาศาสตร์ของ Matthews(1994) ซึ่งกล่าวว่า การเล่าเรื่องราวในประวัติศาสตร์ หรือประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จำเป็นต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการช่วยให้เกิดความเข้าใจในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ พัฒนาการของความรู้ ชีวิตและยุค

สมัยของนักวิทยาศาสตร์ และช่วยลบล้างความคิดที่ว่า วิทยาศาสตร์เป็นวิธีการที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม การสอนโดยเล่าเรื่องราวประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการสอนที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวเท่านั้น และเป็นการแสดงให้เห็นเฉพาะพัฒนาการ หรือ ความเปลี่ยนแปลงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพียงประการเดียว โดยไม่มีการเน้นความสำคัญของข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ และบทบาทของสังคมและวัฒนธรรม ณ ช่วงเวลาขณะนั้น ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาทำให้พบว่า แม้ว่าครูจะใช้วิธีการบรรยายมากที่สุดในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แต่ตามจริงแล้วครูเชื่อว่า วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ที่ดีที่สุดคือ วิธีการทดลอง แต่เนื่องจากการสอนด้วยวิธีการทดลองต้องใช้เวลามาก ทั้งในเรื่องของการเตรียมการสอน และการให้เวลานักเรียนปฏิบัติการทดลอง ซึ่งปัจจุบันครูมีภาระงานทั้งในด้านการสอนและงานบริหาร และครูบางท่านรับผิดชอบการสอนนักเรียนหลายระดับชั้น ทำให้ไม่มีเวลาในการเตรียมการสอนประกอบกับกิจกรรมโรงเรียนที่บางครั้งตรงกับคาบการสอน

ในส่วนของการสอนด้วยวิธีการทดลอง ซึ่งเป็นวิธีการที่ครูใช้ในการสอนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น ส่วนใหญ่ครูสอนด้วยการให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้อภิปรายผลการทดลองของนักเรียน และอธิบายเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้ผลการทดลองของนักเรียนไม่เป็นไปตามทฤษฎี สอดคล้องกับที่ Wellington (2000) กล่าวว่า การปฏิบัติการทดลอง เป็นวิธีการที่ดีในการให้นักเรียนได้สร้างรูปแบบเชิงวิทยาศาสตร์ในการอธิบายหรือทำนาย เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเมื่อบางกรณีที่ผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี ครูยังสามารถสอนให้นักเรียนรู้จักวิพากษ์วิจารณ์เพื่อประเมินการทดลองและหาสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาด และยังสามารถชี้ให้เห็นความสำคัญของการทดสอบซ้ำในการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่อย่างไรก็ตาม การสอนของครูยังขาดขั้นตอนในการให้นักเรียนวิพากษ์วิจารณ์ เพื่อประเมินการทดลองของตนเอง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. การนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การพัฒนาครู

จากการศึกษาพบว่า ครูยังมีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เฉพาะบางด้าน ไม่ครอบคลุมขอบข่ายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งหมด โดยเฉพาะในด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ และลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งพบในการสอนของครูค่อนข้างน้อย นอกจากนี้วิธีการที่ครูใช้ในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ยังไม่เหมาะสม ดังนั้น กระทรวงศึกษาธิการ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จึงควรมีการวางแผนเพื่อพัฒนาครูให้มีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ วิธีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และทราบถึงความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้น ซึ่งรูปแบบการพัฒนาครูอาจอยู่ในรูปของการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ การพัฒนาโปรแกรมการเรียนสำหรับนักศึกษาฝึกหัดครู หรือการวิจัยเพื่อสร้างโมเดลการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้ครู และทำให้ครูสามารถสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ในการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ครูควรคำนึงถึงความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ในการช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจในขอบเขต และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ อันจะส่งผลต่อ การประเมินความน่าเชื่อถือ หรือข้อสรุปที่ได้จากการทดลองทางวิทยาศาสตร์ และการดำเนินงาน หรือการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อย่างมีจริยธรรม และในการเตรียมการสอนแต่ละครั้ง ควรมีเป้าหมายในการสอน ว่าต้องการพัฒนาให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเรื่องใด โดยไม่จำเป็นต้องแยกส่วนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ออกจากเนื้อหาสาระของบทเรียนปกติ ซึ่งนอกจากครูจะไม่ต้องเพิ่มภาระการสอนให้มากขึ้นแล้ว จะช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้ากับเนื้อหาสาระที่เรียนได้ โดยวิธีการที่ครูอาจนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี เช่น การอภิปราย การอ่าน ฟัง และชมรายการเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ การเล่นละคร และบทบาทสมมติ เป็นต้น นอกจากนี้ควรมีการประเมินผลความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยอาจจัดกิจกรรมการอภิปราย หรือใช้แบบสอบปลายเปิด

2. **การทำวิจัยครั้งต่อไป**

นอกจากการศึกษาการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นแล้ว การวิจัยนี้ยังสามารถศึกษาการจัดการเรียนการสอนในช่วงชั้นอื่น เพื่อให้เห็นภาพการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กนกศักดิ์ ทองตั้ง. 2528. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. 2518. หลักสูตรประโยคมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2518. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. 2530. หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. 2533. หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 ฉบับปรับปรุง พ. ศ. 2533. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. 2524. หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. 2533. หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 ฉบับปรับปรุง พ. ศ. 2533. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. 2544. หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.).

กันยา สุทธินิเทศก์. 2527. ความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์และทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เจริญ ศรีเพชรพงษ์. 2531. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจลักษณะขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการตั้งคำถามตามแนวคิดแบบสืบสอบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดารารัตน์ ศรีอุดร. 2541. การศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของครูชีววิทยาในเขตการศึกษา 9. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์พลศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. 2545. พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

ภพ เลาหไพบูลย์. 2537. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

ยุพดี เส้นขาว. 2532. ความสัมพันธ์ระหว่างความสนใจในวิทยาศาสตร์กับความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของความรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วนาภรณ์ ลิ่มศิลา. 2529. การศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และ พิมพันธ์ เดชะคุปต์. 2542. การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วลัยรัตน์ องค์ศิริมงคล. 2533. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับเจตคติทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วราศิริ วงศ์สุนทร. 2543. การเรียนรู้อย่างมีความสุข: การวิจัยรายกรณี ครูต้นแบบด้านการเรียนการสอนวิชาภาษาไทย ระดับชั้นประถมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีระชาติ สวนไพรินทร์. 2531. การสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร:โครงการตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวัฒน์ นิยมค้า. 2531. ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้. กรุงเทพมหานคร: บริษัทเจเนอรัลบุ๊คส์ เซนเตอร์ จำกัด.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], กระทรวงศึกษาธิการ. 2545. มาตรฐานครูวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

อัจฉรา แก้วมณี. 2540. การศึกษาประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดรุณาราชบุรี. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ ประสานมิตร.

ภาษาอังกฤษ

Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F., and Lederman, N. G. 2000. Influence of a Reflective Explicit Activity-Based Approach on Elementary Teachers' Conceptions of Nature of Science. Journal of Research in Science Teaching 37(4): 295-317.

Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., and Lederman, N. G. 1998. The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural natural. Science Education 82(4): 417-436.

American Association for the Advancement of Science [AAAS]. 1992. Science for All Americans. New York: Oxford University Press.

Bartholomew, H., Osborne, J., and Ratcliffe, M. 2002. Teaching the Nature of Science in Schools: what makes a lesson effective?. the Annual Meeting of the British Educational Research Association Annual Conference (2002): 1-19.

Behnke, F. L. 1961. Reactions of Scientists and Science teachers to Statements Bearing on Certain aspects of Science and Science Teaching. School Science and Mathematics 61(2): 193-207.

Bianchini, J. A., and Colburn A. 2000. Teaching the Nature of Science Through Inquiry to Prospective Elementary Teachers: A Tale of Two Researchers. Journal of Research in Science Teaching. 37(2): 177-209.

Billeh, V. Y., and Malik M. H. 1977. Development and Application of a Test on Understanding the Nature of Science. Science Education 61(10): 559-571.

Billeh, V. Y., and Hasan, O. E. 1975. Factors Affecting Teacher's Gain in Understanding the Nature of Science. Journal of Research in Science Teaching 12(5): 209-219.

Carey, R. L., and Stauss, N. G. 1968. An analysis of the Understanding of the Nature of Science by Prospective Secondary Science Teachers. Science Education 52(4): 358-363.

Clough, M. P. 2000. Integrating the Nature of Science with Student Teaching Rationale and Strategies. In MaComas W. F. (ed.), The Nature of Science in Science Education, pp. 197-208. London: Kluwer Academic Publishers.

Collette, A. T., and Chiappetta, E. L. 1994. Science Instruction in the Middle and Secondary School. 3rd Edition. New York: Macmillan.

Cohen, G. H., Staley, A. F., and Horak, J. W. 1989. Teaching Science As a Decision Making Process. 2nd edition. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.

Eflin, J. T. 1998. The Nature of Science: A Perspective from the Philosophy of Science. Journal of Research in Science Teaching 36 (4): 108-116.

Hind, A., Leach, J., and Ryder, J. 2001. Teaching About the Nature of Scientific Knowledge and Investigation on AS/A Level Science Courses. Centre for Studies in Science and Mathematics Education.

Indiana University, 2003. Nature of Science Lessons [Online] Available from http://www.indiana.edu/~ensiweb/natsci.html. [2004Feb 29]

Irwin, A. R. 2000. Historical Case Studies: Teaching the Nature of Science in Context. Science Education 84 (1): 5-26.

Johnston, A. T., and Southerland, S. 2002. Conceptual ecologies and their influence onthe nature of science conceptions: More dazed and confused than ever. New Orleans: National Association for Research in Science Teaching.

Lawson, A. E. 1995. Science teaching and the Development of Thinking. California: International Thomson Publishing.

Lederman, N. G. 1992. Student's and Teacher's Conceptions of Science: A Review of the Research. Journal of Research in Science Teaching 29 (4): 331-353.

Lederman, N. G. 1999. Teachers' Understanding of the Nature of Science and Classroom Practice: Factors That Facilitate or Impede the Relationship. Journal of Research in Science Teaching. 36 (9): 916 – 929.

Lederman et.al. 2002. Views of Nature of Science Queationaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conception of Nature of Science. . Journal of Research in Science Teaching. 39(6): 497-518.

Lonsbury, J. G., and Ellis, J. D. 2002. Science History as a Means to Teach Nature of Science Concepts: Using the Development of Understanding Related to Mechanisms of Inheritance. Electronic Journal of Science Education 7(2)

Mackay, L. D. 1971. Development of Understanding About the Nature of Science. Journal of Research in Science Teaching 8(1): 57-66.

Mathews, M. R. 2003. The Nature of Science and Science Teaching. In B. J. Fraser, and K. G. Tobin (eds.), International Handbook of Science Education, pp.981-999. Great Britain: Kluwer Academic Publishers.

McComas, W. F., Clough, M. P. and Almazroa, H. 2000. The Role and Character of the Nature of Science in Science Education. In W. F. Mccomas (ed.), The Nature of Science in Science Education, pp. 3-39. London: Kluwer Academic Publishers.

McComas, W. F., and Olson, J. K. 2000. The Nature of Science in International Science Education Standards Documents. In W. F. Mccomas (ed.), The Nature of Science in Science Education, pp. 41-70. London: Kluwer Academic Publishers.

Smith, M. U., and Scharmann, L. C. 1999. Defining versus Describing the Nature of Science: A fragmatic Analysis for Classroom Teachers and Science Educators. Science Education 83: 493-509.

Schwartz, R. S., and Lederman, N. G. 2001. It's the Nature of the Beast: The Influence of Knowledge and Intentions on Learning and Teaching Nature of Science. Journal of Research in Science Teaching 39(3): 205-236.

Sund, R. B., and Trowbridge, L. W. 1967. Teaching Science by Inquiry in Secondary School. Ohio: Charles E. Merill Publishing.

Sorby, B. 2000. The irresistible rise of the NOS in Science Curricula. In J. Sears, and P. Sorensen (ed.), Science Teacher, pp. 23-30. London: Routladge Falmer.

Bartholomew, H., Osborne, J., and Ratcliffe, M. 2002. Teaching the Nature of Science: What makes a lesson effective?.

Thurber, W. A., and Collete, A. T. 1964. Teaching Science in Today's Secondary Schools. 2d ed. Bostin: Allyn and Bacon,Inc.

Wellington, J. 2000. Teaching and Learning Secondary Science Contemporary and Practical approaches. New York: Routledge.

Windale, M. 2004. Teachinng about Ideas and Evidence in Science. Cooperative Research Network Workshop, pp. 8-220. 13-17 December, Srinakharinwirot University, Bangkok, Thailand.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แนวทางการสังเกตการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

โรงเรียน.....ผู้สอน.....วิชา.....

วัน/เดือน/ปี.....ช่วงเวลาที่สังเกต.....จำนวนนักเรียน.....

กระบวนการจัดการเรียนการสอน

พฤติกรรมครู	พฤติกรรมนักเรียน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แนวทางการสัมภาษณ์ครูวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

1. การสอนนักเรียนว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชื่อถือในหลักเหตุผล มีประโยชน์อย่างไร
2. การให้นักเรียนใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์จนสรุปความรู้ได้ด้วยตนเอง เป็นการพัฒนานักเรียนในด้านใดบ้าง
3. เมื่อเปรียบเทียบการให้นักเรียนทำการทดลองที่ครูเป็นผู้กำหนดเฉพาะประเด็นศึกษา และการทดลองที่ครูกำหนดวิธีการทดลอง และตารางบันทึกผลให้ การทดลองทั้ง 2 แบบ ช่วยพัฒนานักเรียนได้แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
4. การให้นักเรียนฝึกทักษะสังเกตด้วยตนเองในการทดลองมีประโยชน์อย่างไร
5. การสอนเกี่ยวกับการเลือกใช้เครื่องมือวัด วิธีการวัด และความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัด เป็นการพัฒนานักเรียนในด้านใด
6. การสอนเกี่ยวกับการคำนวณ เป็นประโยชน์ต่อนักเรียนอย่างไร
7. การให้นักเรียนฝึกบันทึกผลการทดลองในตารางที่ครูกำหนด มีประโยชน์อย่างไร
8. การตั้งคำถามเกี่ยวกับตัวแปรจะช่วยพัฒนานักเรียนในด้านใด
9. การสอนด้วยวิธรการทดลองจะเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนอย่างไร
10. การให้นักเรียนสรุปข้อมูลการทดลองด้วยตนเองก่อนที่ครูสรุปเป็นประโยชน์อย่างไร
11. การเตือนให้นักเรียนมีความละเอียดรอบคอบในการทดลองมีประโยชน์อย่างไร
12. การบอกให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองตามความเป็นจริงจะช่วยพัฒนานักเรียนในด้านใด
13. การให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น และตั้งใจฟังความคิดเห็นของเพื่อนในการอภิปรายผลการทดลองเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนอย่างไร
14. การที่อาจารย์ตั้งคำถามเกี่ยวกับสาเหตุของสิ่งต่างๆ และให้นักเรียนใช้หลักเหตุผลในการตอบคำถามโดยไม่ต้องกังวลกับความถูกผิด จะช่วยพัฒนานักเรียนในด้านใด
15. การให้นักเรียนทำการทดลองเป็นกลุ่ม จะช่วยพัฒนานักเรียนในด้านใด

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวปริณดา ลิมปานนท์ เกิดเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2524 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาครุศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์) วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป-เคมี จากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีพ.ศ. 2544 และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชา หลักสูตร การสอน และเทคโนโลยีการศึกษา ในปีพ.ศ. 2545

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย