ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์ศึกษา — **สาขา**

การศึกษา — **ภาควิชา**

เรื่อง การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง

The Development of Grade 9 Students' Understanding of Nature of Science and Conceptions of Electricity by Explicit Approach

นามผู้วิจัย นางสาวลลิตา มัณยานนท์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เฉลิมพล กาญจนวรินทร์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิกร สุมาลี, ศษ.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง

The Development of Grade 9 Students' Understanding of Nature of Science and Conceptions of Electricity by Explicit Approach

โดย

นางสาวลลิตา มัณยานนท์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต(วิทยาศาสตร์ศึกษา)
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลลิตา มัณยานนท์ 2557: การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, ปร.ด. 253 หน้า

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติในชั้นเรียนการมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งต่อการพัฒนาแนวคิดในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้าและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 และศึกษาแนวปฏิบัติการสอนที่ดีในการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวโดยเก็บข้อมูลกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 ห้อง (43 คน) ของโรงเรียนเอกชนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ของครู อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าและแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดแนวคิดโดยเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนกับเกณฑ์ 60% และประเมินการพัฒนาการเรียนรู้นักเรียนรายบุคคลโดยหาคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ ด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์วิเคราะห์ข้อมูลโดยการจัดกลุ่มคำตอบและแปลงคะแนนหาคะแนนเฉลี่ยและคะแนนพัฒนาสัมพัทธ์เป็นรายบุคคล ในส่วนของการหาแนวปฏิบัติที่ดีวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์แบบอุปนัย

ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งสามารถพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องพลังงานไฟฟ้าได้ทุกแนวคิด โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนผ่านเกณฑ์ (61.28%) นักเรียนทุกคนมีพัฒนาการแนวคิด ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง (34.88%) ส่วนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาได้ในทุกประเด็นโดยเฉพาะประเด็นการตั้งอยู่บนประจักษ์พยานและหลักฐาน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ และประเด็นความคิดสร้างสรรค์ โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (62.77%) ทุกคนมีพัฒนาการส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง (44.18%) สำหรับแนวปฏิบัติที่ดีพบว่าการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลโดยควรใช้สื่อการสอนและจัดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ที่หลากหลายเพื่อเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจนและไม่มากประเด็นจนเกินไป นอกจากนั้นควรมีการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเชื่อมโยงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ดี

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lalita Manyanont 2014: The Development of Grade 9 Students' Understanding of Nature of Science and Conceptions of Electricity by Explicit Approach. Master of Education (Science Education), Major Field: Science Education, Department of Education. Thesis Advisor: Assistant Professor Pongprapan Pongsopon, Ph.D. 253 pages.

The aim of this action research was to study the effects of Explicit Approach on grade 9 students' conceptions in Electricity Unit and the understanding of NOS and study a good practice of Explicit Approach. The participants were a classroom of 43 students from a large-sized private school in Samutprakarn. The research tools consisted of teacher reflective journals, student reflective journals, Electricity Concept Test and View of Nature of Science Questionnaire. To analyze student conceptions, the posttest scores were compared with 60% criteria. Relative gain scores were also calculated to determine the extent of change in their ideas. Student's written responses in respect to NOS were categorized and transformed into scores so mean and relative gain scores could be calculated. To synthesize the best practice, the critical points and patterns in student reflective journal and teacher reflective journals data were discerned using inductive analysis.

The results showed that Explicit Approach can improve all concepts of Electricity, All students have developed conceptual understanding; most in moderate level (34.88%). The student's understanding of NOS was also improved in all aspects especially empirical basis tentativeness and creativity. The average posttest score exceeded the cutting critical (62.77%) All students had the development in their understanding of NOS, most at moderate level (44.18%). A good practice of Explicit Approach in teaching the unit of Electricity in terms of effectiveness and efficiency can be characterized as follows. The learning process should have various teaching materials and inquiry-based activities in order to effectively reflect the aspects of NOS. In each activity, there should not have too many aspects of NOS. Moreover, historical case studies should be also included.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงยิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิมพล กาญจนวรินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา ประธานสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา และกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง ประธานการสอบและ ดร. สุทธิดา จำรัส ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่กรุณาให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการทำวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณ นายนัฐพงษ์ ฤทธิโชติและนางสาวเพ็ญประภา เอี่ยมเพชร เพื่อนร่วมรุ่นและครูผู้วิจัยด้านการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ในการจัดกลุ่มคำตอบแบบวัดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนร่วมกัน

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียน คณะผู้บริหารโรงเรียน หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่ให้คำชี้แนะและขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ศึกษาและกลุ่มทดลองใช้เครื่องมือวิจัยที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา รวมถึงผู้เขียนตำรา เอกสาร บทความต่างๆ ที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าและนำมาอ้างอิงในงานวิจัยครั้งนี้และขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัวของข้าพเจ้าที่ส่งเสริมสนับสนุนการศึกษา การทำวิจัยตลอดหลักสูตรซึ่งเป็นแรงบันดาลใจที่จะพัฒนาการศึกษาในอาชีพครู

คุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ลลิตา มัณยานนท์
ตุลาคม 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง (3)

สารบัญภาพ (5)

บทที่ 1 บทนำ 1
- ความสำคัญของปัญหา 1
- คำถามการวิจัย 5
- วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5
- ขอบเขตการวิจัย 6
- นิยามศัพท์เฉพาะ 8

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 11
- แนวคิดวิทยาศาสตร์ 12
- ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 25
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 36

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 44
- บริบทโรงเรียนและการกำหนดกลุ่มที่ศึกษา 44
- รูปแบบการวิจัย 48
- เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 50
- การเก็บรวบรวมข้อมูล 61
- การวิเคราะห์ข้อมูล 62

บทที่ 4 ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์ 68
- ส่วนที่ 1 ผลของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งที่มีต่อแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า 68
- ส่วนที่ 2 ผลของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามกรอบแนวคิดของ Lederman 93
- ส่วนที่ 3 การนำไปใช้และการปฏิบัติการสอนที่ดีในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งที่ช่วยในการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 130

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 149
- สรุป 149
- ข้อเสนอแนะ 154

เอกสารและสิ่งอ้างอิง 157

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก 169
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 170
ภาคผนวก ข ตารางวิเคราะห์แบบวัดแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า 172
ภาคผนวก ค แบบวัดแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า 174
ภาคผนวก ง กรอบแนวคิดและแนวคิดคลาดเคลื่อน 187
ภาคผนวก จ แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 203
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างโครงการสอนระยะยาว 211
ภาคผนวก ช ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 223
ภาคผนวก ซ ตารางคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เป็นรายบุคคลของแนวคิด 247
ภาคผนวก ฌ ตารางคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เป็นรายบุคคลธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 250

ประวัติการศึกษา และการทำงาน 253

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 3	24
2	ตารางวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งและจำนวนคาบ	53
3	ตารางวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้และองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของ Lederman *et al.* (2002) จำนวน 8 ประเด็นและคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์	54
4	ตารางวิเคราะห์จุดประสงค์และจำนวนข้อสอบที่ใช้วัดแนวคิดเรื่องพลังงานไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผ่านการปรับปรุงแล้ว	56
5	ตารางแสดงจำนวนข้อของแบบวัดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (VNOS Form-C)	59
6	ค่าเฉลี่ย (μ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) คะแนนของแต่ละแนวคิดในเรื่อง พลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้	71
7	ความถี่และเปอร์เซ็นต์ของนักเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ 60%	73
8	ความถี่และเปอร์เซ็นต์ของนักเรียนที่มีพัฒนาการในระดับต่างๆ	74
9	ค่าเปอร์เซ็นต์และจำนวนของนักเรียนที่ไม่สามารถจัดกลุ่ม มีมุมมองไม่สอดคล้อง มีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยนและมีมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์และค่าเฉลี่ยคำตอบของแต่ละประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	94
10	ความถี่และเปอร์เซ็นต์ของนักเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ 60%	100
11	ความถี่และเปอร์เซ็นต์ของนักเรียนที่มีพัฒนาการในระดับต่างๆ	101

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	เปอร์เซ็นต์ตามตัวชี้วัดคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ตามจินตนาการของนักเรียน	124
13	แสดงจุดแข็ง จุดอ่อนและแนวทางการแก้ไขปัญหาในแต่ละแผน	131
ตารางผนวกที่		
1	แสดงการวิเคราะห์แบบวัดแนวคิด ดัชนีความยาก –ง่ายและค่าอำนาจจำแนก	173
2	แนวคิดวิทยาศาสตร์และแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่อง พลังงานไฟฟ้า	188
3	โครงการสอนระยะยาวการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า	212
4	คะแนนก่อนและหลังเรียน คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เป็นรายบุคคลของแนวคิด	248
5	คะแนนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียน และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ในเป็นรายบุคคลคะแนนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียน และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ในเป็นรายบุคคล	251

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงภาพอาคารเรียนที่ใช้สำหรับการเรียนการสอน	45
2	โครงสร้างห้องเรียนประจำของนักเรียน	46
3	แผนผังห้องเรียนประจำของนักเรียน	46
4	แผนผังห้องเรียนประจำของนักเรียน	47
5	แผนผังห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า	47
6	แสดงการดำเนินการวิจัย	62
7	กราฟแสดงค่าเฉลี่ย(μ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ของแต่ละแนวคิด	72
8	กราฟแสดงค่าอัตราส่วนค่าเฉลี่ยของแต่ละแนวคิด	73
9	นักเรียนช่วยกันตอบคำถามในใบกิจกรรมเมื่อมีข้อสงสัยนักเรียนจะยกมือขึ้นถาม	85
10	นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเรื่องวงจรลัด	85
11	วีดีทัศน์ เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี 1-2 ผลิตโดย Multimedia Makers Co.,Ltd.	86
12	วีดีทัศน์เรื่อง ไดนาโมกระแสตรงและกระแสสลับจาก TutorVista.com	83
13	โปรแกรม *PhET* เรื่อง Balloons and Static electricity	87
14	ภาพวงจรไฟฟ้าโดยใช้สัญลักษณ์แสดงวงจรอนุกรม-ขนาน	87

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
15	แสดงโครงสร้างอะตอมอย่างง่ายที่เป็นกลาง เป็นลบ และเป็นบวก	88
16	แสดงการเกิดประจุไฟฟ้าเมื่อนำลูกโป่งถูกับผ้าขนสัตว์	88
17	แสดงการวาดรูปแผนภาพวงจรไฟฟ้าในบ้านของนักเรียน	89
18	ใบกิจกรรมเรื่องวงจรลัดและฟิวส์	92
19	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นที่ 1-3 ได้แก่ (1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ (2) การตั้งอยู่บนประจักษ์พยานและหลักฐาน และ(3) ความเป็นอัตนัย	96
20	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นที่ 4-6 ได้แก่ (4) มิติทางสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (5) ทฤษฎีและกฎ และ(6) ความคิดสร้างสรรค์	97
21	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มขององค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นที่ 7และ 8 ได้แก่ (7)การสังเกตและการลงความเห็นข้อมูล คำถามที่ 6 และคำถามที่ 7 และ(8) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คำถามที่ 2 และคำถามที่ 3	98
22	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนและหลังเรียนของแต่ละองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ประเด็นที่ 1-8	99
23	แสดงวีดีทัศน์เรื่อง สุดยอดนักคิดพลิกโลก อาเลสซันโดร วอลตากับแบตเตอรี่	128
24	ตัวอย่างภาพวาดของนักเรียน (034) หลังเรียน	130

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ความรู้และความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการพัฒนาประเทศทำให้ประเทศมีความมั่นคงและมีเสถียรภาพ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ [สกศ.], 2544) นอกจากนี้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ยังเป็นพื้นฐานในการประกอบอาชีพและจำเป็นในการดำรงชีวิตประจำวัน วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์จึงเป็นวัฒนธรรมสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-base-Society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 92) เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ มีจิตวิทยาศาสตร์ มีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม ประเทศไทยได้มีการปฏิรูปการศึกษามาโดยตลอด ดังจะเห็นได้ว่า รัฐธรรมนูญ ฉบับ พ.ศ 2550 (ราชกิจจานุเบกษา, 2550) ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยระบุว่า “...รัฐต้องส่งเสริมให้มีการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมด้านต่าง ๆ...” ด้วยเหตุจำเป็นดังกล่าวการจัดการการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงกำหนดเป็นเป้าหมายของประเทศไทยคือพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy for all students)

ความเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์(Scientific literate persons) มีนักวิชาการและสถาบันต่างๆ ให้คำจำกัดความไว้หลากหลาย National Science Education Standard หรือ NSES (National Research Council [NRC], 1996) สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกานิยามว่าการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์หมายถึงบุคคลที่สามารถศึกษาค้นคว้า ลงความเห็น ตัดสินใจ ตอบคำถามจากข้อสงสัย อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้กล่าวคือบุคคลนั้นต้องสามารถอธิบาย บรรยายและทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ ที่เกิดขึ้น การเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ทำให้สามารถช่วยทำความเข้าใจในประเด็นที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสังคมและลงความเห็นเกี่ยวกับประเด็นนั้นได้อย่างถูกต้อง สำหรับประเทศไทยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 4) ได้ให้ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่าคือการมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆมีความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะขอบเขตและข้อจำกัดของความรู้ทาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์กิจการทางวิทยาศาสตร์รวมถึงความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิต การเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์นั้นจึงมีความหมายมากกว่าความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์แต่ต้องเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์นั้นมีขั้นตอนการทำงานอย่างไร มีขอบเขตและข้อจำกัดอย่างไรหรืออาจกล่าวได้ว่าต้องเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วย (Nature of Science) ดังนั้นการพัฒนาการศึกษาเพื่อให้บรรลุสู่เป้าหมายของการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องพัฒนาทั้งด้านแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รวมทั้งความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควบคู่กันไป (Lederman; Khiishfe and Abd El-Khalick, 2002; Schwartz, Lederman and Crawford, 2004; Crowther *et al*., 2005; Dass, 2005; Yip. 2006)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในประเทศไทยได้กำหนดการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไว้ในสาระการเรียนรู้ที่ 8 ในฐานะสาระบูรณาการซึ่งหมายถึงไม่ว่าจะสอนสาระวิทยาศาสตร์ใดๆ ในระดับชั้นใดต้องสอดแทรกและบูรณาการการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปด้วยโดยกำหนดเป็นมาตรฐานการเรียนรู้ไว้ว่า “...มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน...”

แม้ว่าเป้าหมายการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศไทยได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และได้เสนอแนะให้มีการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยบูรณาการเข้ากับเนื้อหาวิชา แต่จากการศึกษางานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาพบว่าผู้เรียนยังมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนและมีความเข้าใจไม่ครบในทุกประเด็นตามเป้าหมายของการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์ เช่น ผู้เรียนไม่เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับสังคมอย่างไรและทุกคนในสังคมมีส่วนร่วมในกิจการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร (Moss and Robb, 2001; Bell *et al*, 2003; สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2548) นอกจากนี้ยังพบว่าทั้งนักศึกษาและครูเองมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่เปลี่ยนแปลงและไม่เข้าใจว่าความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมีส่วนเกี่ยวข้องในการสร้างองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างไร (Lederman and O’Malley, 1990; Murcia and Schibeci, 1999; Abd–El-Khalick and Khishfe, 2002) และจากงานวิจัยในประเทศไทยยังพบว่านักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นที่เกี่ยวกับการแสวงหาความรู้วิทยาศาสตร์ กิจกรรมหรือการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และอิทธิพลของสังคมวัฒนธรรม (สุทธิดา จำรัส, 2552) และพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนทุกประเด็นและมีบางประเด็นที่คลาดเคลื่อนอย่างมาก เช่น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปลี่ยนแปลงได้ วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์และการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (กาญจนา มหาลี, 2553) ดังนั้นผู้เรียนจึงควรได้รับการส่งเสริมและพัฒนาความเข้าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยต้องมีการจัดการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการจัดการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ด้วย

ด้านการศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์มีนักการศึกษาหลายท่านที่ให้ความสนใจศึกษาแต่แนวคิดวิทยาศาสตร์หนึ่งที่สำคัญในสาขาวิชาฟิสิกส์ คือเรื่องไฟฟ้า ทั้งนี้เป็นเพราะไฟฟ้าเป็นแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ รวมทั้งยังเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆที่เราใช้ในชีวิตประจำวัน ดังนั้นความรู้ในเรื่องไฟฟ้าจึงเป็นความรู้ที่นักเรียนต้องเชื่อมโยงกับสิ่งที่เกิดขึ้นในธรรมชาติกับชีวิตประจำวันได้ ยกตัวอย่างเช่น ปรากฏการณ์ไฟฟ้าสถิต วงจรไฟฟ้า ไฟฟ้าลัดวงจรที่เป็นสาเหตุของไฟไหม้ที่เป็นข่าวเสมอๆ อันตรายจากการไฟรั่วและการป้องกัน การใช้อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ให้ถูกต้องอย่างประหยัดและคุ้มค่า นอกจากนี้ไฟฟ้ายังเป็นเนื้อหาวิชาที่ภาครัฐเห็นถึงความสำคัญจึงได้บรรจุให้นักเรียนได้รับการศึกษาตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษาจนกระทั่งถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รวมทั้งมีโครงการที่ช่วยส่งเสริมความรู้ที่เกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าและการประหยัดพลังงาน เช่น โครงการห้องเรียนสีเขียว เป็นต้น อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่านักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่อง ไฟฟ้า ที่คลาดเคลื่อน เช่น จากงานวิจัยของ ไกรรักษ์ โชติรัตน์ ,2537 ได้ศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ไฟฟ้า พบว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในทุกแนวคิดที่เกี่ยวกับไฟฟ้า ได้แก่แนวคิด พลังงานไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน การผลิตกระแสไฟฟ้า การวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า การต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้าในบ้าน อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น ส่วนงานวิจัยในต่างประเทศที่เกี่ยวกับแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่อง ไฟฟ้า มีนักการศึกษาหลายท่านที่ทำการศึกษาไว้ (Osborne, 1983; Cohen *et al*., 1982; Tiberghien, 1983; Shipstone, 1984; Shiptone *et al*., 1988; McDermott and Shafer, 1992; Lee and Law, 2001 อ้างใน Hüseyin and Sabri, 2007) โดยแนวคิดคลาดเคลื่อนที่พบได้บ่อยๆ ได้ในงานวิจัยได้แก่ (1) กระแสไฟฟ้าถูกใช้โดยเครื่องใช้ไฟฟ้า (2) กระแสไฟฟ้าออกจากขั้วทั้งสองของแบตเตอรี่แล้วมาพบกันหรือตัดกันที่หลอดไฟฟ้าทำให้หลอดไฟสว่าง (3) กระแสไฟฟ้าถูกแบ่งเท่าๆกันในแต่ละสาขาของวงจรขนาน (4) การเปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่งใดๆ ก่อนหน้าตำแหน่งของหลอดไฟจะมีผลต่อความสว่างของหลอดไฟยกเว้นการเปลี่ยนแปลงนั้นเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งหลังหลอดไฟ และ(4) แบตเตอรี่เป็นแหล่งกำเนิดกำเนิดไฟฟ้ากระแสคงที่ เป็นต้น แนวคิดคลาดเคลื่อนดังที่กล่าวมาได้ถูกนำไปศึกษากับนักเรียนในประเทศต่างๆ ในช่วงอายุที่ต่างกัน ซึ่งในที่สุด Shipstone *et al*. (1988) ได้ให้ข้อสรุปจากการค้นพบว่านักเรียนในประเทศแถบยุโรป 5 ประเทศมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าเหมือนกันสอดคล้องกับดังที่กล่าวมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับผู้วิจัยได้ปฏิบัติการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้ามาเป็นเวลา 3 ปี พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในเกณฑ์ไม่สูงมากทั้งนี้เมื่อดูจากคะแนนแบบทดสอบกลางภาคในปี 2555 ของนักเรียนที่เรียนเกี่ยวกับไฟฟ้า พบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนอยู่ที่ 10.09 คะแนน (คะแนนเต็ม 20 คะแนน) คิดเป็น 50.45% ของคะแนนเต็ม ส่วนในปีการศึกษา 2554 เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนเท่ากับ 50.60% เท่านั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ไม่สูงมากนี้อาจมีสาเหตุจากหลายประการ เช่น เนื้อหาวิชาในเรื่องไฟฟ้าที่ค่อนข้างมากประกอบไปด้วยหลายแนวคิดและมีสูตรในการคำนวณเยอะนักเรียนซึ่งมีทักษะการคำนวณต่ำจะไม่สามารถประยุกต์ใช้สมการหรือสูตรคำนวณได้ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพบว่าสาเหตุส่วนหนึ่งอาจมาจากนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือมีความเข้าใจผิดในเนื้อหาวิชาหลายๆประเด็น เช่น นักเรียนมีความสับสนไม่สามารถแยกแยะระหว่างวงจรอนุกรมและขนานเมื่อวงจรมีความซับซ้อนมากขึ้น นักเรียนไม่สามารถวาดภาพวงจรไฟฟ้าที่มีเครื่องวัดต่อได้อย่างถูกต้อง หรือนักเรียนสับสนระหว่างนิยามของพลังงานไฟฟ้ากับกำลังงานไฟฟ้า เป็นต้น มากกว่านั้นในกระบวนการจัดการเรียนการสอนของผู้วิจัยเองไม่เน้นให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมมากนักโดยมีการปฏิบัติกิจกรรมเฉพาะการทดลองที่จำเป็น 2-3 การทดลองเท่านั้นทำให้นักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจได้อย่างยั่งยืนลึกซึ้ง ซ้ำยังเกิดความเบื่อหน่าย ไม่กระตือรือร้นในการเรียน ขาดความท้าทายและนักเรียนขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะไฟฟ้าเป็นเรื่องใกล้ตัวที่นักเรียนควรได้ลงมือปฏิบัติและเชื่อมโยงสิ่งที่นักเรียนเรียนรู้กับสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ ดังนั้น วิธีการที่มีส่วนพัฒนาแนวคิดที่ถูกต้องของนักเรียนจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการจัดกระบวนการเรียนรู้

จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาทั้งแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนควบคู่กับการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งจากงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาพบว่ามีหลากหลายวิธีการ แต่วิธีการหนึ่งจากการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry Process) สามารถพัฒนาได้ทั้งแนวคิดวิทยาศาสตร์และสามารถทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้นด้วย (ขวัญฤทัย เที่ยงจันทราทิพย์, 2550) ทั้งนี้เพราะการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นโดยอาศัยหลักฐานประจักษ์พยานที่มีอยู่ ทั้งยังได้ใช้ทักษะกระบวนการคิดแก้ปัญหาจินตนาการและความสร้างสรรค์ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎี Constructivism หรือทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองที่เน้นได้ใช้กระบวนการสืบค้น เสาะหาสำรวจตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ จนนักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้อย่างมีความหมายและสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง (ทิศนา แขมมณี, 2553) โดยเฉพาะการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) หรือ 5Es ที่จากงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศยอมรับว่าส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดวิยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบนี้ทำให้นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนลดลง (Pinar and Tekkya, 2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อย่างไรก็ดี การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ ต้องมีการกำหนดจุดประสงค์และประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้และมีการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาอย่างสอดคล้องกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในระหว่างการจัดกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้โดยต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมอภิปราย ตั้งคำถามและสะท้อนความเข้าใจเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรียกการสอนรูปแบบนี้ว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง (Explicit NOS Approach) ซึ่งจากงานวิจัยจากนักการศึกษาหลายท่านพบว่า การสอนวิธีนี้มีประสิทธิผลเพียงพอที่จะสามารถพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น (Akerson *et al.*, 2000; Khishfe and Adb–EL-Khalick, 2002; Khishfe, 2008) ในประเทศไทยมีนักการศึกษาหลายท่านที่เคยศึกษาผลของการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง เช่น เรื่องการสังเคราะห์แสงในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 (อังคณา ปัทมพงศา, 2555) จากผลการศึกษาการสอนด้วยวิธีนี้สามารถพัฒนาได้ทั้งแนวคิดวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องมากขึ้น

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สนใจศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ที่บูรณาการการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง (5Es /Explicit NOS Approach) ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า ว่าจะพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่ โดยใช้การวิจัยในรูปแบบของ Classroom Action research เพื่อศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ดีของการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งและจะเป็นแนวทางในการจัดกระบวนการเรียนรู้ในรูปแบบนี้ในหน่วยการเรียนรู้อื่นๆ ต่อไป

คำถามการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องพลังงานไฟฟ้าและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้อย่างไร

2. แนวทางการปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งเพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องพลังงานไฟฟ้าและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งต่อการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องพลังงานไฟฟ้าและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. เพื่อศึกษาแนวทางการปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งที่ช่วยพัฒนาแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้าและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ขอบเขตการวิจัย

1. สถานที่ดำเนินการวิจัย โรงเรียนเอกชนขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง สังกัดสำนักบริหารงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน เขตพื้นที่การศึกษา สมุทรปราการ เขต 1 ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ

2. กลุ่มที่ศึกษา ได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 ห้องเรียนจำนวน 43 คน

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษาปีที่ 2556 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า เป็นเวลา 9 สัปดาห์ จำนวน 3 คาบต่อสัปดาห์ คาบเรียนละ 50 นาที รวมเป็นจำนวน 26 คาบ

4. สิ่งที่ศึกษา

4.1 แนวคิดหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ รายวิชาวิทยาศาสตร์ของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งแบ่งเป็น 4 หน่วยย่อย 10 แนวคิด ดังนี้

4.1.1 ไฟฟ้าสถิตและแหล่งกำเนิดไฟฟ้า

ก. ไฟฟ้าสถิต

ข. เซลล์ไฟฟ้าเคมี

ค. กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม

4.1.2 กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก. กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์

ข. ชนิดของตัวนำและความต้านทาน

ค. กฎของโอห์ม

4.1.3 วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

ก. วงจรอนุกรมและขนาน

4.1.4 อุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านและการคิดค่าไฟฟ้า

ก. อุปกรณ์ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน

ข. วงจรลัดและฟิวส์

ค. กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า

4.2 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ Lederman *et al.* (2002) ได้กำหนดคุณลักษณะไว้เป็นองค์ประกอบ 8 ประเด็น ดังต่อไปนี้

4.2.1 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ (Tentativeness)

4.2.2 การตั้งอยู่บนประจักษ์พยาน (Empirical basis)

4.2.3 ความเป็นอัตนัย (Subjectivity)

4.2.4 จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ (Creativity)

4.2.5 มิติทางสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (Social/cultural Embeddedness)

4.2.6 การสังเกตและการลงความเห็น (Observation and inference)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.7 ทฤษฎีและกฎ (Theories and Laws)

4.2.8 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific methods)

และผู้วิจัยได้เพิ่มองค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้อีกหนึ่งประเด็นที่สอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้ความสำคัญไว้ คือ

4.2.9 คุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ (Scientist)

4.3 กระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งซึ่งบูรณาการการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนโดยเชื่อมโยงกับการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

ผู้วิจัยได้นิยามศัพท์ที่จะใช้ในการวิจัยดังต่อไปนี้

ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึงความเข้าใจส่วนบุคคลเกี่ยวกับลักษณะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และมิติทางสังคม โดย Lederman *et al.* (2002) ได้กำหนดประเด็นของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้ คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ (Tentativeness) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนประจักษ์พยาน (Empirical basis) ความเป็นอัตนัย (Subjectivity) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกสร้างมาจากความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) มิติทางด้านสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (Social/cultural Embeddedness) การสังเกตและการลงความเห็น (Observation and inference) ทฤษฎีและกฎ (Theories and Laws) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific methods) และคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ โดยวัดจากการใช้แบบวัดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 รูปแบบดังนี้

1. VNOS –Form C เป็นแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบอัตนัยที่มีการกำหนดสถานการณ์ที่ประยุกต์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้อธิบายจำนวน 10 ข้อซึ่งสร้างและพัฒนาโดย Lederman *et al.* (2002)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. DAST (Draw a Scientist test) เป็นแบบวัดคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์แบบอัตนัย โดยการวาดภาพนักวิทยาศาสตร์พร้อมคำอธิบายจำนวน 1 ข้อ ซึ่งพัฒนาโดย David Wade Chambers (1983)

นอกจากนี้ยังนำแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้และอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนมาใช้ในการประเมินผลร่วมเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

แนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า หมายถึง ความคิด ความเข้าใจของแต่ละบุคคลที่สามารถแยกแยะ สรุปรวบยอดในเรื่องเกี่ยวกับ ไฟฟ้าสถิต แหล่งกำเนิดไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน ความต่างศักย์ กฎของโอห์ม วงจรอนุกรมและขนาน อุปกรณ์ไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้าในบ้าน กำลังไฟฟ้าและการใช้พลังงานไฟฟ้าการคิดค่าไฟ เป็นต้น การแสดงออกของแนวคิดสามารถวัดได้จากแบบวัดแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีการกำหนดสถานการณ์ แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ และอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน

การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับเนื้อหาวิชา พลังงานไฟฟ้า เข้าด้วยกันโดยให้ความสำคัญทั้งการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเนื้อหาวิชาเท่าๆ กัน โดยระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้มีการหยิบยกองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนได้ร่วมแลกเปลี่ยนและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ผ่านการตอบคำถาม การอภิปราย การแสดงความคิดเห็น สุดท้ายครูต้องมีโอกาสตรวจสอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมแบบสืบเสาะหาความรู้ กิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้นี้ได้ปรับปรุงมาจากกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546: 219-220) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรือความสนใจของตัวผู้เรียนเองหรือกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา

2. การสำรวจและค้นหา (Exploration) ผู้เรียนดำเนินการสำรวจ ทดลอง ค้นหา และรวบรวมข้อมูล วางแผนกำหนดการสำรวจตรวจสอบ หรือออกแบบการทดลอง ลงมือปฏิบัติ เช่น สังเกต วัด ทดลอง รวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การอธิบาย (Explanation) ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์ แปลผล สรุปและอภิปรายพร้อมทั้งนำเสนอผลงานในรูปแบบต่างๆ ซึ่งอาจเป็นรูปวาด ตาราง แผนผัง โดยมีการอ้างอิงความรู้ประกอบการให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผล การลงข้อสรุปถูกต้องเชื่อถือได้ มีเอกสารอ้างอิงและหลักฐานชัดเจน

4. การขยายความรู้ (Elaboration) ในขั้นนี้นักเรียนมีบทบาทที่สำคัญที่สุด นักเรียนต้องจัดประสบการณ์ทางความคิดเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมเพื่อขยายความรู้ของนักเรียนให้เพิ่มขึ้นและมีความเป็นปัจจุบัน วิธีการในขั้นตอนนี้คือ การเพิ่มตัวอย่างที่ศึกษาหรือจัดประสบการณ์เชิงสำรวจเพิ่มเติม

5. การประเมินผล (Evaluation) ให้ผู้เรียนได้ระบุสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ทั้งด้านกระบวนการและผลผลิตเพื่อเป็นการตรวจสอบความความถูกต้องของความรู้ที่ได้ โดยให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์วิจารณ์แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน คิดพิจารณาให้รอบคอบทั้งกระบวนการและผลงาน อภิปรายประเมินปรับปรุง เพิ่มเติมและสรุป

แนวปฏิบัติการสอนที่ดี หมายถึง เทคนิควิธีการปฏิบัติหรือขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งที่ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความเข้าใจทั้งแนวคิดวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยมีการสังเคราะห์ความรู้และประสบการณ์ จากการสะท้อนของครูผู้สอน ปรับปรุงติดตาม ตรวจสอบอย่างต่อเนื่องที่เป็นระบบโดยใช้ข้อมูลจากการบันทึกหลังสอนร่วมกับวีดิทัศน์การสอนและอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเอกสาร หนังสือ วารสาร บทความและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องสรุปและนำเสนอดังหัวข้อต่อไปนี้

1. แนวคิดวิทยาศาสตร์

    1.1 ความหมายและประเภทของแนวคิด

    1.2 แนวคิดที่คลาดเคลื่อน

    1.3 การเปลี่ยนแนวคิด

    1.4 การพัฒนาแนวคิด

    1.5 การตรวจสอบแนวคิด

    1.6 แนวคิดเกี่ยวที่กับพลังงานไฟฟ้า

2. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

    2.1 ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

    2.2 องค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

    2.3 การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

    2.4 การวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 งานวิจัยเกี่ยวกับไฟฟ้า

3.2 งานวิจัยเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

3.3 งานวิจัยเกี่ยวกับ Explicit approach ที่ใช้พัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

แนวคิดวิทยาศาสตร์

ความหมายของแนวคิดและประเภทของแนวคิด

คำว่า “แนวคิด” เป็นคำในภาษาอังกฤษว่า “concept” ตามราชบัณฑิตยสถาน (2542) แนวคิดมีความหมายเช่นเดียวกับคำว่า “มโนภาพ” (ผดุงยศ พวงมาลา,2523) “สังกัป” (จำนง พรายแย้มแข, 2529) และมีความหมายตรงกับคำว่า “ความคิดรวบยอด” (มังกร ทองสุขดี, 2538) สำหรับผู้วิจัยได้ใช้คำว่าแนวคิดซึ่งนักการศึกษาได้แสดงความคิดเห็นไว้หลากหลายดังต่อไปนี้

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2532) กล่าวว่าแนวคิดเป็นภาพที่เกิดขึ้นในใจบุคคลเกี่ยวกับกลุ่มของสิ่งเร้าที่มีคุณสมบัติร่วมกัน

สุจินต์ วิศวธีรานนท์ (2538) และรุ่งทิวา จักรกร (2527) กล่าวถึงแนวคิดว่า เป็นความเข้าใจของบุคคลเกี่ยวกับสิ่งของหรือเหตุการณ์ต่างๆซึ่งบุคคลนั้นสามารถสรุปรวมลักษณะเหมือนหรือแยกแยะลักษณะแตกต่างคุณสมบัติของสิ่งของหรือเหตุการณ์นั้นๆ ได้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2540) กล่าวว่าแนวคิดคือความรู้ความเข้าใจของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆโดยบุคคลนั้นๆนำความรู้ที่ได้จากการสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมทำให้เกิดเป็นมโนคติขึ้นที่เกี่ยวกับ

Fieldman (1987) ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นการจัดกลุ่มเหตุการณ์ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันเข้าด้วยกันทำให้เข้าใจสิ่งต่างๆได้ง่ายขึ้นและสามารถจัดจำแนกสิ่งใหม่ ๆ ที่พบให้อยู่ในรูปที่สามารถเข้าใจได้โดยอาศัยประสบการณ์เดิม

De-Cecco (1968) ให้ความหมายว่าแนวคิดเป็นกลุ่มของเหตุการณ์ หรือสิ่งเร้าซึ่งมีลักษณะร่วมกัน โดยกลุ่มสิ่งเร้านั้นอาจเป็นบุคคล วัตถุสิ่งของหรือสถานการณ์ต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากความหมายข้างต้นของแนวคิดสามารถสรุปได้ว่า แนวคิดหมายถึง ความรู้ ความเข้าใจของคน ๆ หนึ่ง ต่อสิ่งของ หรือเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งแล้วสามารถสังเคราะห์แยกเป็นส่วนๆ เชื่อมโยงบอกความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนได้ สามารถสรุปสิ่งที่เหมือนกันจัดประเภทเป็นกลุ่มเดียวกันได้แนวคิดจึงเป็นลักษณะการคิดวิเคราะห์สังเคราะห์และเชื่อมโยงเหตุการณ์ของแต่ละบุคคล

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific conception) จัดเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่งซึ่งเป็นผลมาจากความคิดรวบยอดทั้งหมดเกี่ยวกับเรื่องราว เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2540) แนวคิดทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะ (คณะกรรมการพัฒนาการสอนและวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์, 2525 อ้างใน ภพ เลาหไพบูลย์, 2540) ดังต่อไปนี้ 1) นำเอาข้อเท็จจริงต่าง ๆ มาสรุปไว้ เช่น แมลงเป็นสัตว์ 6 ขา ลำตัวมี 3 ส่วน ลมเกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศ เป็นต้น 2) สรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงของสิ่งทั้งหลายไว้ด้วยกัน เช่น พลังงานจลน์ของวัตถุจะมากหรือน้อยขึ้นกับอัตราเร็วของวัตถุนั้นๆ 3) การนำเอาข้อมูลหรือเหตุการณ์ต่างๆมาสรุปรวมเข้าไว้ด้วยกัน แสดงให้เห็นถึงกระบวนการต่อเนื่องของความรู้ จากขั้นพื้นฐานไปสู่ระดับขั้นสูง แนวคิดวิทยาศาสตร์ยังแบ่งออกเป็น 3 ประเภท (ปรีชา วงศ์ชูศิริ, 2525 อ้างใน ภพ เลาหไพบูลย์, 2540) ได้แก่

1. แนวคิดเกี่ยวกับการแบ่งประเภท (Classification concepts) เป็นแนวคิดที่ชี้แจงคำอธิบายหรือชี้แจงสมบัติ บอกสมบัติรวม โดยนำไปใช้ในการบรรยายวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้นๆ

2. แนวคิดทางทฤษฎี (Theoretical concepts) เป็นแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายลักษณะบางสิ่งบางอย่าง หรือปรากฏการณ์ที่ไม่อาจสังเกตได้โดยตรงทั้งหมดแต่มีหลักฐานเป็นเหตุเป็นผลสนับสนุนแล้วสร้างเป็นความเข้าใจของตนเอง

3. แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ (Correlational concepts) เป็นแนวคิดที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล นำไปใช้ในการทำนาย หรือพยากรณ์เหตุการณ์ต่างๆ ได้

จากการศึกษาความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า ความคิด ความเข้าใจโดยสรุปที่เกี่ยวข้องกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ สามารถที่จะเชื่อมโยงความรู้ใหม่และประสบการณ์เดิมเข้าด้วยกัน จนเกิดเป็นคำอธิบายเกี่ยวกับวัตถุและปรากฏการณ์นั้นๆ

แนวคิดที่คลาดเคลื่อน

แนวคิดเกิดจากการใช้พื้นฐานความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมร่วมกับการได้รับความรู้ที่ได้จากการเรียนการสอนในห้องเรียน ถ้าแหล่งการเรียนรู้ใดไม่ชัดเจนหรือให้ข้อมูลที่ไม่ถูกต้องอาจเกิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลเสียต่อผู้เรียนรู้ก่อให้เกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อน คำว่า แนวคิดคลาดเคลื่อนมาจากคำภาษาอังกฤษ เช่น Misconceptions (Griffiths and Preston, 1992) Student's alternative conception (Garnett and Hacklin, 1995) Alternative conception (Atwood and Atwood, 1996) โดยนักการศึกษาและนักจิตวิทยาหลายท่านได้ให้ความหมายของคำว่าแนวคิดคลาดเคลื่อนไว้ ดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2532) แนวคิดคลาดเคลื่อนเป็นความคิด ความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง อันเนื่องมาจากการรับรู้ที่ไม่สมบูรณ์คลุมเครือ

Lawson (1988) เป็นความรู้ที่ได้รับอย่างกว้างขวางของแต่ละคน ซึ่งไม่สอดคล้องกับทฤษฎีที่ถูกยอมรับทางวิทยาศาสตร์

Gussarsky and Gorodetsky (1990) เป็นกระบวนการเชื่อมโยงแนวคิดจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวันหรือเชื่อมโยงเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องหนึ่งกับเนื้อหาที่คลาดเคลื่อนจากอีกเรื่องหนึ่ง ทำให้เกิดการถ่ายทอดผิดพลาดจากเนื้อหาเรื่องหนึ่งไปยังอีกเรื่องหนึ่ง

Griffiths and Preston (1992) ได้ให้ความหมายว่าเป็นแนวคิดที่มีความหมายแตกต่างไปจากความหมายที่เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์

Atwood (1996) ให้ความหมายของแนวคิดคลาดเคลื่อนไว้ว่าเป็นแนวคิดที่ไม่คงที่กับการยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

จากความหมายที่นักการศึกษาหลายท่านให้ไว้สามารถสรุปได้ว่าแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหมายถึงแนวคิดที่ไม่ถูกต้องที่ไม่สอดคล้องกับนิยามตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ อาจเป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้องทั้งหมด หรือเป็นแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเพียงบางส่วนก็ได้

ส่วนสาเหตุของแนวคิดที่คลาดเคลื่อนสามารถสรุปสาเหตุการเกิดได้ 4 สาเหตุดังต่อไปนี้

1. ตัวนักเรียน ได้แก่ การขาดระสบการณ์หรือประสบการณ์ที่ไม่เพียงพอของนักเรียน วุฒิภาวะและการพัฒนาการทางสติปัญญา ความขัดแย้งระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ (Driver *et al.*, 1985) ความแตกต่างของความเชื่อ ขนบธรรมเนียมประเพณี วัฒนธรรมของแต่ละบุคคล (ปราณี รามสูตร, 2528) และนักเรียนมีอวัยวะรับสัมผัสบกพร่องไม่สามารถรับสัมผัสทำให้มีความจำคลาดเคลื่อน (อบรม สันภิบาล, 2522)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ครูผู้สอน จากงานวิจัยพบว่า ครูผู้สอนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องที่ตนสอนทำให้นักเรียนได้รับการถ่ายทอดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนั้นๆ

3. การจัดการเรียนการสอน จากงานวิจัยพบว่าการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในรูปแบบการบรรยายร่วมกับการอภิปรายของครูเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมที่จะปรับเปลี่ยนแนวคิดของผู้เรียนได้ เนื่องจากแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเป็นแนวคิดที่ฝังแน่นและยึดติด (Driver *et al.*, 1985) ดังนั้นการจัดกิจกรรมที่มีความหลากหลาย และเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีการปฏิสัมพันธ์ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ได้ทำงานร่วมกัน และกิจกรรมนั้นส่งเสริมให้นักเรียนได้คิด พูด และลงมือปฏิบัติจะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจอย่างแท้จริงในเรื่องนั้นๆ (สุกัญญา ทองวัฒน์, 2545; รจนา วิเศษวงษา, 2547 อ้างใน ชื่นจิต แสนสุด, 2553: 13)

4. ตำรา เนื่องจากแนวคิดบางแนวคิดตำราไม่ได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ทำให้นักเรียนต้องคิดขึ้นเองและมีภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวันแตกต่างกับภาษาทางวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนมีแนวโน้มที่จะใช้ทั้งสองภาษาในการสร้างแนวคิด (Osborne and Freyberg, 1985)

การเปลี่ยนแนวคิด

เนื่องจากแนวคิด เป็นความคิดหรือความเข้าใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งของแต่ละบุคคล ที่ได้รับประสบการณ์ที่แตกต่างกัน นักการศึกษาหลายท่านได้มีความเห็นตรงกันว่า แนวคิดบางเรื่องยากที่จะเปลี่ยนแปลงได้ไม่ว่าแนวคิดนั้นจะเป็นแนวคิดที่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อนก็ตาม (บรรจง สิทธิ, 2537)

Gilbert *et al.* (1992 อ้างใน วีระพงศ์ ขำเหม, 2544: 14) ได้สรุปแนวคิดเห็นทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหลังการสอนของครู ว่ามี 5 แบบคือ

1. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่เดิมของผู้เรียนยังคงอยู่ คือไม่ปรับเปลี่ยนแนวคิดเดิมอันเนื่องมาจากการสอนของครูผู้สอน

2. การสอนทำให้เกิดแนวคิดเห็นอันที่สองที่ใช้ในการเรียนการสอนในโรงเรียนแต่แนวคิดเห็นเดิมยังคงอยู่

3. แนวคิดเดิมของผู้เรียนถูกทำให้มั่นคงขึ้นจากการสอนของครูผู้สอน คือผู้เรียนนำเอาสิ่งที่ผู้สอนไปใช้อย่างผิดๆ เพื่อสนับสนุนแนวคิดของตน

4. การสอนวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดการผสมผสานแนวคิดคือแนวคิดของผู้เรียนและแนวคิดของครูผู้สอนถูกผสมผสานเข้าด้วยกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การสอนวิทยาศาสตร์ทำให้แนวคิดของผู้เรียนขยายกว้างขึ้นและเป็นอันหนึ่งอันเดียวกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์

ดังนั้นเพื่อให้นักเรียนปรับเปลี่ยนแนวคิดของตนเองให้เป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ วิธีการส่งเสริมการปรับเปลี่ยนแนวคิดที่ไม่ถูกต้องของนักเรียนให้ถูกต้อง โดย Osborne (อ้างใน วรรณทิพา รอดแรงค้า 2540: 51) ได้เสนอส่วนประกอบในบทเรียนเพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิด ดังนี้

1. การเตรียมบทเรียนของครู ที่นำนักเรียนไปสู่ความเข้าใจความคิดหรือแนวคิดที่ถูกต้องของนักวิทยาศาสตร์

2. นักเรียนจะเกิดความคุ้นเคยกับบริบทของแนวคิดต่างๆจากประสบการณ์ที่ได้รับจากปรากฏการณ์ที่นำมาอภิปรายร่วมกัน

3. นักเรียนสามารถทำให้แนวคิดของตนที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่นำมาอภิปรายชัดเจนขึ้น

4. นักเรียนเสนอแนวคิดคิดของตนเองเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดและความเข้าใจที่แตกต่างกัน

5. นักเรียนและครูควรรู้คุณค่าของความคิดเห็นของคนอื่นๆ เพื่อสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนับสนุนซึ่งกันและกัน ความคิดหรือแนวคิดของนักเรียนทุกคนมีคุณค่าต่อประสบการณ์

6. การเปลี่ยนสภาพความคิดเห็นหรือแนวคิดที่ต่างกันเพื่อให้นักเรียนได้เห็นว่าแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เป็นความคิดที่สามารถเข้าใจได้ (Intelligible) มีเหตุผลฟังได้ (Plausible) และทำให้บรรลุผลเกิดประโยชน์ต่อการเรียนรู้ต่อไป (Fruitful) ปกติแล้ววิธีการนี้ทำได้โดยการเปรียบเทียบแนวคิดของนักเรียนกับแนวคิดที่พึงปรารถนา

7. การต่อเติมแนวคิดใหม่หรือความคิดใหม่เพื่อให้นักเรียนตรวจสอบตัวอย่างของปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันหรือปรากฏการณ์ใหม่เพื่อช่วยให้ตนเองรู้คุณค่าว่า แนวคิดใหม่เป็นที่เข้าใจได้ มีเหตุผลและมีประโยชน์และสามารถเชื่อมโยงกับแนวคิดอื่นๆในระยะยาว

จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแนวคิดของผู้เรียนได้นั้น ครูผู้สอนต้องให้นักเรียนได้อภิปรายเพื่อรู้ความแตกต่างระหว่างแนวคิดดั้งเดิมกับแนวคิดใหม่โดยที่แนวคิดใหม่ต้องเป็นแนวคิดที่ชัดเจนและดีกว่าแนวคิดเดิม ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดการยอมรับแนวคิดใหม่นั้น การจัดการเรียนการสอนควรมุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถตรวจสอบแนวคิดดั้งเดิมของตนเองเพื่อให้นักเรียนเกิดความชัดเจนและเป็นอันหนึ่งอันเดียวกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การพัฒนาแนวคิด

การพัฒนาแนวคิดเป็นการพัฒนาความคิด ความเข้าใจ โดยที่บุคคลหนึ่งๆจะมีแนวคิดเกี่ยวกับสิ่งหนึ่งสิ่งใดได้นั้น บุคคลนั้นต้องมีประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นและนำประสบการณ์ที่มีอยู่มาเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่จากการรับรู้ การสังเกต การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งนั้น ทำให้เกิดเป็นแนวคิดเกี่ยวกับสิ่งนั้นโดยเฉพาะ ซึ่งทฤษฎีที่สามารถนำมาพัฒนาแนวคิดได้คือ ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivism)

ทฤษฎีสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความรู้และการเรียนรู้โดยเชื่อว่านักเรียนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจหรือประสบการณ์เดิมมาก่อนแล้ว ดังนั้นความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ไม่ได้มาจากการบอกเล่า แต่เป็นกระบวนการที่นักเรียนต้องสืบค้น เสาะหาสำรวจตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ จนทำให้เกิดความเข้าใจเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างความรู้ใหม่ได้และเก็บไว้ในสมองได้ยาวนาน (สสวท., 2546) สำหรับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองนั้นมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีทางจิตวิทยาที่สำคัญ 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) และทฤษฎีวัฒนธรรมเชิงสังคมของวีก็อทสกี้ (Vygotsky) ซึ่งสำหรับรายละเอียดในแต่ละทฤษฎีมีดังต่อไปนี้

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ กล่าวว่า ปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาด้านสติปัญญาหรือความคิดคือ การที่คนเรามีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งกระบวนการปรับตัวเองของอินทรีย์กับสิ่งแวดล้อมภายนอกและการจัดการของสมองโดยวิธีการรวมกระบวนการต่างๆให้เป็นระบบ ทั้งเป็นกระบวนการต่อเนื่องปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้สมดุลกับสิ่งแวดล้อม

Piaget (n.d. อ้างใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540: 4-5) จำแนกกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทางสติปัญญาและความคิดไว้ 2 กระบวนการคือ

1. การปรับตัว

2. การจัดระบบโครงสร้าง

การปรับตัวเป็นกระบวนการที่บุคคลหาหนทางที่จะปรับสภาพความไม่สมดุลทางความคิดให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบๆตัว และเมื่อบุคคลมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัว โครงสร้างทางสมองจะถูกจัดระบบให้มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กระบวนการที่สำคัญที่เกี่ยวกับการพัฒนาความคิดในสมอง มี 2 ประการด้วยกัน

1. กระบวนการจัดระบบภายใน (Organization) เป็นพฤติกรรมของอินทรีย์ที่จะจัดระเบียบการทั้งทางกายและจิตใจให้เป็นระบบ

2. กระบวนการปรับ (Adaptation) เป็นกระบวนการที่เกิดควบคู่กับการจัดระเบียบภายในก็คือ กระบวนการปรับนี้จะแตกต่างกันไปตามบุคคล ซึ่งประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ

2.1 กระบวนการปรับโครงสร้าง หมายถึงกระบวนการที่อินทรีย์ดูดซึม (Assimilation) สิ่งที่พบเห็นใหม่ๆจากสิ่งแวดล้อมภายนอกให้เข้าไปอยู่ในความรู้เดิมของสมอง

2.2 กระบวนการปรับขยายโครงสร้าง (Accommodation) เมื่อเด็กประสบพบเห็นในสิ่งรอบตัวแล้วไม่อาจจัดเข้ากับความรู้เดิม ลักษณะเช่นนี้ก่อให้เกิดความไม่สมดุล (Disequilibrium) ขึ้น ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องมีการขยายโครงสร้างหรือปรับเปลี่ยนโครงสร้างความรู้ เพื่อให้เกิดภาวะสมดุล (Equilibrium) โดยเด็กจะพยายามผสมผสานความคิดใหม่ให้กลมกลืนเข้ากันได้กับความคิดเก่า สภาพเช่นนี้ก่อให้เกิดความสมดุล ซึ่งสามารถทำให้คนสามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ (Adaptation) ซึ่งจะนำไปสู่พัฒนาการทางสติปัญญา

ทฤษฎีพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของวีก็อทสกี้ (Social Constructivism) มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการของวีก็อทสกี้ที่ให้ความสำคัญกับวัฒนธรรมและสังคมมาก โดยเขาเชื่อว่าคนเราสร้างความรู้โดยการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับบุคคลอื่น ในขณะที่การมีส่วนร่วมในกิจกรรมจะเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้และทำให้คนเราเกิดการเรียนรู้ด้วยการปรับความเข้าใจเดิมให้ถูกต้อง

Vygotsky ได้แบ่งระดับของเชาว์ปัญญาออกเป็น 2 ขั้น คือ

1. ระดับเชาว์ปัญญาขั้นเบื้องต้น (Elementary mental processes) หมายถึงเชาวน์ปัญญาที่มีอยู่ตามธรรมชาติโดยไม่ต้องเรียนรู้ เช่น เด็กสามารถดูดนมได้

2. ระดับปัญญาขั้นสูง (Higher mental processes) หมายถึงเชาวน์ปัญญาที่เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใหญ่ที่ให้การเลี้ยงดูโดยใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ต่างๆ

Vygotsky กล่าวว่าภาษาเป็นเครื่องมือสำคัญของการคิดและพัฒนาเชาวน์ปัญญาขั้นสูง นอกจากนั้นบุคคลยังสามารถสร้างกระบวนการจำสิ่งที่ตนเรียนรู้โดยใช้สัญลักษณ์หรือเครื่องหมายที่เป็นข้อตกลงทางสังคมและถ่ายทอดผ่านทางวัฒนธรรม เช่น ภาษา กิริยาท่าทาง สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น การปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวโดยเฉพาะสิ่งแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรมจะมีส่วนช่วยพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของบุคคล โดยอาศัยแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาขอบเขตของการเรียนรู้ (Zone of Proximal development) ที่กล่าวว่าบุคคลแต่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ละคนมีระดับพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาที่ตนเป็นอยู่และมีระดับที่ตนมีศักยภาพที่จะไปให้ถึงได้ซึ่งช่วงห่างนี้จะแตกต่างกันในแต่ละบุคคล (ทิศนา แขมณี, 2540: 92) ถ้าได้รับความช่วยเหลือจากผู้ที่มีความชำนาญ (experienced person) จะทำให้บุคคลสามารถแก้ไขปัญหาที่ไม่สามารถแก้ได้ด้วยตนเอง ประสบการณ์จากการแก้ไขปัญหาดังกล่าวจะทำให้บุคคลเกิดการเรียนรู้และแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้เองในเวลาต่อมา

จากความหมายและที่มาของทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองสามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเป็นวิธีที่ต้องลงมือปฏิบัติโดยบุคคลเหล่านั้นต้องมีการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมทั้งสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติหรือสภาพแวดล้อมทางวัฒนธรรมเพราะจะทำให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ที่ถ่ายทอดผ่านสิ่งแวดล้อม สังคมและวัฒนธรรมนั้นๆจนเกิดพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาในที่สุด นอกจากนั้นการจัดกระบวนการเรียนรู้ยังต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลด้วยจึงจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของตัวผู้เรียนเอง

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

เป้าหมายการเรียนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติได้อย่างมีเหตุผลรวมถึงสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน ดังนั้นการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นไม่ใช่เพียงแค่สอนให้นักเรียนจำได้ แต่ต้องจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนเกิดแนวคิดและสามารถนำแนวคิดมาเชื่อมโยงกับสิ่งต่างๆที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวัน ซึ่งการจัดการเรียนรู้วิธีหนึ่งที่สามารถช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนคือแบบสืบเสาะหาความรู้ สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้ให้ความหมายของการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองและเรียนรู้เรื่องใหม่จากพื้นฐานความรู้เดิม โดยอาศัยกระบวนการที่นักเรียนต้องทำการสืบค้น เสาะหาสำรวจตรวจสอบและค้นพบความรู้ด้วยวิธีการต่างๆเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและให้เกิดการรับรู้นั้นอย่างมีความหมายและสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียน

นักการศึกษาหลายท่าน เช่น Dewey (1916); Abraham and Renner (1986); Ann (1996) ได้แสดงทัศนะเกี่ยวกับความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์และเข้าใจวิทยาศาสตร์

การเรียนการสอนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจึงเป็นการเรียนรู้จากรูปธรรมมากกว่าการเรียนรู้จากนามธรรม ทำให้เชื่อมโยงแนวคิดระหว่างแนวคิดเดิมและแนวคิดใหม่ง่ายขึ้นและจากการที่เน้นให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจะช่วยให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิด การวางแผน และช่วยให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่างๆรอบตัว ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะจึงเป็นการสอนที่สำคัญที่สามารถทำให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทำให้เกิดการค้นพบทางวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ การสำรวจ การคาดเดา การใช้เหตุผลและการสรุปผลจะส่งผลให้นักเรียนเกิดการคิดการเชื่อมโยงความรู้ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันอันจะนำไปสู่ข้อค้นพบต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์และเกิดเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ดังนั้นจากผลการศึกษาของนักการศึกษาต่างๆจึงได้ข้อสรุปที่ว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้จะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดเนื่องจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้จากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างตนเองและสิ่งแวดล้อมเช่นเพื่อนร่วมกลุ่มหรือกับสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นโดยใช้คำถามสืบเสาะให้นักเรียนเกิดความคิดเพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้น

รูปแบบการจัดการเรียนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ได้มีนักการศึกษาหลายท่านแบ่งวิธีการสอนออกเป็นหลายรูปแบบตามบทบาทของครู นักเรียนรวมถึงขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

การแบ่งวิธีการสอนแบบสืบเสาะเป็น 3 ประเภท โดยใช้บทบาทของครูและผู้เรียนเป็นเกณฑ์ (Carin and Sund, 1980 อ้างใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2550)

1. Guided inquiry เป็นวิธีการสอนที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา วางแผนการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล และเตรียมอุปกรณ์ต่างๆโดยผู้เรียนทำหน้าที่ทำการทดลองตามกิจกรรมตามแนวทางที่วางไว้

2. Less guided-inquiry เป็นวิธีการสอนที่ครูกำหนดปัญหาหรือร่วมกันกำหนดปัญหาพร้อมกับผู้เรียน แต่ผู้เรียนจะเป็นผู้วางแผนหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยเริ่มตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง ทำการทดลอง จนถึงวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการทดลองซึ่งครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. Unguided –inquiry เป็นวิธีที่ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาด้วยตนเอง ตลอดจนถึงการวางแผนการทดลอง ดำเนินการทดลอง เก็บข้อมูล จนถึงวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง ซึ่งวิธีการนี้ผู้เรียนจะอิสระเต็มที่ในการศึกษาตามความสนใจ ครูเป็นเพียงผู้กระตุ้นเท่านั้น โดยอาจจะใช้คำถามเพื่อกระตุ้นผู้เรียนให้กำหนดปัญหา ซึ่งอาจเรียกได้ว่าวิธีการสืบเสาะแบบอิสระ (Free inquiry)

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น(5Es)

ในปี ค.ศ.1992 โครงการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาของสหรัฐอเมริกาหรือ BSCS (Biological Science Curriculum Study) โดยการนำของ Roger Bybee ได้นำรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 5 ขั้นตอน ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้มีการนำการเรียนรู้แบบ 5Es (สสวท., 2546) มาใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน ซึ่งอาจมาจากความสงสัยหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรืออาจเกิดจากการอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่สนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนมาแล้วกระตุ้นให้นักเรียนได้สร้างคำถาม ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ และกระตุ้นให้นักเรียนเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน เป็นต้น

2. การสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วผู้เรียนมีการกำหนดแนวทางในการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน ลงมือปฏิบัติ ค้นหา และรวบรวมข้อมูล ซึ่งอาจทำได้หลายวิธี เช่นทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์สร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาข้อมูลจากแหล่งอ้างอิงต่างๆ

3. การอธิบาย (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบและค้นหามาวิเคราะห์ แปลผล สรุปและอภิปรายพร้อมทั้งนำเสนอผลงานในรูปแบบต่างๆ ซึ่งอาจเป็นรูปวาด ตาราง แผนผัง โดยมีการอ้างอิงความรู้ประกอบการให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผล การลงข้อสรุปถูกต้องเชื่อถือได้ มีเอกสารอ้างอิงและหลักฐานชัดเจน

4. การขยายความรู้ (Elaboration) ในขั้นนี้นักเรียนต้องจัดประสบการณ์ทางความคิดเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมเพื่อขยายความรู้ของนักเรียนให้เพิ่มขึ้นและมีความเป็นปัจจุบัน วิธีการในขั้นตอนนี้คือ การเพิ่มตัวอย่างที่ศึกษาหรือจัดประสบการณ์เชิงสำรวจเพิ่มเติม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การประเมินผล (Evaluation) ให้ผู้เรียนได้ระบุสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ทั้งด้านกระบวนการและผลผลิตเพื่อเป็นการตรวจสอบความความถูกต้องของความรู้ที่ได้ โดยให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์วิจารณ์แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน คิดพิจารณาให้รอบคอบทั้งกระบวนการและผลงาน อภิปรายประเมินปรับปรุง เพิ่มเติมและสรุป จากนั้นในขั้นนี้จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ ซึ่งก่อให้เกิดประเด็นหรือคำถามหรือปัญหาที่ต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องไปเรื่อยๆเรียกว่า Inquiry Cycle

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5Es) โดยบูรณาการเนื้อหาวิชาในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า กับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของการจัดกิจกรรมนักเรียนได้อภิปราย ตอบคำถามและสะท้อนความคิดทั้งแนวคิดวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยคาดหวังว่าจะสามารถพัฒนาแนวคิดในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถเปลี่ยนแปลงแนวคิดให้ถูกต้องมากขึ้น

การตรวจสอบแนวคิด

การตรวจสอบแนวคิดของผู้เรียนมีหลากหลายวิธีและหลากหลายเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การใช้แบบวัดแนวคิด (Concept test) เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ตรวจสอบว่านักเรียนมีแนวคิดอย่างไรในเนื้อหาบทเรียนที่จัดการเรียนรู้ (ชาตรี ฝ่ายคำ, 2552ข) แบบวัดแนวคิดมีหลายรูปแบบเช่น แบบให้เขียนคำตอบสั้นๆ แบบคำถามปลายเปิดให้เขียนอธิบายคำตอบ (open–end question) แบบ ปรนัยหรือเลือกตอบ (multiple choice) และแบบวินิจฉัย (two tier diagnostic concept test) ซึ่งอาจจะมีทั้งแบบเลือกตอบและเขียนอธิบายเหตุผลประกอบหรือแบบเลือกตอบและเลือกเหตุผลประกอบ การสร้างคำตอบที่เป็นตัวลวงของแบบวัดแนวคิดแบบปรนัยหรือแบบวัดแนวคิดแบบวินิจฉัย อาจสร้างจากแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียนซึ่งมาจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หรืออาจสร้างจากแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนที่ทำการสำรวจด้วยแบบวัดแนวคิดคำถามปลายเปิด

การให้ผู้เรียนเขียนแผนผังแนวคิด (Concept mapping) เป็นวิธีที่สามารถตรวจสอบแนวคิดของผู้เรียนได้เพราะการเขียนแผนผังแนวคิดจะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดต่าง ๆ เข้าด้วยกัน (Novak and Gowin, 1984 อ้างใน วรรณทิพา รอดแร้งค้า, 2540) และเมื่อแสดงแนวคิดออกมาในรูปของแผนผังแนวคิดจะทำให้ครูทราบว่า ผู้เรียนมีแนวคิดอย่างไร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทำนาย-การสังเกต-การอธิบาย (Prediction–observation-explanation) เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถหาได้ว่านักเรียนกำลังคิดอะไรอยู่ โดยครูจัดเตรียมสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่งขึ้นแล้วให้นักเรียนทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้น หลังจากนั้นให้ผู้เรียนสังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแล้วอธิบายพร้อมทั้งเปรียบเทียบการอธิบายและการทำนายว่าเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2552ข) และการกระตุ้นให้นักเรียนแสดงแนวคิดออกมาโดยการอธิบายด้วยภาษาตามความเข้าใจของผู้เรียน

การสัมภาษณ์เกี่ยวกับตัวอย่าง (Interview about instance) เป็นการกำหนดตัวอย่างประกอบกับการสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อให้นักเรียนแสดงแนวคิดออกมา เช่น การหาแนวคิดของนักเรียนเรื่องสัตว์ ครูจึงแสดงภาพตัวอย่างที่เป็นสัตว์และไม่ใช่สัตว์ แล้วใช้คำถามถามผู้เรียน “ตามความเข้าใจของนักเรียนสิ่งที่นักเรียนเห็นในภาพเป็นสัตว์หรือไม่” เมื่อผู้เรียนตอบ ครูอาจถามต่อไปว่า “นักเรียนรู้ได้อย่างไรว่าสิ่งมีชีวิตในภาพคือสัตว์” (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2552ข)

การสัมภาษณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์ (Interview about event) การสัมภาษณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์มีความยืดหยุ่นมากกว่าการสัมภาษณ์เกี่ยวกับตัวอย่าง (ชาตรี ฝ่ายคำ, 2552ข) เพราะนักเรียนสามารถแสดงแนวคิดที่มีต่อปรากฏการณ์ในขณะนั้นได้ เช่น ถ้าต้องการตรวจสอบแนวคิดเรื่องออสโมซิสครูจึงหยดเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 70% ลงบนเซลล์สาหร่ายหางกระรอก ให้นักเรียนสังเกตเซลล์สาหร่ายหางกระรอกผ่านกล้องจุลทรรศน์แล้วถามผู้เรียนว่า “นักเรียนคิดว่าเซลล์ของสาหร่ายหางกระรอกจะเป็นอย่างไร”เป็นต้น

การใช้บทสนทนาหาแนวคิด (Viewfinders) เป็นวิธีการตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนขณะที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการสนทนานี้ไม่ได้มุ่งหาคำตอบที่ถูกต้องหรือการมีแนวคิดที่ถูกต้องของผู้เรียนแต่เพียงอย่างเดียวแต่เป็นการตั้งคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนแสดงแนวคิดของตนออกมาหรือใช้คำถามนำนักเรียนเข้าสู่การสนทนาเพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่เรียนรู้อย่างไร (วรรณทิพา รอดแรงค้า 2540; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2552ข)

อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน (Student reflective journals) เป็นแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งมีการกำหนดหัวข้อให้นักเรียนเขียนบันทึก มีจุดมุ่งหมายของการใช้อนุทินเพื่อตรวจสอบแนวคิดหรือความเข้าใจของนักเรียนภายหลังเมื่อนักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้แล้ว โดยมีการกำหนดหัวข้อให้บันทึกได้แก่ สิ่งที่ได้เรียนรู้ สิ่งที่อยากเรียนรู้ข้อสงสัยหรือประเด็นที่ยังไม่เข้าใจ ความรู้สึกความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้และข้อเสนอแนะสำหรับการสอนของครู ข้อมูลที่ได้จากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของผู้เรียนสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงกิจกรรรมให้ดีขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจสอบแนวคิดครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดแนวคิด (Concept test) แบบเลือกตอบหรือปรนัย มีตัวเลือก 4 ตัวเลือก เพื่อตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนโดยครอบคลุมแนวคิดเรื่องพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดจำนวน 40 ข้อ โดยแบบวัดแนวคิดชุดนี้ได้วิเคราะห์แนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนจากเอกสารงานวิจัยต่างๆ

แนวคิดวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า

การจัดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ได้กำหนดให้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า จัดอยู่ในสาระวิทยาศาสตร์ สาระที่ 5 พลังงาน 5 มาตรฐาน ว 5.1 “เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์”โดยมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.1–ม.3 กำหนดให้นักเรียน สังเกต อภิปราย ทดลอง อธิบายและคำนวณเกี่ยวกับไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยผลการเรียนรู้ที่คาดหวังดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 3

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 3	**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**
สังเกต อภิปราย ทดลอง อธิบายและคำนวณเกี่ยวกับไฟฟ้า	1. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ 2. คำนวณพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ 3. สังเกตและอภิปรายการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้านอย่างถูกต้อง ปลอดภัยและประหยัด

ที่มา: สสวท. (2551)

ซึ่งจากการศึกษาเอกสารหลักสูตรและหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม1ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสามารถสรุปแนวคิดเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า ดังนี้

1. แหล่งกำเนิดไฟฟ้า

1.1 ไฟฟ้าสถิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 เซลล์ไฟฟ้าเคมี

1.3 กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม

2. กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทาน

2.1 กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์

2.2 ชนิดของตัวนำและความต้านทาน

2.3 กฎของโอห์ม

3. การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

3.1 วงจรอนุกรมและขนาน

4. อุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านและการคิดค่าไฟฟ้า

4.1 อุปกรณ์ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน

4.2 วงจรลัดและฟิวส์

4.3 กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก ดังที่หลาย ๆ ประเทศได้กำหนดว่าการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ต้องมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วย เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science) ในเอกสาร Science for All Americans ได้กำหนดให้เป้าหมายของการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ว่าต้องมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน คือโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ วิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกิจการทางวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับประเทศไทย การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์รวมทั้งด้านเทคโนโลยี ได้ถูกกำหนดไว้ในสาระที่ 8 โดยกำหนดมาตรฐานสาระการเรียนรู้ไว้ดังต่อไปนี้ **"**ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ และเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน" โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์หรือ สสวท. ได้กำหนดให้ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในทุกระดับชั้นบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ากับเนื้อหาในรายวิชาที่สอนตามแต่จะสามารถบูรณาการได้ อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยทั้งภายในและต่างประเทศยังพบว่า ทั้งนักเรียน นักศึกษา นักศึกษาวิชาชีพครูและครูวิทยาศาสตร์ยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในบางองค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของคำว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้หลากหลายความหมาย ดังต่อไปนี้

McComas (2000) ได้ให้ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งสอดคล้องกับความหมายที่ Lederman *et al.* (2002) ได้เสนอไว้ดังนี้

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือการผสมผสานการศึกษาทางสังคมของวิทยาศาสตร์ในหลายด้านอาทิ เช่น ด้านประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยาละปรัชญาทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร นักวิทยาศาสตร์มีขั้นตอนอย่างไรในการทำงาน นักวิทยาศาสตร์ทำงานเป็นกลุ่มสังคมได้อย่างไร และสังคมมีปฏิกิริยาอย่างไรต่อความพยายามทางวิทยาศาสตร์ การศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่ได้มุ่งศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติเหมือนวิทยาศาสตร์โดยตรง สังคมวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยบุคคลที่อุทิศตนในหน้าที่เพื่อการทำความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น แต่ผู้ที่ศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาจากหลายสาขาวิชาและมุ่งที่จะศึกษาวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ โดยตั้งคำถามว่าอะไรเป็นตัวกำหนดขอบเขตของวิทยาศาสตร์ เพื่อทำให้วิทยาศาสตร์ต่างจากศาสตร์อื่นๆ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้จากการค้นพบหรือมาจากการผสมผสานความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ

Lederman *et al.* (2002) ได้เสนอความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับความหมายที่ McComas เสนอไว้ซึ่งสรุปได้ว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นการอ้างถึงญาณวิทยาและสังคมวิทยาของวิทยาศาสตร์ ในฐานะที่เป็นวิถีแห่งความรู้หรือค่านิยมและความเชื่อที่มีอยู่ในองค์ความรู้และพัฒนาการขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lonsbury and Ellis (2002) ได้อธิบายความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้สอดคล้องกับ McComas และ Lederman สรุปได้ว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับญาณวิทยาทางวิทยาศาสตร์หรือวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการพัฒนาความรู้เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการรู้ที่มาตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของความรู้นั้นจะช่วยให้บุคคลสามารถตัดสินใจบนพื้นฐานของเหตุผลและการใช้ประโยชน์จากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

สสวท. (2545) ได้ให้ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาด้วยความพยายามของมนุษย์ที่จะใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific process) ในการสืบเสาะแสวงหาความรู้ (Scientific inquiry) การแก้ปัญหาโดยผ่านการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ (investigation) การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบและการสืบค้นข้อมูลทำให้เกิดความรู้ใหม่เพิ่มพูนตลอดเวลา

จากความหมายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้มาจากการแสวงหาสืบเสาะ ตรวจสอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบต่างๆ อย่างเป็นระบบแต่ไม่แน่นอนตายตัว ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทนแต่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จึงเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีขอบเขตและขีดจำกัด รวมทั้งยังสัมพันธ์กับมิติทางสังคม ความเชื่อและค่านิยมที่มีอยู่อีกด้วย

องค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์พบว่า นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้กำหนดองค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้หลากหลาย ดังต่อไปนี้

American Association for the Advancement of Science [AAAS], (1990); สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), (2544) ได้กำหนดองค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ด้าน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific World View) ประกอบด้วย

1.1 โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้ หมายถึง ปรากฏการณ์ต่างๆในธรรมชาติเป็นองค์ความรู้ที่สามารถทำความเข้าใจได้ โดยเชื่อว่าปรากฏการณ์ต่างๆมีรูปแบบหรือแบบแผนที่แน่นอน นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าโดยอาศัยความรู้ความสามารถ สติปัญญาและเครื่องมือที่ทันสมัย สามารถช่วยให้มนุษย์ค้นพบแบบแผนและคำอธิบายถึงสิ่งต่างๆที่เกิดขึ้นได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับหลักฐานหรือข้อค้นพบใหม่ที่ได้จากการสังเกตหรือจากการรวบรวมข้อมูลหลักฐานโดยหลักฐานใหม่นี้อาจเกิดจากเครื่องมือวัดที่มีความทันสมัยมากขึ้น เป็นต้น

1.3 วิทยาศาสตร์มีความคงทน แม้นักวิทยาศาสตร์จะเชื่อว่าไม่มีความจริงที่แท้ (Absolute truth) แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทนและมีความแน่นอน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการอ้างอิงหลักฐานข้อเท็จจริงที่ปรากฏและไม่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายๆจนกว่าจะมีหลักฐานใหม่ และหลักฐานใหม่มักเป็นหลักฐานที่จะช่วยในการขยายองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้ลึกซึ้งมิใช่การล้มเลิกความรู้ดั้งเดิม

1.4 วิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำตอบที่สมบรูณ์ของทุกคำถาม หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในธรรมชาติได้ทั้งหมด เช่น พลังเหนือธรรมชาติ ปรากฏการณ์เหนือธรรมชาติ ความเชื่อเรื่องโชคลาง จิตวิญญาณและสิ่งลี้ลับ นักวิทยาศาสตร์จะไม่นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาตัดสินถูกหรือผิดในแง่ที่เกี่ยวกับความเชื่อ ความดีหรือความชั่วของมนุษย์

2. ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry)

2.1 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ตรวจสอบได้ หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอ้างอิงหลักฐานที่สามารถตรวจสอบได้เพื่อให้เป็นความรู้ที่คงทน ยาวนานเป็นความรู้ที่น่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับของทุกสาขาอาชีพ โดยหลักฐานที่ได้นักวิทยาศาสตร์อาจได้จากวิธีการสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นระยะเวลายาวนานเพื่อความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับโดยนานาชาติ

2.2 วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีขั้นตอนหลายกระบวนการ เช่น การตั้งสมมติฐานและการสร้างทฤษฎี การตั้งสมมติฐานหรือการตั้งทฤษฎีเพื่อสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นกระบวนการที่มักต้องอาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ โดยจินตนาการนั้นๆต้องสามารถนำมาเชื่อมโยงอย่างมีเหตุมีผลกับหลักฐานอ้างอิงที่ปรากฏได้

2.3 การหลีกเลี่ยงอคติของนักวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ต้องหลีกเลี่ยงความลำเอียงโดยเฉพาะความลำเอียงที่เกิดจาก ความเชื่อ ค่านิยม อายุเพศ เชื้อชาติหรือนโยบายทางการเมืองไม่ให้มามีผลกับการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสำรวจตรวจสอบ การเลือกกลุ่มตัวอย่างหรือการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.4 วิทยาศาสตร์ไม่โน้มเอียงตามผู้มีอำนาจ นักวิทยาศาสตร์ไม่ถูกชี้นำด้วยอำนาจทางการเมืองหรือผู้มีอำนาจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific enterprise)

3.1 วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม นักวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งในสังคม ดังนั้นจึงรับอิทธิพลจากมิติทางสังคมและวัฒนธรรมความเชื่อต่างๆ กิจการทางวิทยาศาสตร์นั้นเกี่ยวข้องกับกิจกรรมในสาขาอาชีพอื่นๆที่มีในสังคม เช่น การที่นักวิทยาศาสตร์ทำงานอยู่ในหน่วยงานของรัฐ หน่วยงานเอกชน องค์กรอิสระต่างๆที่เกี่ยวข้องในสาขาวิชาชีพของนักวิทยาศาสตร์นั้นๆ เช่น วงการอุตสาหกรรม องค์กรธุรกิจหรือ โรงพยาบาล เป็นต้น

3.2 วิทยาศาสตร์ได้ถูกจัดระบบอยู่ในเนื้อหาวิชาสาขาวิชาต่างๆและดำเนินการในสถาบันต่างๆ วิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็นสาขาต่างๆ เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา ธรณีวิทยา สมุทรศาสตร์ ดาราศาสตร์ เป็นต้น และความรู้ทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน

3.3 นักวิทยาศาสตร์ต้องคำนึงถึงคุณธรรมและจริยธรรม การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ต้องทำงานโดยยึดหลักของคุณธรรมและจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างเคร่งครัด (Elliptical norms of science) โดยเฉพาะการเก็บรวบรวมข้อมูลหรือการอ้างอิงหลักฐานต้องมาจากข้อมูลที่เป็นจริง ไม่ปกปิดหรือบิดเบือนข้อมูลกับสาธารณชนเพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นอาจมีผลกระทบต่อชีวิตของมนุษย์หรือสังคมโดยรวม

3.4 นักวิทยาศาสตร์ได้เข้าร่วมกับกิจกรรมสาธารณะทั้งในฐานะผู้เชี่ยวชาญ นักวิทยาศาสตร์อยู่ในฐานะทั้งนักวิทยาศาสตร์และอยู่ในฐานะพลเมืองของประเทศนั้นๆ จึงต้องมีหน้าที่หรือบทบาทที่เกี่ยวข้องกับสังคม นักวิทยาศาสตร์สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาช่วยเหลือคนในสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์

จากงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของ Lederman *et al.* (2002) โดยกำหนดองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้เป็นข้อๆ 8 ข้อ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ (The Tentative Nature of Scientific Knowledge) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อได้ข้อมูลใหม่จากการสังเกตหรือการแปลความใหม่จากข้อมูลชุดเดิม คุณลักษณะอื่นๆ ทั้งหมดของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ล้วนเป็นเหตุผลของความไม่คงทนของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The Empirical Nature of Scientific Knowledge) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนพื้นฐานหรือ/และได้มาจากการสังเกตปรากฏการณ์ในธรรมชาติซึ่งมีหลักฐานตรวจสอบได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ความเป็นอัตนัยและการถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The Subjective and Theory-laden Nature of Scientific Knowledge) วิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลและถูกขับเคลื่อนโดยทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ซึ่งได้รับการยอมรับในเวลานั้น กล่าวคือ การตั้งคำถามวิธีการสืบเสาะหาคำตอบ การตีความหมายข้อมูล มักถูกเหนี่ยวกับโดยกฎและทฤษฎีดังกล่าวอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และทำให้วิทยาศาสตร์ก้าวหน้าไปภายใต้กรอบแนวคิดเดิมยกเว้นมีการตีความข้อมูลจากความเข้าใจที่แตกต่างจากเดิม เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ความอัตนัย อันหมายรวมถึง ค่านิยม ความเชื่อส่วนบุคคล ประสบการณ์การเดิมซึ่งคอยกำกับสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาและวิธีการที่ใช้

4. จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ (The Creative and Imaginative Nature of Scientific Knowledge) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกสร้างมาจากจินตนาการของมนุษย์และการใช้เหตุผลเชิงตรรกะ การสร้างสรรค์นี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสังเกตและการลงความเห็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ

5. มิติทางสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (The Social and cultural Embededness of Scientific Knowledge) เป็นกิจการที่ดำเนินการโดยมนุษย์ ดังนั้นจึงได้รับอิทธิพลจากสังคมและวัฒนธรรมซึ่งนักวิทยาศาสตร์ผู้นั้นเป็นสมาชิกอยู่ ค่านิยมและความคาดหวังของวัฒนธรรมจะเป็นตัวกำหนดสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ

6. การสังเกต การลงความเห็นและความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (Observation inference and Theoretical Entities in Science) วิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสังเกตและการลงความเห็นข้อมูลจากการสังเกตรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสของมนุษย์ หรือเครื่องมือการลงความเห็นเป็นการแปลความจากการสังเกตเหล่านั้น ประชานิยมและความเชื่อส่วนบุคคลเป็นตัวกำกับการสังเกตและการลงความเห็นมุมมองจากหลายๆแหล่งจะช่วยให้การแปลความจากการสังเกตนั้นถูกต้องมากขึ้น

7. ทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Theories and Laws) ทฤษฎีและกฎเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์คนละประเภทกัน กฎบรรยายความสัมพันธ์ของสิ่งที่สังเกตได้หรือสิ่งที่สามารถรับรู้ได้จากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ส่วนทฤษฎีเป็นคำอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและความสัมพันธ์ในธรรมชาติสมมติฐานในทางวิทยาศาสตร์อาจเปลี่ยนแปลงไปเป็นทฤษฎีหรือกฎก็ได้หากมีหลักฐานสนับสนุนจำนวนมากและได้รับการยอมรับในหมู่นักวิทยาศาสตร์กฎไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นทฤษฎีได้เช่นเดียวกับทฤษฎีไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นกฎในลักษณะของลำดับขั้น(พัฒนาจากสิ่งหนึ่งไปเป็นอีกสิ่งหนึ่ง) เพราะทั้งสองทำหน้าที่ต่างกัน

8. วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Myth of Scientific method) การทดลองทางวิทยาศาสตร์จะต้องมีการควบคุมตัวแปร การจัดกระทำข้อมูล รวมถึงศึกษาผลที่เกิดขึ้น แต่กระบวนการทาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์นั้นไม่มีระเบียบขั้นตอนที่ตายตัว และวิธีการทางวิทยาศาสตร์มีได้หลากหลายวิธีการขึ้นอยู่กับสิ่งที่ศึกษา อาทิ เช่น การสังเกต การรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง การสร้างแบบจำลอง เป็นต้น

ผู้วิจัยได้เลือกใช้องค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่กำหนดโดย Lederman ในปี 2002 เนื่องจากมีองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจน คลอบคลุมในทุกกรอบแนวคิดในมาตรฐานระดับชาติและในระดับสากล เช่น ด้านองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และด้านความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับมิติทางสังคม วัฒนธรรม ความเชื่อของสังคม รวมทั้งเครื่องมือ V NOS-Form C ที่ใช้วัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้องค์ประกอบของ Lederman ได้รับการพัฒนาจนมีคุณภาพมาตรฐานในระดับสากล

การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีหลายวิธีการซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบนัย (implicit approach) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นเนื้อหาวิชาความรู้วิทยาศาสตร์โดยอาศัยการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไม่มีการหยิบยกประเด็นของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาให้นักเรียนรู้รวมทั้งไม่เปิดโอกาสให้มีการสะท้อนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการจัดการเรียนรู้ในลักษณะดังกล่าวไม่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ถูกต้องได้ (สุธาวัลย์ มีศรี และคณะ, 2550; สุทธิดา จำรัส และ นฤมล ยุตาคม, 2551; Khishfe and Abd-El–Khalick, 2002; Schwartz *el al.,* 2004)

2. การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยให้ผู้เรียนศึกษาประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (historical approach) คือการสอนโดยใช้เนื้อหาที่เกี่ยวกับประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สอนร่วมกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะการใช้วิธีการสืบเสาะ หาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์หรือการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านการศึกษาประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้บางประเด็นเท่านั้น แต่ถือว่ามีอิทธิพลต่อการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์น้อยมาก (Abd –El-Khalick and Lederman, 2000; Khishfe and Abd –El- Khalick, 2002; Din-yan Yip, 2006)

3. การจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด (Explicit approach and Reflective approach) เป็นการจัดกิจกรรมที่เน้นการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์สำคัญเท่าๆ กับการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ อภิปรายและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีการปรับปรุงและแก้ไขความคลาดเคลื่อนในประเด็นต่างๆ ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในลักษณะดังกล่าวสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทรรศนะความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น

กระบวนการสอนแบบนี้มีลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้

1. มีการระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนรับรู้อย่างชัดแจ้ง

2. มีการระบุความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดแจ้งระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้คำถามนำประเด็นทางด้านองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและร่วมแสดงความคิดเห็น โดยพยายามเชื่อมโยงแนวคิดดั้งเดิมกับแนวคิดใหม่ที่ได้จากการเรียนรู้

3. มีการวัดผลและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สามารถวัดได้จากการแสดงความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในรูปแบบต่างๆ เช่น จากการแสดงความคิดเห็นในระหว่างกิจกรรม จากอนุทินการเรียนรู้ จากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

ในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งนี้ผู้วิจัยสามารถออกแบบกิจกรรมได้หลากหลายเพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เช่น

1. การสอนโดยใช้ประวัติศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ในการอภิปรายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เช่น ในกรณีศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ (Historical case study) (Matthews, 2000 อ้างใน สสวท., 2551)

2. การสอนโดยใช้เรื่องหรือประเด็นต่างๆในด้านวิทยาศาสตร์สื่อในการเรียนรู้ เช่น ประเด็นที่เป็นข้อถกเถียงต่าง ๆ เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (Controversy issue) (Sadler and Zeigler, 2003 อ้างใน สสวท., 2551)

3. การสอนโดยให้นักเรียนได้สามารถเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ผ่านการฝึกปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการอภิปรายความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เช่น กิจกรรมคิดและปฏิบัติ (Hand-on mind–on activities and Practical framework) การให้นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry process) โดยมีการกระตุ้นโดยใช้คำถามและแนะแนวทางให้สืบเสาะหาคำตอบ (Guided inquiry) หรือโดยให้ผู้เรียนออกแบบการทดลองโดยให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง (Open- ended inquiry) (National Academy of Science, 1998; Bianchini and Colburn, 1999 อ้างใน สสวท., 2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีมากมายหลายประเภทโดยในระยะแรกนั้นเครื่องมือที่ใช้วัดเป็นลักษณะ Paper and Pencil Test (Lederman, 2002) ซึ่งมีหลายแบบ เช่น การเลือกตอบ ถูกผิด เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย แต่ไม่มีการให้เหตุผล ซึ่งเครื่องมือลักษณะนี้ นักการศึกษาหลายท่านตั้งข้อสังเกตถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้ จึงได้มีการปรับปรุงเครื่องมือวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมและมีความครอบคลุมมากขึ้น เช่น การใช้คำถามปลายเปิด ในแบบวัด View of Nature of Science Questionnaire ซึ่งนักเรียนจะต้องอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของตนเองทำให้สามารถได้ข้อมูลที่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพมากขึ้น View of Nature of Science Questionnaire มีหลายเวอร์ชั่นดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. View of Nature of Science Questionnaire (VNOS-Form A) เป็นเครื่องมือวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยออกแบบเพื่อประเมินความเชื่อเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ออกแบบโดย Lederman และ O' Malley ในปี 1990 ประกอบด้วยคำถามแบบอัตนัยจำนวน 7 ข้อ โดยวัดองค์ประกอบของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่อไปนี้

1.1 จินตนาการของมนุษย์และความคิดสร้างสรรค์

1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎและทฤษฎี

1.3 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ตรวจสอบได้

1.4 การสังเกต การลงข้อสรุป

1.5 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้

2. View of Nature of Science Questionnaire (VNOS-Form B) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงมาจาก View of Nature of Science Questionnaire (VNOS-Form A) โดยในปี 1989 Abd-El-Khalick และคณะได้ปรับปรุงเพื่อสามารถนำไปใช้กับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ VNOS-Form B เป็นแบบอัตนัยจำนวน 7 ข้อโดยต้องใช้ร่วมกับการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อให้ได้ข้อมูลในเชิงลึกและเพื่อช่วยในกรณีที่อ่านคำถามไม่เข่าใจ องค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ทำการวัดมีดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎและทฤษฎี

2.3 จินตนาการของมนุษย์และความคิดสร้างสรรค์

2.4 การสังเกตและการลงข้อสรุป

2.5 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ตรวจสอบได้

3. View of Nature of Science Questionnaire (VNOS-Form C) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงมาจาก VNOS-Form A และ VNOS-Form B เนื่องจากการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่าคำถามบางข้อใน VNOS-Form A และ VNOS-Form B ไม่สามารถหาข้อสรุปได้ ในปี 1989 Abd-El-Khalick จึงพัฒนาแบบวัดให้มีความชัดเจนและครอบคลุมองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้นโดยเพิ่มจำนวนข้ออีก 3 ข้อ และเพิ่มองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อีกหนึ่งประเด็นคือ มิติทางสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังได้ปรับปรุงคำถามในการสัมภาษณ์ให้สอดคล้องกับข้อคำถามในแบบวัด VNOS-Form C ทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้ตรงตามความต้องการของผู้วิจัยได้มากขึ้นและทำการวัดองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่อไปนี้

3.1 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกฎและทฤษฎี

3.3 การสังเกตและการลงข้อสรุป

3.4 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ตรวจสอบได้

3.5 มิติทางสังคมและวัฒนธรรม

3.6 จินตนาการของมนุษย์และความคิดสร้างสรรค์

4. View of Nature of Science Questionnaire (VNOS-Form D) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบอัตนัยจำนวน 7 ข้อ ได้รับการพัฒนาเพื่อให้ใช้เวลาในการทำข้อสอบน้อยกว่าหนึ่งชั่วโมง นำมาใช้สำหรับการวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นักเรียนในระดับ ชั้นประถมศึกษาและในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยทำการวัดองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่อไปนี้

4.1 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้

4.2 จินตนาการของมนุษย์และความคิดสร้างสรรค์

4.3 ความเป็นอัตนัย

4.4 การสังเกตและการลงข้อสรุป

4.5 การตั้งอยู่บนประจักษ์พยาน

5. View of Nature of Science Elementary School Version (VNOS-Form E) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบอัตนัยจำนวน 7 ข้อเหมาะสำหรับการวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นประถมปีที่ 3 โดยมีการปรับข้อคำถามให้สั้นเข้าใจง่ายเพื่อให้นักเรียนที่อ่านไม่ออกและเขียนไม่ได้มากนักสามารถทำข้อสอบได้มากขึ้น

6. Draw a Scientist Test (DAST) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์โดยให้นักเรียนวาดภาพ โดยวัดและประเมินผลจากองค์ประกอบดังต่อไปนี้ เสื้อห้องปฏิบัติการ แว่นตา ผมและใบหน้าที่มีเครา หนวดหรือผมยาวมาก อุปกรณ์ห้องปฏิบัติการ (มีของเหลวที่พุดขึ้นเป็นฟอง หรือมีเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์) หนังสือและตู้เก็บเอกสาร ผลิตภัณฑ์ทางเทคโนโลยีของวิทยาศาสตร์และ คำอธิบายภาพ (สูตร, องค์ความรู้ใหม่) เป็นต้น

จากเครื่องมือวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดังกล่าวผู้วิจัยได้ตัดสินใจใช้แบบวัด View of Nature of Science Questionnaire (VNOS-Form C) เพราะเป็นเครื่องมือที่ได้รับการพัฒนาจากทั้ง VNOS-Form A และ VNOS-Form B มีเนื้อหาครอบคลุมองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งหมดของ Lederman และเป็นเครื่องมือมาตรฐานที่ตรวจสอบความเชื่อมั่นและความตรงเรียบร้อยแล้ว นอกจากนั้นผู้วิจัยยังต้องการวัดองค์ประกอบด้านคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์จึงใช้แบบวัด Draw a Scientist Test (DAST) เป็นแบบวัดร่วมกับ VNOS-Form C

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องไฟฟ้า

ไกรรักษ์ โชติรัตน์ (2537) เพื่อศึกษา 1) ศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้า ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตจังหวัดสระแก้ว 2) เปรียบเทียบแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า ระหว่างนักเรียนหญิงและนักเรียนชายในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตจังหวัดสระแก้ว 3) เปรียบเทียบแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนที่มีขนาดต่างกันในเขตจังหวัดสระแก้ว กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2536 ในจังหวัดสระแก้วจำนวน 367 คน ได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (cluster sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบทดสอบวัดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้า การวิเคราะห์ข้อมูล หาค่าร้อยละและค่าไคสแควร์ (X(2)-test) ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องไฟฟ้า ในทุกหัวข้อ ได้แก่หัวข้อ พลังงานไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน การผลิตกระแสไฟฟ้า การวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า การต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้าในบ้าน อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า วงจรไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้า

2. นักเรียนหญิงและนักเรียนชายมีแนวคิดที่แตกต่างกันที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.05

3. นักเรียนในโรงเรียนขนาดต่างกันมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนต่างกันมีระดับความมีนัยสำคัญ 0.05

สราวุฒิ บุญยืน (2542) เพื่อศึกษา 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนด้วยวิธี วงจรการเรียนรู้และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนด้วยวิธีปกติ 2) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนด้วยวิธีปกติ และ 3) วัดความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาลบ้านสามเหลี่ยม อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2542 จำนวน 73 คน 2 ห้องเรียน สุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยการจับสลากเข้ากลุ่มทดลอง 1 ห้อง จำนวน 37 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้อง จำนวน 36 คน การวิจัยเป็นรูปแบบ Pretest posttest control group design นำคะแนนที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้มาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคงทนในการเรียนรู้ การวิเคราะห์ทำโดยใช้ t-test ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. นักเรียนกลุ่มทดลองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. นักเรียนกลุ่มทดลองมีความคงทนในการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

วีระพงศ์ ขำเหม (2544) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงแนวคิด เรื่อง ไฟฟ้าและเครื่องอำนวยความสะดวก โดยใช้แผนผังแนวคิด กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนแกลง “วิทยสถาวร” จำนวน 40 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบทดสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีความเที่ยง 0.85 แผนการสอนและแผนผังแนวคิดของนักเรียนจำนวนคนละ 3 แผนผัง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คือการเปรียบเทียบแบบจับคู่ ผลการวิจัยพบว่าการใช้แผนผังแนวคิดนักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น มีตัวอย่างแนวคิดมากขึ้น เพิ่มความซับซ้อนมากขึ้น แสดงถึงนักเรียนสามารถบูรณาการความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ได้ การเพิ่มขึ้นของแนวคิดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 และมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 95

สุพจน์ โคตรโสภา (2551) 1)ศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเครื่องใช้ไฟฟ้าของนักเรียนที่ได้รับการเรียนแบบร่วมมือแบบเกมการแข่งขันเป็นทีม 2) เพื่อศึกษาการร่วมมือในการทำงานกลุ่มของนักเรียนที่เรียนแบบร่วมมือแบบเกมการแข่งขันเป็นทีมร่วมกับวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 3)ศึกษาความคงทนในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนแบบร่วมมือแบบเกมการแข่งขันเป็นทีมร่วมกับวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ ดำเนินการวิจัยแบบกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนบ้านเชียงวิทยา อำเภอหนองหาน จังหวัดอุดรธานี จำนวน 28 คน จากการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนที่ได้เรียนแบบร่วมมือแบบเกมการแข่งขันเป็นทีมร่วมกับวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 28.07 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70.17 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 70

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. นักเรียนที่ได้เรียนแบบร่วมมือแบบเกมการแข่งขันเป็นทีมร่วมกับวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

3. นักเรียนที่ได้เรียนแบบร่วมมือแบบเกมการแข่งขันเป็นทีมร่วมกับวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้มีคะแนนความร่วมมือในการทำงานกลุ่มเฉลี่ย 59.79 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.08 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

4. นักเรียนที่ได้เรียนแบบร่วมมือแบบเกมการแข่งขันเป็นทีมร่วมกับวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้มีคะแนนความคงทนในการเรียนรู้เฉลี่ย 28.28 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 70.71 ซึ่งไม่น้อยกว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นุชนาท สิงหา (2554) 1) เปรียบเทียบความสารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5ที่เรียนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ร่วมกับการใช้เทคนิคการจัดแผนผังแนวคิด เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน และ 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5ที่เรียนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ร่วมกับการใช้เทคนิคการจัดแผนผังแนวคิด เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบทดลองหนึ่งกลุ่ม (One-Group Pretest – Posttest Design) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนคลองขลุงราษฎร์รังสรรค์ จังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 38 คน

ผลการวิจัยพบว่า

1. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ร่วมกับการใช้เทคนิคการจัดแผนผังแนวคิดเรื่อง ไฟฟ้าเคมี หลังสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5Es ร่วมกับการใช้เทคนิคการจัดแผนผังแนวคิด เรื่อง ไฟฟ้าเคมี หลังสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1

Hüseyin and Sabri (2007) ศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนที่เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาและเพื่อศึกษาว่านักเรียนในประเทศตุรกีมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเป็นพิเศษหรือไม่ การเก็บข้อมูลโดยวัดจากแบบวัดแนวคิดในเรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายและแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง แบบวัดแนวคิดเป็นคำถามปลายเปิดจำนวน 8 ข้อที่ซึ่งออกแบบให้สอดคล้องกับการเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การสอนตามหลักสูตร ข้อค้นพบที่สำคัญที่สุดในการศึกษาครั้งนี้คือแนวคิดคลาดเคลื่อนที่ว่า “หลอดไฟจะไม่ติดเลยถ้าปิดสวิตซ์” แนวคิดคลาดเคลื่อนนี้มาจากภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ส่วนแนวคิดคลาดเคลื่อนที่ว่า“หลอดไฟที่ต่อแบบขนานจะสว่างกว่าหลอดไฟที่ต่อแบบอนุกรมเสมอ” ซึ่งความคลาดเคลื่อนนี้เป็นผลมาจากการสอนของครูในอดีตที่ผ่านมา มากกว่านั้นยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนที่พบได้บ่อยคือ “กระแสไฟฟ้าถูกใช้เมื่อผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้า” หรือ “แบตเตอรี่เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าคงที่” เป็นต้น

งานวิจัยเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ประไพ การชัญกาศ (2542) ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูชีววิทยาและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 2,810 คน ที่ได้จากการสุ่มอย่างง่ายกับครูชีววิทยาจำนวน 116 คนและจำแนกตามเพศ ประสบการณ์ และเพศกับประสบการณ์ในการสอนวิชาชีววิทยา(1-5 ปี, 6-10 ปี, 11-15 ปี และมากกว่า 15 ปี) ในเขตการศึกษา 11 โดยใช้แบบสอบถามความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จำนวน 94 ข้อแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ 1) ด้านข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับธรรมชาติ มี 4 ด้านย่อย 2) ด้านความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ มี 6 ด้านย่อย 3) ด้านวิธีการเชิงวิทยาศาสตร์ และ 4) ด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม มี 2 ด้านย่อยผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนที่เรียนกับครูชีววิทยาโดยส่วนรวม และจำแนกตามเพศ ประสบการณ์ และเพศกับประสบการณ์ มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยรวม รายด้านทั้ง 4 ด้าน และรายด้านย่อย 8-11 ด้านอยู่ในระดับมาก และมีความเข้าใจอีก 1-4 ด้านย่อยที่เหลืออยู่ในระดับกลาง

2. ครูชีววิทยามีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยรวม รายด้านทั้ง 4 ด้านและรายด้านย่อย 7 ใน 12 ด้าน มากกว่านักเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. ครูชีววิทยาชายและครูชีววิทยาหญิงมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยรวม รายด้านทั้ง 4 ด้าน และรายด้านย่อย 5-8 ด้านมากกว่านักเรียนชายและนักเรียนหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. ครูชีววิทยาที่มีประสบการณ์ในการสอนต่างกันมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยรวม รายด้าน 1-4 ด้านและรายด้านย่อย 2-8 ด้านมากกว่านักเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. ครูชีววิทยาที่มีเพศและประสบการณ์ในการสอนต่างกันมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยรวม รายด้าน 1-3 ด้าน และรายด้านย่อย 1-4 ด้านมากกว่านักเรียนชายและนักเรียนหญิง ยกเว้นครูชีววิทยาหญิงที่มีประสบการณ์ในการสอนมากกว่า 15 ปีขึ้นไป มีความเข้าใจน้อยกว่านักเรียนชายและนักเรียนหญิงในด้านย่อย ความสมบูรณ์และเรียบง่าย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สิรินภา กิจเกื้อกูล นฤมล ยุตาคม และ อรุณี อิงคากุล (2548: 113-145) ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 12 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษา ก ข และ ค ปีการศึกษา 2547 ในประเทศไทย โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากกว่าความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์และเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ครบสมบูรณ์ นอกจากครูผู้สอนจะจัดการเรียนการสอนโดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำการทดลองหรือฝึกปฏิบัติแล้ว ครูผู้สอนจำเป็นต้องสื่อสารออกมาให้นักเรียนได้รับรู้ รับฟัง หรือได้มองเห็นถึงความสำคัญของกิจการทางวิทยาศาสตร์

สุทธิดา จำรัส นฤมล ยุตาคม และพรทิพย์ ไชยโส (2552: 360-374) ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จากนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 135 คน จากโรงเรียนของรัฐบาล 3 แห่ง ในเขตกรุงเทพมหานคร ภาคต้น ปีการศึกษา 2552 การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การลงรหัส จัดกลุ่มและสถิติการบรรยาย ผลการวิจัยสามารถบอกลักษณะของวิทยาศาสตร์ในหลายแง่มุม เช่น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ การสังเกตและการลงข้อสรุป แต่พบว่านักเรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในเรื่อง วิธีการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความหมายและที่มาของกฎและทฤษฎี ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และผลกระทบของสังคมและวัฒนธรรมที่มีต่อวิทยาศาสตร์

สุรยศ ทรัพย์ประกอบ (2553) ได้ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ ชั้นปีที่ 1-5 หลักสูตรการผลิตครู 5 ปี จำนวน 89 คน โดยผู้วิจัยสุ่มกลุ่มที่ศึกษาแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถามความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และให้เขียนแสดงเหตุผลประกอบและแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลโดยจัดกลุ่มนิสิตนักศึกษาเป็น 3 กลุ่ม คือ ความเข้าใจแบบดั้งเดิม ความเข้าใจแบบผสมผสาน และความเข้าใจแบบร่วมสมัย ผลการวิจัยพบว่านิสิตนักศึกษามีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบผสมผสานโดยจำแนกตามด้านได้ดังนี้ ด้านที่ 1 มีความหมายของวิทยาศาสตร์ นิสิตนักศึกษามีความเข้าใจแบบดั้งเดิมร้อยละ 4.7 มีความเข้าใจแบบผสมผสานร้อยละ 93.4 ในด้านที่ 2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นิสิตนักศึกษามีความเข้าใจแบบดั้งเดิมร้อยละ 31.0 มีความเข้าใจแบบผสมผสานร้อยละ 27.2 ในด้าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ 3 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นิสิตนักศึกษามีความเข้าใจแบบดั้งเดิมร้อยละ 16.9 มีความเข้าใจแบบผสมผสานร้อยละ 16.6 ในด้านที่ 4 คุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ นิสิตนักศึกษามีความเข้าใจแบบดั้งเดิมร้อยละ 7.4 มีความเข้าใจแบบผสมผสานร้อยละ 15.3 ในด้านที่ 5 กิจการทางวิทยาศาสตร์ นิสิตนักศึกษามีความเข้าใจแบบดั้งเดิมร้อยละ 6.3 มีความเข้าใจแบบผสมผสานร้อยละ 9.4 โดยภาพรวมนิสิตนักศึกษามีความเข้าใจแบบดั้งเดิมร้อยละ 13.3 มีความเข้าใจแบบผสมผสานร้อยละ 32.4 และมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนจากความเข้าใจร่วมสมัยคิดเป็นร้อยละ 45.7

Moss, Abrams and Robb (2001: 771-790) สำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 6 จำนวน 5 คน ในสหรัฐอเมริกา โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง พบว่า นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านความรู้วิทยาศาสตร์แต่ไม่เข้าใจเกี่ยวกับกิจการทางวิทยาศาสตร์

Bell *et al.* (2003: 487-509) สำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 5 จำนวน 10 คน ที่เรียนจบโปรแกรมภาคฤดูร้อนที่จัดให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติการกับนักวิทยาศาสตร์ในห้องทดลอง โดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง พบว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดี แต่ไม่เข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่ง Bell *et al.* ได้แสดงความคิดเห็นต่อประเด็นนี้ว่า อาจเป็นเพราะนักเรียนมีความเชื่อบางอย่างที่ขัดขวางการทำความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยเกี่ยวกับ Explicit Approach ที่ใช้พัฒนาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

กาญจนา มหาลี (2553) การวิจัยแบ่งเป็น 2 ระยะ ระยะที่ 1 สำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 110 คน จากโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาโดยเลือกแบบเฉพาะเจาะจงจำนวน 3 โรงเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จำนวน 12 ข้อ และสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง คลอบคลุมเนื้อหาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ ระยะที่ 2 เพื่อศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เมื่อมีการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด เนื้อหาที่สอนคือ สารในชีวิตประจำวัน จำนวน 35 คน จากผลการวิจัยในระยะที่ 1 คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีความ คลาดเคลื่อนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในทุกประเด็น โดยเฉพาะประเด็นการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ ในระยะที่ 2 พบว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดด้าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น จากก่อนการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบขัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิด

ขวัญฤทัย เที่ยงจันทราทิพย์ (2553) ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับระบบต่อมไร้ท่อและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การวิจัยครั้งนี้เป็นกรณีศึกษา กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 80 คน ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เรื่องระบบต่อมไร้ท่อ แบบวัดแนวคิดและแบบสำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้และอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน ผลการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาได้ทั้งแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบต่อมไร้ท่อยกเว้นแนวคิดเรื่องการรักษาดุลยภาพของร่างกายด้วยฮอร์โมนจากระบบต่อมไร้ท่อและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้นในทุกประเด็นและสามารถอธิบายเหตุผลสนับสนุนความเข้าใจของตนเองได้มากขึ้น โดยมีความเข้าใจเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม การพัฒนาวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับสังคม เทคโนโลยี วัฒนธรรม บรรทัดฐานและการเมือง วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้และวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมที่ทุคนมีส่วนร่วม

Khishfe and Abd-El-Khalick (2002) ศึกษาผลกระทบของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการเนื้อหาวิชากับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง มีการหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สะท้อนการเรียนรู้ของตนเองเปรียบเทียบกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัยที่มีต่อมุมมองเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้คำถามปลายเปิดและสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ผลการศึกษาพบว่าการเชื่อมโยงและบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้สะท้อนการเรียนรู้ของตนเองสามารถทำให้นักเรียนมีมุมมองที่ถูกต้องเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้นและมากกว่าการจัดการเรียนรู้แบบเป็นนัย ดังนั้นการพัฒนาให้ผู้เรียนมีพัฒนาการมุมมองเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องต้องมีการหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้อภิปรายและสะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง แต่การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบนัยจะเป็นการสอนวิทยาศาสตร์ที่ไม่มีการหยิบยกหรือเชื่อมโยงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนไม่สามารถมีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องได้

Khishfe and Lederman (2006) เพื่อศึกษาผลของการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการเนื้อหาการเรียนวิทยาศาสตร์และการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบไม่บูรณาการกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ โดยกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนในเกรด 9 จำนวน 42 คน แบ่งการเรียนการสอนเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 การสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการเข้ากับเนื้อหาการเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์ในเนื้อหาเรื่อง ภาวะโลกร้อน กลุ่มที่ 2 การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบไม่บูรณาการกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ จากผลการวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม พบว่าสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ถูกต้องมากขึ้น แต่กลุ่มการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบไม่บูรณาการกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องบางส่วนได้ดีกว่าการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการเข้าเนื้อหาการเรียนวิทยาศาสตร์

Khishfe (2008) ซึ่งศึกษาอิทธิพลของการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดในบริบทของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1จำนวน 18 คนใช้เวลาในการสอนทั้งหมด 3 เดือน ในระหว่างการจัดกิจกรรมมีการอภิปรายในประเด็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยการประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือก่อน ระหว่างและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ใน 4 ประเด็น ได้แก่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่สามารถตรวจสอบได้ จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ และการระบุข้อแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็น ผลการศึกษาพบว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนไม่มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ประเด็น ในระหว่างการเรียนรู้เมื่อผ่านไป 1.5 เดือน พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมุมมองเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในบางประเด็นและหลังจากสอนครบ 3 เดือนทำให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน จึงสามารถสรุปได้ว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิดในบริบทการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีอิทธิพลต่อการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยดังที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่านักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องไฟฟ้าในหลายประเด็น ยกตัวอย่างเช่น ความคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า ความคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าและแหล่งกำเนิดไฟฟ้า รวมทั้งเมื่อสำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนพบว่ามีความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในหลายๆประเด็น ยกตัวอย่างเช่น ด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความแตกต่างระหว่างกฎและทฤษฎี และมิติทางสังคมวัฒนธรรมที่มีต่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยของนักการศึกษาบางท่านสามารถพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ได้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งที่มีการเชื่อมโยงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องมากขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้าและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน รวมทั้งศึกษาและเสนอแนวทางในการปฏิบัติการสอนที่ดีในการสอนแนวคิดและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง ซึ่งมีขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้

1. บริบทโรงเรียนและกลุ่มที่ศึกษา
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการหาคุณภาพ
4. การเก็บข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

บริบทโรงเรียนและกลุ่มที่ศึกษา

การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาในโรงเรียนเอกชนขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง สังกัดสำนักบริหารงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน เขตพื้นที่การศึกษาสมุทรปราการ เขต 1 ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นโรงเรียนที่มีมาตรฐานการศึกษาที่ดีและเป็นที่ยอมรับแก่บุคคลทั่วไป สังเกตได้จากจำนวนนักเรียนที่เรียนต่อห้องมีเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนถือได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยดูได้จากคะแนน O-NET ของนักเรียนของนักเรียนในทุกช่วงชั้นอยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศและจังหวัดในทุกรายวิชา ในวิชาวิทยาศาสตร์ผลการประเมิน O-NET ปี 2555 คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 43.74 เป็นของประถมศึกษาปีที่ 6 เท่ากับ 45.51 มัธยมศึกษาปีที่ 3 เท่ากับ 46.31 และมัธยมศึกษาปีที่ 6 เท่ากับ 39.39 ส่วนบริเวณโรงเรียนมีเนื้อที่ทั้งหมด 23 ไร่ 2 งาน 12.5 ตารางวา มีอาคารเรียนทั้งหมด 5 หลังและอาคารโรงอาหารและหอประชุมอีก 1 หลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 1 แสดงภาพอาคารเรียนที่ใช้สำหรับการเรียนการสอน

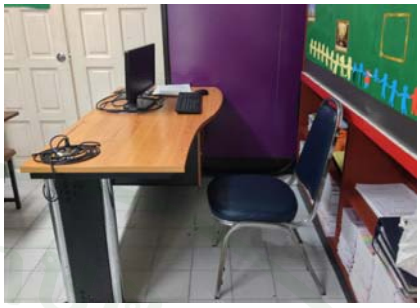
ปีการศึกษา 2556 มีครูผู้สอนทั้งหมด 245 คน เป็นครูวิทยาศาสตร์จำนวน 38 เป็นชาวต่างชาติ 11 คนและครูไทย 27 คน ในที่นี้มีครูที่จบปริญญาเอก 1 คน จบปริญญาโท 56 คน ปริญญาตรี 183 คน อนุปริญญา 3 คนและต่ำกว่าอนุปริญญา 2 คน และครูส่วนใหญ่ได้สอนตรงตามวิชาเอก-โท นักเรียนส่วนใหญ่ของโรงเรียนค่อนข้างมีฐานะดีโดยผู้ปกครองมีอาชีพหลากหลายเป็นทั้งข้าราชการและประกอบกิจการส่วนตัว โดยนักเรียนมีจำนวนทั้งหมด 4,393 คน เป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา 2,073 คน มัธยมศึกษาตอนต้น 1,084 คน และระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 1,236 คน นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีจำนวน 352 คน ประกอบด้วย 8 ห้องเรียนเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานจำนวน 3 คาบต่อสัปดาห์ คาบละ 50 นาที

ในการวิจัยในครั้งนี้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้วิจัยได้เลือกจำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งมีนักเรียนเป็นผู้ชายทั้งหมดจำนวน 43 คน คละความสามารถทางการเรียนในระดับเก่ง ปานกลาง และอ่อนและนักเรียนมีความสามารถรายวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลางโดยในปีการศึกษา 2555 เทอมที่ 2 วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานนักเรียนได้เกรด 4 จำนวน 4 คน เกรด 3.5 จำนวน 7 คน เกรด 3 จำนวน 9 คน เกรด 2.5 จำนวน 10 คน เกรด 2 จำนวน 6 คน เกรด 1 จำนวน 6 คน และไม่มีเกรด 0 แต่ติด ร 1 คน

ส่วนบริบทห้องเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เป็นห้องเรียนประจำและห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยในห้องเรียนประจำของนักเรียนตั้งอยู่บนอาคาร 6 ชั้น ชั้นที่ 5 มีประตู 4 บาน ด้านหน้าและด้านหลังทั้งสองข้าง ไม่มีหน้าต่างแต่ด้านบนมีกระจกใสทำให้มีแสงสว่างเพียงพอ มีหลอดไฟทั้งหมด 6 ดวง ห้องเรียนขนาดอาจคับแคบสำหรับจำนวนนักเรียน โดยประกอบด้วยหน้าห้องมีโต๊ะครู 1 ตัว ภายในมีอุปกรณ์เทคโนโลยีที่สามารถใช้ในการเรียนการสอน เช่น คอมพิวเตอร์ประจำห้อง 1 เครื่อง โปรเจคเตอร์ 1 เครื่อง มีเครื่องขยายเสียงและไมโครโฟนสำหรับครู ลักษณะการจัดวางเก้าอี้เรียนเป็นแถวๆ ข้างละ 5 แถวแต่ละแถวมีนักเรียนประมาณ 4-5 คน โดยนักเรียนนั่งติดกัน ดังภาพที่ 2

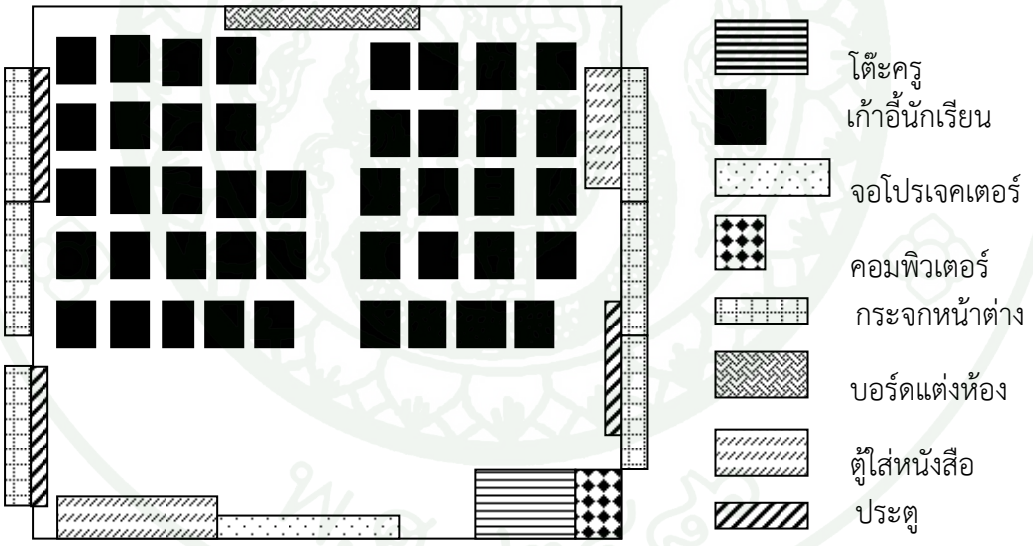
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หน้าห้องเรียน



โต๊ะครูหน้าห้อง

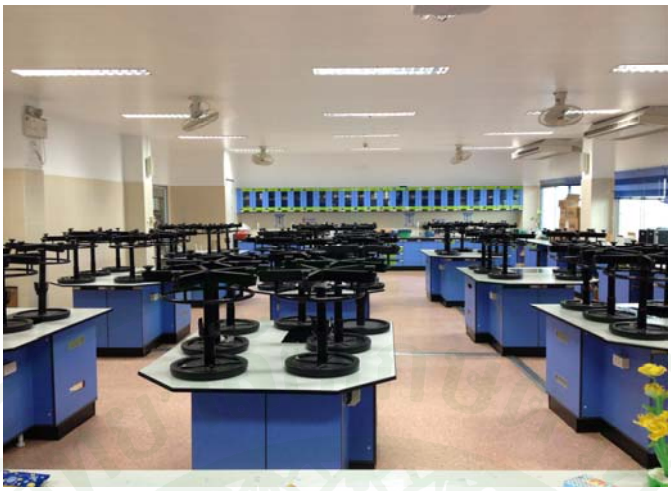
ภาพที่ 2 โครงสร้างห้องเรียนประจำของนักเรียน



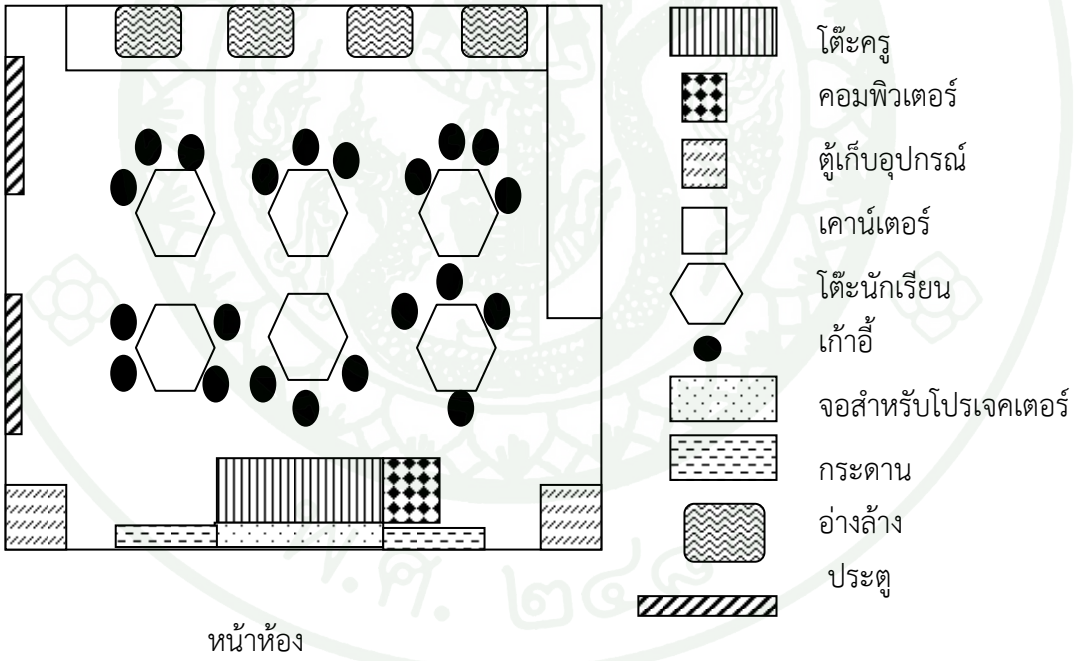
ภาพที่ 3 แผนผังห้องเรียนประจำของนักเรียน

สำหรับห้องห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ที่อาคารติดกันชั้นที่ 6 สามารถเดินไปถึงได้สะดวกภายในเวลาเพียงแค่ 3 นาที ภายในประกอบด้วยโต๊ะสำหรับครูผู้สอน 1 ตัว สำหรับสาธิต พร้อมโต๊ะวางเครื่องโปรเจคเตอร์ และโต๊ะเรียนรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสจำนวน 9 โต๊ะ จัดเป็น 3 แถว แถวละ 3 ตัว แต่ละโต๊ะมีเก้าอี้ประมาณ 5–6 ตัว แต่ละโต๊ะมีนักเรียนนั่ง 1 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน นั่งคนละด้านของโต๊ะ ดังภาพที่ 5 และ 6 อุปกรณ์และสารเคมีในการทำกิจกรรมมีเพียงพอสำหรับนักเรียนแต่ละกลุ่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 แผนผังห้องเรียนประจำของนักเรียน



ภาพที่ 5 แผนผังห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า

โดยในภาพรวมสภาพห้องเรียนประจำและห้องห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความพร้อมสำหรับกิจกรรมการเรียนการสอน มีแสงสว่างพอเหมาะและมีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนการสอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action Research) โดยนำหลักและขั้นตอนของวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and Mctaggart (1990 อ้างใน สุวิมล ว่องวาณิช, 2553) มาเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอน โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นวางแผน (Planning) ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มาตรฐานการเรียนรู้สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 5 พลังงาน มาตรฐาน ว 5.1 “เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์” และหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกรอบเนื้อหาเรื่องพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้พัฒนาแบบวัดแนวคิดเรื่องพลังงานไฟฟ้า

2. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกรอบแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามกรอบของ Lederman และคณะ (2002) ดำเนินการแปลเครื่องมือ View of Nature of Science Form C (VNOS Form-C) พัฒนาโดย Lederman ในปี ค.ศ. 2002 ซึ่งใช้วัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และแปลเครื่องมือ แบบวัด DAST (Draw a Scientist Test) ซึ่งใช้วัดคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยทำการศึกษาเพิ่มเติม

3. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนและการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งเพื่อนำมาใช้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นปฏิบัติ (Action)

ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนที่มีการออกแบบไว้การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งระหว่างที่ผู้วิจัยดำเนินการสอนจะบันทึกวีดีทัศน์เพื่อช่วยในการสังเกต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กระบวนการเรียนการสอน กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน การตอบสนองและพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการจัดกระบวนการเรียนรู้ ผู้วิจัยให้นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ตามรูปแบบที่กำหนดไว้ โดยส่ง 1 ครั้งต่อทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อสะท้อนความรู้ความเข้าใจทั้งด้านแนวคิด ด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และด้านกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละครั้ง

ขั้นติดตามผลการปฏิบัติโดยการสังเกต (Observation)

เมื่อผู้วิจัยดำเนินการสอนในแต่ละแผนแล้วทุกครั้งผู้วิจัยจะบันทึกหลังสอนโดยใช้บันทึกจากวีดีทัศน์ช่วยในการสังเกตการปฏิบัติกิจกรรมกระบวนการเรียนการสอน เพื่อผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือแก้ไขปัญหาจากกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดได้อย่างถูกต้องและครอบคลุมในทุกๆประเด็น

การสะท้อน (Reflection)

1. ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการบันทึกหลังสอนผ่านการสังเกตจากวีดีทัศน์และอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนจากแผนการสอนแต่ละครั้งมาวิเคราะห์โดยเมื่อมีปัญหาหรือข้อบกพร่องเกิดขึ้นในการสอนผู้วิจัยต้องหาช่องทางในการแก้ไขและนำไปปรับปรุงการสอนในครั้งต่อไปเป็นวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อให้ได้แนวปฏิบัติที่ดีในการสอนต่อไป

2. เมื่อผู้วิจัยดำเนินการสอนในทุกแผนซึ่งผ่านกระบวนการวางแผน การปฏิบัติ การสังเกตและการสะท้อนตามวงจรโดยมีการปรับปรุงแผนการสอนและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจนครบทั้ง 10 แผนแล้ว ผู้วิจัยนำแบบวัดแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้าและแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ VNOS-Form C และ แบบวัด DAST มาวัดกับนักเรียนอีกครั้งโดยใช้เวลาเท่ากันคือ 60 นาที ทั้งนี้การใช้แบบวัดก่อนเรียนและหลังเรียนห่างกันไประยะเวลาประมาณ 9 สัปดาห์ทำให้แน่ใจว่านักเรียนจดจำคำตอบหรือข้อสอบได้น้อย อันจะทำให้เกิดความคงที่ของคะแนนที่ได้จากการสอบซ้ำสอดคล้องกับข้อเสนอของ ลินด์วัลล์ และนิทโก (Lindvall and Nitko, 1975 อ้างใน จารุณี วัยเจริญ, 2545: 27) ที่กล่าวว่าการสอบซ้ำควรเว้นช่วงห่างกันตั้งแต่ 1 สัปดาห์ถึง 1 เดือน และเพื่อให้ข้อมูลที่รวบรวมได้น่าเชื่อถือผู้วิจัยจึงได้ใช้เทคนิคสามเส้า (methodological triangular) ที่ใช้วิธีเก็บข้อมูลด้วยวิธีการต่างๆเพื่อรวบรวมข้อมูลเดียวกัน (สุภางค์ จันทวานิช, 2553) โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบวัดทั้งสองมาพิจารณาร่วมกับการวิเคราะห์การเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนและบันทึกหลังสอนของครู

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ (1) แบบวัดแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า (2) แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามกรอบของ Lederman *et .al* (2002) ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาการจัดการเรียนรู้ได้แก่ (1) อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน (2) แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ของครู ซึ่งมีรายละเอียดในการสร้างดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้สร้างแผนการรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า โดยใช้การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งโดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ได้ประยุกต์การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้มี 5 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นการอธิบาย ขั้นขยายความรู้ ขั้นสรุปและประเมินผล โดยแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 4 หน่วยคิดหลักและ 10 แนวคิดย่อย คือ

1.1 แหล่งกำเนิดไฟฟ้า

1.1.1 ไฟฟ้าสถิต

1.1.2 เซลล์ไฟฟ้าเคมี

1.1.3 กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม

1.2 กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทาน

1.2.1 กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์

1.2.2 ชนิดของตัวนำและความต้านทาน

1.2.3 กฎของโอห์ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

1.3.1 วงจรอนุกรมและขนาน

1.4 อุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านและการคิดค่าไฟฟ้า

1.4.1 อุปกรณ์ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน

1.4.2 วงจรลัดและฟิวส์

1.4.3 กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า

แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า โดยใช้การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 10 แผน จำนวน 26 คาบ คาบละ 50 นาที ใช้เวลา 9 สัปดาห์

ขั้นตอนการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้

1. ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ขอบข่ายของหลักสูตรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้ สาระที่ 5 พลังงาน ตัวชี้วัด ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและจุดประสงค์การเรียนรู้ แนวคิดหลัก การวัดผลและประเมินผล สื่อและแหล่งการเรียนรู้ เช่น หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกรอบเนื้อหาเรื่องพลังงานไฟฟ้า

2. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้จากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียน รู้แบบ 5Es ที่เน้นพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ (สมบัติ การจนารักพงศ์ และคณะ, 2549) เป็นต้น ร่วมกับข้อมูลจากงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ อย่างไรก็ตาม การวิจัยครั้งนี้ได้ยึดรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 ขั้นตอน ซึ่งมีรูปแบบ 5 ขั้นที่สำคัญ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546: 219-220) ดังต่อไปนี้

2.1 การสร้างความสนใจ (Engagement)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 การสำรวจและค้นหา (Exploration)

2.3 การอธิบาย (Explanation)

2.4 การขยายความรู้ (Elaboration)

2.5 การประเมินผล (Evaluation)

3. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยจากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและขอบข่ายเนื้อหาเรื่องพลังงานไฟฟ้าเพื่อวิเคราะห์และพิจารณาการนำองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาใช้ในการอภิปรายในแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน โดยองค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ต้องสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาได้อย่างเหมาะสม โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

3.2 ครูหาสถานการณ์ที่สามารถเชื่อมโยงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

3.3 ครูบ่งชี้และอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

3.4 ประเมินผลธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

4. นำกรอบเนื้อหาเรื่องพลังงานไฟฟ้า แนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องพลังงานไฟฟ้าและประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นและลักษณะการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งมาออกแบบโครงการสอนระยะยาวที่มีการสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่างๆโดยแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ฉ จากนั้นนำมาจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบจำนวน 10 แผน ใช้เวลาทั้งหมด 26 คาบ คาบละ 50 นาที โดยมีการจัดการเรียนรู้สัปดาห์ละ 3 คาบเรียน คิดเป็น 9 สัปดาห์ โดยตารางที่ 2 จะแสดงจำนวนคาบของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ส่วนตารางที่ 3 ผู้วิจัยได้สรุปประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละแผนการสอนไว้ ดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ตารางวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งและจำนวนคาบ

แผนการจัดการเรียนรู้	แนวคิด	จำนวนคาบ
หน่วยย่อยที่ 1 ไฟฟ้าสถิตและแหล่งกำเนิดไฟฟ้า		
แผนที่ 1	ไฟฟ้าสถิต	2 คาบ
แผนที่ 2	เซลล์ไฟฟ้าเคมี	3 คาบ
แผนที่ 3	กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม	3 คาบ
หน่วยย่อยที่ 2 กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทาน		
แผนที่ 4	การวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์	2 คาบ
แผนที่ 5	ชนิดของตัวนำและความต้านทาน	3 คาบ
แผนที่ 6	กฎของโอห์ม	3 คาบ
หน่วยย่อยที่ 3 วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย		
แผนที่ 7	วงจรอนุกรมและขนาน	3 คาบ
หน่วยย่อยที่ 4 อุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านและการคิดค่าไฟฟ้า		
แผนที่ 8	อุปกรณ์ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน	2 คาบ
แผนที่ 9	ไฟฟ้าลัดวงจร	3 คาบ
แผนที่ 10	กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า	2 คาบ
	รวมทั้งหมด	**26 คาบ**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ตารางวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้และองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของ Lederman *et al.* (2002) จำนวน 8 ประเด็นและคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์

เรื่อง	นักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง	องค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์								
		ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนได้ตลอดเวลา	การตั้งอยู่บนพยานหลักฐาน	ความเป็นอัตนัย	ความคิดสร้างสรรค์	มิติทางสังคมและวัฒนธรรม	การสังเกตและการลงข้อสรุป	ทฤษฎีและกฎ	วิธีการทางวิทยาศาสตร์	คุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์
1. ไฟฟ้าสถิต	เบนจามิน แฟรงคลิน	-	√	-	√	√	√	-	-	√
2. เซลล์ไฟฟ้าเคมี	อเลสซานโดร วอลตา	√	√	-	-	-	√	-	-	√
3. กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม	ไมเคิล ฟาราเดย์	-	√	-	-	√	√	-	-	√
4. กระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์		√	-	√	-	-	√	-	-	-
5. ชนิดของตัวนำและความต้านทาน		-	-	-	-	-	-	√	√	-
6. กฎของโอห์ม	เกออร์ก ซีโมน โอห์ม	-	-	-	-	-	-	√	√	√
7. วงจรอนุกรมและขนาน	ทอมัส อัลวา เอดิสัน	-	-	-	√	-	-	√	-	√
8. อุปกรณ์ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน		-	-	-	-	-	√	-	-	-
9. วงจรลัดและฟิวส์		-	√	√	√	-	-	-	√	-
10. กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า		-	-	-	-	√	-	-	√	-

หมายเหตุ: ผู้วิจัยได้ใส่ตัวอย่างแผนการสอนอยู่ที่ภาคผนวก ช

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. สร้างแผนจัดการเรียนรู้ตามกรอบที่ตั้งไว้จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 10 แผน ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านด้านการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยตรวจสอบรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการสอน การประเมินผลและความเหมาะสมของภาษาและเวลาที่ใช้ เช่น ในแผนที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้มีการใช้สื่อคอมพิวเตอร์ *PhET* เรื่อง Balloons and Static electricity แสดงการการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า เป็นต้น

6. นำข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้ในการวิจัยกับกลุ่มที่ศึกษา

แบบวัดแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า

แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับ พลังงานไฟฟ้า ผู้วิจัยใช้แบบวัดแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ แบบวัดแนวคิดนี้ได้มาจากงานวิจัยแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับ พลังงานไฟฟ้า จากประสบการณ์ของตัวผู้วิจัยและเอกสารประกอบการเรียนรู้ต่างๆ

ขั้นตอนในการพัฒนาแบบวัดแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า โดยดำเนินการ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร หลักการ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์และแนวทางในการวัดผลและประเมินผล

2. สร้างตารางวิเคราะห์ตามจุดประสงค์และแนวคิดที่ต้องการวัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระที่ 5 มาตรฐาน ว 5.1 โดยที่เครื่องมือวัดแนวคิดชุดนี้ผู้วิจัยได้วัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนใน 3 ด้าน ได้แก่ ความเข้าใจ การนำไป ใช้และการคิดวิเคราะห์

3. นำตารางที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์มาดำเนินการสร้างแบบวัดแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้าให้สอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น โดยสร้างเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 60 ข้อ โดยมีเกณฑ์ให้คะแนนคือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบผิดให้ 0 คะแนน โดยจะนำไปใช้จริงเพียง 40 ข้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. นำแบบวัดแนวคิดที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อให้พิจารณาตรวจสอบลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ตัวลวง พฤติกรรมที่ใช้ในการวัดและความถูกต้องของภาษา เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดแนวคิด ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1. นำแบบวัดที่ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านซึ่งมีประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และความเหมาะสมกับสำนวนภาษาที่ใช้ พร้อมทั้งข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข เช่น (1) ปรับภาษาให้เข้าใจง่ายโดยการใช้รูปภาพหรือสัญลักษณ์ (2) การปรับตัวลวงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (3) ตัดคำถามบางข้อที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดออกหรือถามไม่กระจ่าง

2. นำแบบวัดที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 130 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาและผ่านการเรียนเรื่อง พลังงานไฟฟ้าแล้ว นำผลที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพแบบวัดรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) แล้วนำผลการวิเคราะห์มาเลือกแบบวัดแนวคิดจำนวน 40 ข้อโดยถือเกณฑ์ดังต่อไปนี้ ค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.2-0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป

ตารางที่ 4 ตารางวิเคราะห์จุดประสงค์และจำนวนข้อสอบที่ใช้วัดแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผ่านการปรับปรุงแล้ว

แนวคิดหลัก	แนวคิดย่อย	จำนวนคาบ	จำนวนข้อ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	คิดวิเคราะห์
1	1.1 ไฟฟ้าสถิต	2	2(3)	2(3)	-	-
	1.2 เซลล์ไฟฟ้าเคมี	3	3(4)	3(4)	-	
	1.3 ไดนาโม	3	2(4)	2(4)	-	-
2	2.1กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์	2	4(6)	2(3)	2(3)	-
	2.2ความต้านทานและชนิดของตัวนำ	3	4(6)	3(4)	1(2)	-
	2.3 กฎของโอห์ม	3	5(7)	3(4)	1(2)	1(1)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 (ต่อ)

แนวคิดหลัก	แนวคิดย่อย	จำนวนคาบ	จำนวนข้อ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	คิดวิเคราะห์
3	3.1 วงจรอนุกรมและวงจรขนาน	3	7(10)	4(5)	2(3)	1(2)
4	4.1 อุปกรณ์ไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้าในบ้าน	2	5(8)	2(3)	2(3)	1(2)
	4.2 วงจรลัดและฟิวส์	3	5(7)	3(4)	2(3)	-
	4.3 กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า	2	3(5)	1(2)	2(3)	-
	รวม	26	40(60)	25(36)	12(19)	3(5)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บคือจำนวนข้อสอบที่ยังไม่ได้ปรับปรุงจำนวน 60 ข้อ

3. นำแบบวัดที่ผ่านการปรับปรุงแล้วนำไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 ใช้กับกลุ่มเดียวกับที่ทดลองใช้ครั้งแรกแล้วนำผลที่ได้มาหาคุณภาพแบบวัดอีกครั้งเพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (reliability) KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) มีค่าเท่ากับ 0.829 โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$KR20 = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{s^2}\right]$$

เมื่อ KR-20 คือ ดัชนีความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

k คือ จำนวนข้อสอบ

p คือ อัตราส่วนระหว่างผู้ที่ตอบถูกกับผู้ที่เข้าสอบทั้งหมด

q คือ อัตราส่วนระหว่างผู้ที่ตอบผิดกับผู้เข้าสอบทั้งหมด

s คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. นำแบบวัดแนวคิดที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญให้พิจารณา เมื่อได้รับการพิจารณาและอนุมัตินำแบบวัดไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการวิจัย (สำหรับตัวอย่างแบบวัดแนวคิดตัวจริงแสดงในภาคผนวก ค)

แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยตัดสินใจใช้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีรูปแบบการพัฒนามาจาก Lederman ซึ่งสอดคล้องกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยต้องการจะศึกษาและพัฒนา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ (1) VNOS –Form C เป็นแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบอัตนัยจำนวน 10 ข้อ สร้างและพัฒนาโดย Lederman *et al.* (2002) และ (2) DAST (Draw a Scientist test) เป็นแบบวัดคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์แบบอัตนัยจำนวน 1 ข้อ โดย David Wade Chambers (1983) โดยคำถามมีการกำหนดสถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยครอบคลุมประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 8 ประเด็นคือ

1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ (Tentativeness)

2. การตั้งอยู่บนประจักษ์พยาน (Empirical basis)

3. ความเป็นอัตนัย (Subjectivity)

4. ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity)

5. มิติทางสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (Social/cultural Embeddedness)

6. การสังเกตและการลงความเห็น (Observation and inference)

7. ทฤษฎีและกฎ (Theories and Laws)

8. วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method)

และองค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้อีกหนึ่งประเด็นที่สอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้ความสำคัญไว้ คือ

9. คุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ (Scientist)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ตารางแสดงจำนวนข้อของแบบวัดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (VNOS Form-C)

Aspects (ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์)	จำนวนข้อ	ข้อ
1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้	1	4
2. การตั้งอยู่บนประจักษ์พยานและหลักฐาน	1	1
3. ความเป็นอัตนัย	1	8
4. ความคิดสร้างสรรค์	1	10
5. มิติทางสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์	1	9
6. การสังเกตและการลงความเห็น	2	6,7
7. ทฤษฎีและกฎ	1	5
8. วิธีการทางวิทยาศาสตร์	2	2,3
9. คุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์	1	11

หมายเหตุ: ผู้วิจัยได้ใส่ตัวอย่างแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ภาคผนวก จ

ขั้นตอนในการพัฒนาแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

1. ศึกษากรอบแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของ Lederman *et al.* (2002) ซึ่งประกอบด้วยประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 8 ประเด็นดังที่กล่าวไว้ และเพิ่มประเด็นที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้ความสำคัญคือคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์

2. ศึกษาข้อมูลแบบแบบวัดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบต่างๆและเลือกใช้เครื่องมือวัดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นซึ่งได้รับการพัฒนามาเรียบร้อยแล้ว อันได้แก่ แบบวัดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หรือ View of Nature of science Form C (VNOS-Form C) ซึ่งเป็นแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ แบบวัดชุดนี้ Lederman ได้ทำการสร้างและตรวจสอบคุณภาพจนเป็นที่น่าเชื่อถือ ส่วนแบบวัด DAST (Draw a Scientist Test)ใช้วัดคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ข้อ โดยการให้นักเรียนวาดภาพนักวิทยาศาสตร์พร้อมเขียนคำอธิบาย ซึ่งได้รับการพัฒนาโดย David Wade Chambers (1983)

3. นำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ VNOS-Form C และแบบวัด DAST (Draw a Scientist Test) ที่แปลจากภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทยเรียบร้อยแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม จากนั้นจึงนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะ เช่นการปรับภาษาที่แปลมาให้ถูกต้องตรงมากขึ้น

4. นำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญเรียบร้อยแล้วมาทำการทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 10 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของภาษาและความเหมาะสมของเวลาที่ใช้

5. นำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการตรวจสอบแล้วมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะที่ได้รับและนำไปใช้วัดกับกลุ่มที่ทำการศึกษาทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นเวลา 60 นาที

แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้

แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้มีลักษณะกึ่งโครงสร้าง สร้างขึ้นสำหรับให้ผู้วิจัยบันทึกเหตุการณ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ บันทึกการจัดการเรียนรู้นี้ผู้วิจัยใช้ในการติดตามผลจากการเรียนการสอนเพื่อนำผลที่ได้มาประเมินและสะท้อนผลการประเมินจากการเรียนการสอนเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้และแก้ปัญหาจากแผนการจัดการเรียนรู้เดิมสำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไป นอกจากผู้วิจัยจะใช้การสังเกตจากสภาพการเรียนการสอนภายในห้องเรียนแล้ว ผู้วิจัยจะใช้การสังเกตจากวีดีทัศน์มาเป็นองค์ประกอบร่วมในการจดบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ด้วย แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้นี้ได้กำหนดกรอบการบันทึกไว้ได้แก่ ด้านแนวคิดวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ปัญหาและอุปสรรค แนวทางในการแก้ไขปัญหาและผลจากการแก้ไขปัญหา เป็นต้น

การพัฒนาแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้

1. ศึกษารูปแบบแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้จากเอกสารต่างๆเพื่อกำหนดกรอบในการบันทึกให้กับผู้วิจัยเอง

2. สร้างแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ตามกรอบที่กำหนดไว้แล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของแบบบันทึก จากนั้นนำคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์มาปรับปรุงแก้ไขเพื่อสามารถบันทึกได้ตามกรอบที่วางไว้ยิ่งขึ้น

3. นำแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลภายหลังการสอนทุกครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน

อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน เป็นแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งมีการกำหนดหัวข้อให้นักเรียนเขียนบันทึก จุดมุ่งหมายของการใช้อนุทินเพื่อศึกษาพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า โดยหัวข้อที่บันทึกได้แก่ สิ่งที่ได้เรียนรู้ สิ่งที่อยากเรียนรู้ ข้อสงสัยหรือประเด็นที่ยังไม่เข้าใจ ความรู้สึกความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้และข้อเสนอแนะสำหรับการสอนของครู ข้อมูลที่ได้จากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนนำมาปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ รวมทั้งวิธีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งในวงจรของวิจัยเชิงปฏิบัติการในหน่วยถัดไป

การพัฒนาอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเขียนอนุทิน เช่น จุดประสงค์การเขียนอนุทินและหลักการเขียนอนุทินจากทั้งงานในประเทศและต่างประเทศ

2. กำหนดจุดประสงค์ในการเขียนอนุทินเพื่อให้นักเรียนทราบจุดมุ่งหมายทั้งในด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า

3. ร่างกรอบการเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้

4. นำร่างกรอบการเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องขององค์ประกอบในการเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้

5. ปรับปรุงร่างกรอบการเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และนำไปใช้กับกลุ่มที่ทำการศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูล

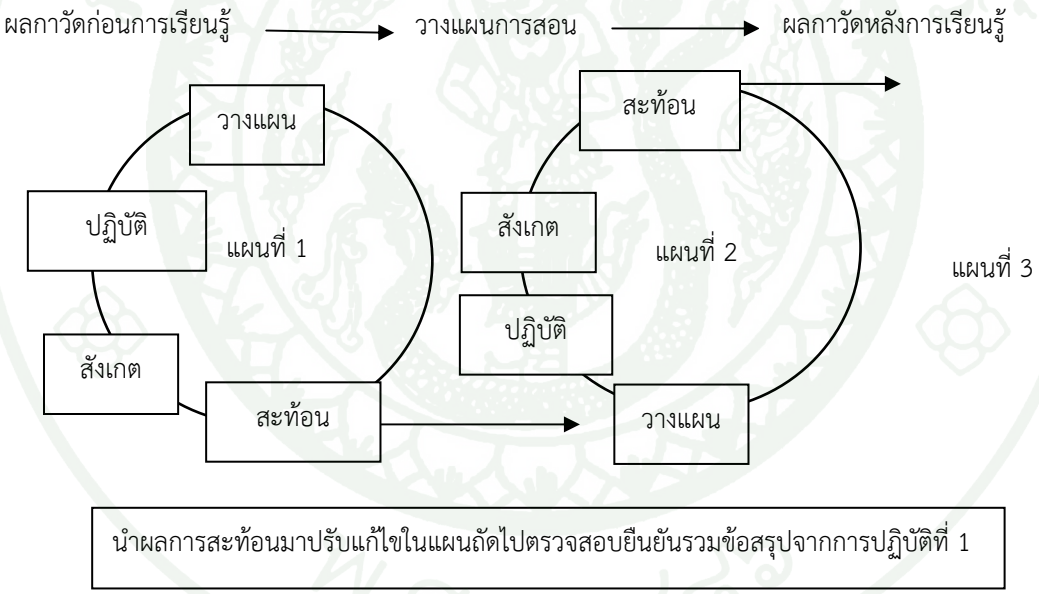
ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยดำเนินการตามวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action research) โดยมีแนวปฏิบัติ ดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการจัดการเรียนการสอนโดยทดสอบก่อนเรียนทั้งแบบวัดแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า โดยใช้เวลา 60 นาทีและแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้เวลา 60 นาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. เก็บรวบรวมระหว่างการจัดการเรียนการสอน โดยผู้วิจัยได้จัดกระบวนการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งทั้งหมด 10 แผน ซึ่งในแต่ละครั้งที่สอนผู้วิจัยจะรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งด้านแนวคิดและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (ขั้นติดตามผลการปฏิบัติโดยการสังเกต)จาก 2 ส่วนคือ (1) การบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ทุกคาบและสังเกตจากวีดีทัศน์มาเป็นองค์ประกอบร่วม (2) อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนสำหรับทุกแผนการจัดการเรียนรู้ โดยข้อมูลทั้งสองส่วนจะมีส่วนให้ผู้วิจัยได้เข้าใจถึงจุดอ่อน จุดแข็งของกระบวนการจัดการเรียนรู้ เมื่อมีปัญหาผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลนั้นมาแก้ไขปรับปรุงในการสอนครั้งต่อไปและนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในภาพรวม

3. เก็บรวบรวมหลังการจัดการเรียนการสอนโดยทดสอบหลังเรียนทั้งแบบวัดแนวคิดเรื่องพลังงานไฟฟ้า โดยใช้เวลา 60 นาทีและแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้เวลา 60 นาที จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมไว้มาวิเคราะห์ข้อมูล ดังแผนภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงการดำเนินการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์หน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พลังงานไฟฟ้า โดยใช้จากแบบวัดแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ บันทึกการจัดการเรียนรู้และใบงานและใบกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. รวบรวมผลจากแบบวัดแนวคิดหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยแยกแยะเป็นข้อมูลทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แล้วใส่รหัสเป็นตัวเลขสามหลัก เช่น 001,002 ตามลำดับเลขของนักเรียนเพื่อใช้อ้างอิงในรายงานผลการวิจัย

2. ตรวจคะแนนของนักเรียนทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยมีเกณฑ์ดังนี้

ถ้าตัวเลือกถูกต้อง ให้เป็น 1 คะแนน
ถ้าตัวเลือกผิด ให้เป็น 0 คะแนน

3. กำหนดคะแนนแยกตามแนวคิดและคำนวณหาค่าคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละแนวคิดเพื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

4. นำค่าเฉลี่ยทั้งก่อนและหลังของแต่ละแนวคิดย่อยมาหาสัดส่วนการเพิ่มขึ้นโดยใช้วิธีการนำมาหารกันโดยให้ค่าเฉลี่ยหลังเรียนเป็นตัวตั้งและหารด้วยค่าเฉลี่ยก่อนเรียน ผู้วิจัยใช้วิธีการนี้เป็นเพราะคะแนนในแต่ละข้อของแนวคิดย่อยไม่เท่ากัน

5. คำนวณหาค่าคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในภาพรวมของคะแนนทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้คือ 60% จากนั้นคำนวณหาความถี่และเปอร์เซ็นต์ของนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

6. คำนวณคะแนนพัฒนาการโดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) โดย ศิริชัย กาญจนาวาสี (Kanjanawasee, 1989 อ้างในศิริชัย กาญจนวาสี, 2552) ซึ่งวิธีนี้สามารถลดปัญหาการถดถอยเข้าสู่ศูนย์กลางรวมทั้งคำนึงถึงอัตราความงอกงามเนื่องจากได้นำพัฒนาการสัมบูรณ์และพัฒนาการที่น่าจะพัฒนาได้ของแต่ละคนมาคิดซึ่งเป็นการแก้ปัญหาเรื่องอิทธิพลของเพดานคะแนนได้อีกทางหนึ่ง โดยที่นักเรียนที่ได้คะแนนจากการวัดครั้งแรกสูงจะมีพัฒนาการสูงกว่านักเรียนที่มีคะแนนจากการวัดครั้งแรกต่ำแม้จะมีผลต่างระหว่างคะแนนจากก่อนวัดและหลังวัดเท่ากัน อีกทั้งยังเป็นวิธีการที่มีความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูง มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ สะดวกและเหมาะสมในการปฏิบัติสำหรับครู (อวยพร เรืองตระกูล, 2544; นิอร ไชยพรพัฒนา, 2549) จากนั้นนำคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของแต่ละคนมาหาความถี่และเปอร์เซ็นต์ของนักเรียนที่ไม่มีพัฒนาการ มีพัฒนาการถดถอยและที่มีพัฒนาการในระดับต้น ปานกลาง สูงและสูงมาก ตามลำดับ โดยพัฒนาการสัมพัทธ์มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$RG = \frac{100(X_{post} - X_{pre})}{(Y - X_{pre})}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยที่ RG คือ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative Gain Score)

Y คือ คะแนนเต็มในการวัด

X_{post} คือ คะแนนในการวัดครั้งหลัง

X_{pre} คือ คะแนนในการวัดครั้งแรก

จากนั้นนำคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของแต่ละคนมาจัดกลุ่มระดับพัฒนาการดังนี้

0–25 คะแนน จัดอยู่ในกลุ่ม พัฒนาการระดับต้น

26-50 คะแนน จัดอยู่ในกลุ่ม พัฒนาการระดับกลาง

51-75 คะแนน จัดอยู่ในกลุ่ม พัฒนาการระดับสูง

76-100 คะแนน จัดอยู่ในกลุ่ม พัฒนาการระดับสูงมาก

7. วิเคราะห์ข้อมูลจากบันทึกการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนและใบกิจกรรมการเรียนรู้ ในประเด็นแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า เพื่อตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้การตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (methodology triangulation) จากนั้นนำข้อมูลของนักเรียนทั้งหมดมาตีความเพื่อนำมาใช้อธิบายในเชิงพรรณนาโดยอธิบายทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งมาวิเคราะห์เป็นรายข้อ จากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ VNOS-Form C แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ของครูและอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน ดังต่อไปนี้

1. รวบรวมผลจากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยแยกแยะเป็นข้อมูลทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แล้วใส่รหัสเป็นตัวเลขสามหลัก เช่น 001,002 ตามลำดับเลขของนักเรียนเพื่อใช้อ้างอิงในรายงานผลการวิจัย

2. วิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) จากคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แต่ละข้อแล้วจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ออกเป็น 4 กลุ่ม โดยปรับปรุงมาจาก Ho –Wisniewski (2008) ดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 มีมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (Informed view: IV) ในกลุ่มนี้นักเรียนสามารถบอกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบรูณ์

2.2 มีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (Translational view :TV) นักเรียนสามารถบอกถึงลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัดได้แค่บางส่วนแต่ไม่สมบูรณ์หรือมีมุมมองตามมติประชาคมวิทยาศาสตร์บางส่วนและไม่เป็นตามมติประชาคมวิทยาศาสตร์บางส่วน

2.3 มีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (Naive view: NV) นักเรียนไม่สามารถบอกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้

2.4 ไม่สามารถจัดกลุ่มใดๆได้ (NC: Not Categorize) นักเรียนไม่ตอบหรือตอบไม่ทราบหรือเขียนในสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม

3. ในการจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของกลุ่มที่ทำการศึกษา ผู้วิจัยได้หาค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน (Inter–rater reliability) โดยการวิเคราะห์ผลเบื้องต้นร่วมกับนิสิตปริญญาโทด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาอีก 2 ท่าน ซึ่งเป็นนิสิตที่ศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้ผลจากแบบวัดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนจำนวน 15 คน โดยแยกตรวจอย่างอิสระโดยใช้เกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น จากนั้นนำผลมาเปรียบเทียบกัน หากข้อใดมีผลการวิเคราะห์ไม่ตรงกันให้อภิปรายจนได้ข้อยุติ

4. วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด หาค่าความถี่และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของนักเรียนที่อยู่ในแต่ละกลุ่มมุมมองทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เพื่อเปรียบเทียบข้อมูล

5. กำหนดคะแนนแต่ละกลุ่มมุมมองเพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบในแต่ละประเด็นก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยให้ระดับคะแนนแต่ละกลุ่มดังต่อไปนี้

มุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ ให้ 3 คะแนน
มีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน ให้ 2 คะแนน
มีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ ให้ 1 คะแนน
ไม่สามารถจัดกลุ่ม ให้ 0 คะแนน

6. ผู้วิจัยตรวจสอบคำตอบของนักเรียนในภาพรวมและบันทึกคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในภาพรวมของคะแนนก่อนและหลังเรียน จากนั้นคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์เพื่อเปรียบเทียบกับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้คือ 60% จากนั้นคำนวณหาความถี่และเปอร์เซ็นต์ของนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

7. คำนวณคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ซึ่งใช้สูตรในการคำนวณเช่นเดียวกับแนวคิดและคำนวณหาความถี่และเปอร์เซ็นต์ของนักเรียนที่ไม่มีพัฒนาการ มีพัฒนาการถดถอยและมีพัฒนาการในระดับต้น ระดับกลาง ระดับสูงและระดับสูงมาก

8. นำข้อมูลที่ได้จากแบบวัดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับบันทึกการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนในประเด็นความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบว่านักเรียนมีการสะท้อนความเข้าใจอย่างไร โดยการวิเคราะห์เนื้อหา อ่านทบทวนและจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนของนักเรียนที่มีความหมายเดียวกันไว้ด้วยกันเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกันเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเรียกว่าการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (methodology triangulation) (สุภางค์ จันทวานิช, 2553)

9. นำข้อมูลทั้งหมดมาตีความความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ร่วมกับที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ทั้งเป็นรายองค์ประกอบและรวมทั้งหมดเพื่ออธิบายในเชิงพรรณนาโดยอธิบายอย่างละเอียดทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง

นำข้อมูลด้านพฤติกรรมของนักเรียน รวมทั้งบทสนทนาระหว่างครูและนักเรียนจากวีดีทัศน์การสอนของครู บันทึกการจัดการเรียนรู้ของครู อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับกิจกรรมที่นักเรียนได้ปฏิบัติ สิ่งที่นักเรียนรู้ทั้งด้านแนวคิดวิทยาศาสตร์ ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สิ่งที่นักเรียนยังสงสัยหรือประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจ ความรู้สึกต่อกิจกรรมและข้อเสนอแนะสำหรับการสอนของครู ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นแนวทางในการปฏิบัติที่ดี โดยดำเนินการดังต่อไปนี้

1. นำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการจัดการเรียนรู้ร่วมกับวีดีทัศน์การสอนของครู อนุทินสะท้อนการเรียนรู้เรียนมาวิเคราะห์ปัญหาที่พบ ประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจของการดำเนินกิจกรรมเพื่อวิเคราะห์และหาแนวทางการแก้ไขกรณีที่สามารถแก้ไขได้ทันทีสามารถดำเนินการแก้ไขได้ในแผนที่ 2 หรือกรณีใดที่แก้ไขไม่ได้ในทันที เช่น ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก็สามารถแก้ไขได้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีการอภิปรายในประเด็นนั้น เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ผู้วิจัยสังเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดจากการบันทึกการจัดการเรียนรู้ของครูและอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนโดยการวิเคราะห์เนื้อหาและตีความสร้างข้อสรุปแบบอุปนัย(Analysis induction) โดยการวิเคราะห์การสอนแต่ละครั้งทั้ง จุดแข็ง จุดอ่อนและแนวทางในการแก้ไขจากปัญหาดังกล่าวทั้ง 10 แผนการจัดการเรียนรู้โดยเขียนเป็นข้อสรุปเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่ดี (Best practice) ในการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งในเนื้อหาหน่วยการเรียนรู้เรื่องพลังงานไฟฟ้าต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 4

ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ(Action research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และศึกษาการปฏิบัติการสอนที่ดีในการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิจัยเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งที่มีต่อแนวคิดเรื่องพลังงานไฟฟ้า

ส่วนที่ 2 ผลของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามกรอบแนวคิดของ Lederman

ส่วนที่ 3 การนำไปใช้และการปฏิบัติการสอนที่ดีในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งที่ช่วยในการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ส่วนที่ 1 ผลของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งที่มีต่อแนวคิดเรื่องพลังงานไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งโดยบูรณาการการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้และอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน

ผลจากการวิเคราะห์แนวคิดในหน่วยการเรียนรู้เรื่องพลังงานไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย 4 แนวคิดหลักและ10 แนวคิดย่อยจากแบบวัดแนวคิดแบบปรนัยจำนวน 40 ข้อ คิดคะแนนข้อละ 1 คะแนน โดยแต่ละแนวคิดย่อยมีคะแนนดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หน่วยที่ 1 แหล่งกำเนิดไฟฟ้า	7 คะแนน
1) ไฟฟ้าสถิต	2 คะแนน
2) เซลล์ไฟฟ้าเคมี	3 คะแนน
3) กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม	2 คะแนน
หน่วยที่ 2 กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์และความต้านทาน	13 คะแนน
4) กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์	4 คะแนน
5) ชนิดของตัวนำและความต้านทานไฟฟ้า	4 คะแนน
6) กฎของโอห์ม	5 คะแนน
หน่วยที่ 3 วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย	7 คะแนน
7) วงจรอนุกรมและขนาน	7 คะแนน
หน่วยที่ 4 อุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านและการคิดค่าไฟฟ้า	13 คะแนน
8) อุปกรณ์และวงจรไฟฟ้าในบ้าน	5 คะแนน
9) วงจรลัดและฟิวส์	5 คะแนน
10) กำลังไฟฟ้าและการคิดค่าไฟฟ้า	3 คะแนน
	รวม 40 คะแนน

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดแนวคิดทั้งก่อนและหลังเรียนพบว่าการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งสามารถพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง พลังงานไฟฟ้า ได้ในทุกแนวคิด ดังจะเห็นได้ว่าทุกแนวคิดมีค่าเฉลี่ยของคะแนนเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่านักเรียนมีพัฒนาในแต่ละแนวคิดแตกต่างกันโดยแนวคิดที่มีการพัฒนาได้สูงที่สุดคือแนวคิดเรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี เพิ่มขึ้น 2.08 เท่า รองลงมาคือ กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโมกับวงจรลัดและฟิวส์ ซึ่งอัตราส่วนในการเพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากันคือ 2.05 เท่า ถัดมาคือ ไฟฟ้าสถิต ที่มีอัตราส่วนเพิ่มขึ้น 2.00 เท่า

ส่วนแนวคิดที่พัฒนาได้ค่อนข้างน้อยมีอยู่ 3 แนวคิด คือ ชนิดของตัวนำและความต้านทานไฟฟ้า อุปกรณ์และวงจรไฟฟ้าในบ้าน และแนวคิดเรื่องกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าโดยมีอัตราส่วนของคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นแค่ 1.61, 1.77 และ1.88 เท่า ตามลำดับ ส่วนแนวคิดอื่นๆ เช่น วงจรอนุกรมและขนาน กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์และแนวคิดเรื่องกฎของโอห์ม มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นพอสมควรคือ 1.98 ,1.91 และ 1.90 เท่า ตามลำดับ

เมื่อมาพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละแนวคิด พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้ในเกือบทุกแนวคิดมีค่าการกระจายเพิ่มขึ้นยกเว้นแนวคิดเรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี กับเรื่อง กระแสไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เหนี่ยวนำและไดนาโมที่มีค่าการกระจายน้อยลง โดยแนวคิดเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนเรียนมีค่า 0.66 ในขณะที่หลังเรียนมีค่า 0.65 สำหรับแนวคิดเรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโมค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนเรียนมีค่า 0.72 และหลังเรียนมีค่า 0.71 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทั้งสองแนวคิดคะแนนของนักเรียนเกาะกลุ่มกันมากขึ้น ส่วนรายละเอียดแสดงในตารางที่ 6

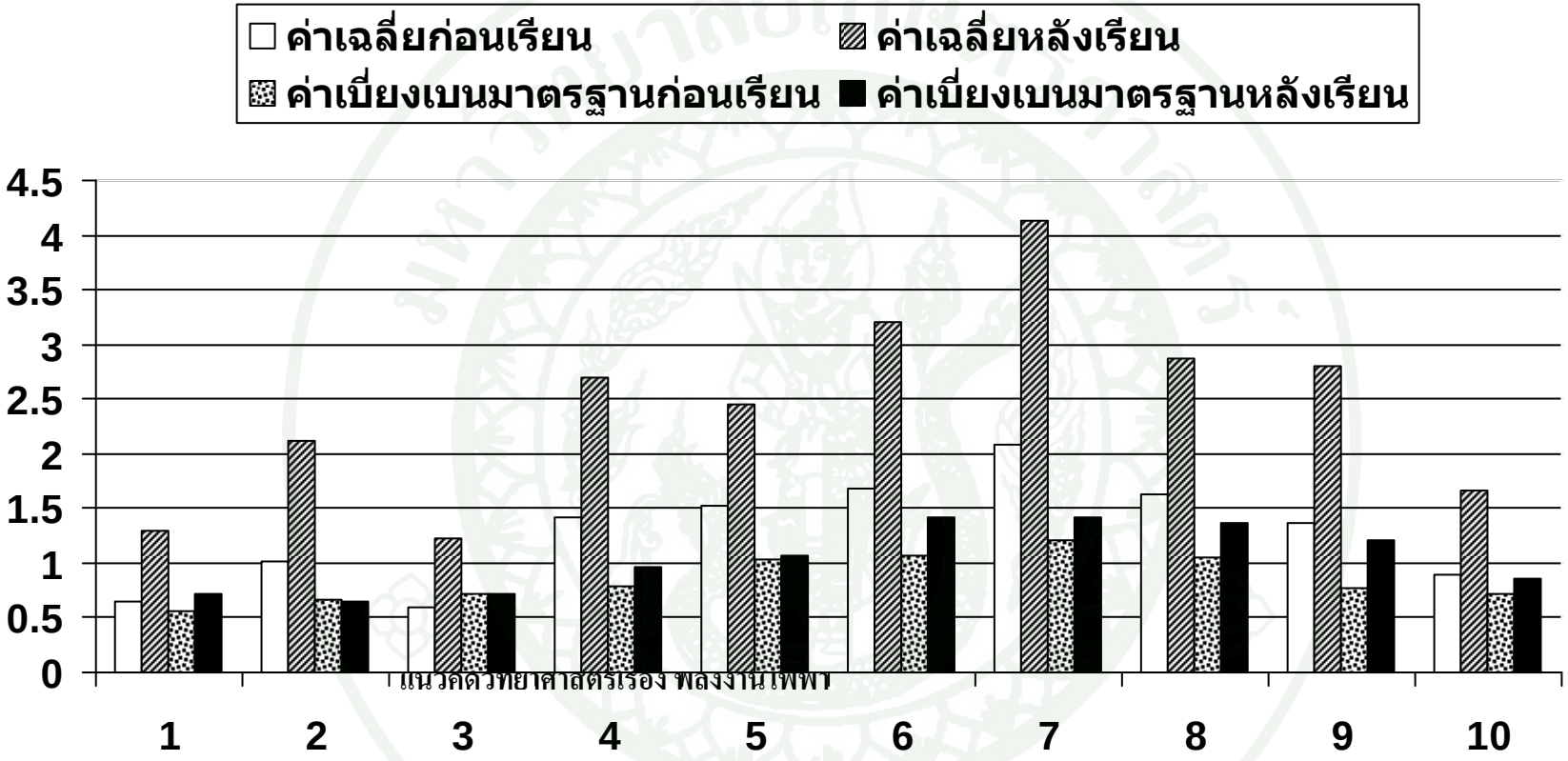
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย (μ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) คะแนนของแต่ละแนวคิดในเรื่อง พลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

แนวคิด	จำนวนข้อ	ก่อนเรียน		หลังเรียน		อัตราส่วนค่าเฉลี่ย (จำนวนเท่า)
		ค่าเฉลี่ย (μ)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)	ค่าเฉลี่ย (μ)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D)	
1) ไฟฟ้าสถิต	2	0.65	0.56	1.30	0.71	+ 2.00 เท่า
2) เซลล์ไฟฟ้าเคมี	3	1.02	0.66	2.12	0.65	+2.08 เท่า
3) กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม	2	0.60	0.72	1.23	0.71	+2.05 เท่า
4) กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์	4	1.42	0.78	2.70	0.97	+1.90 เท่า
5) ชนิดของตัวนำและความต้านทานไฟฟ้า	4	1.53	1.04	2.46	1.06	+ 1.61 เท่า
6) กฎของโอห์ม	5	1.68	1.07	3.21	1.42	+ 1.91 เท่า
7) วงจรอนุกรมและขนาน	7	2.09	1.21	4.13	1.42	+ 1.98 เท่า
8) อุปกรณ์และวงจรไฟฟ้าในบ้าน	5	1.63	1.05	2.88	1.37	+ 1.77 เท่า
9) วงจรลัดและฟิวส์	5	1.37	0.77	2.81	1.21	+ 2.05 เท่า
10) กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า	3	0.89	0.72	1.67	0.86	+ 1.88 เท่า
รวม	40	12.88	4.30	24.51	7.23	

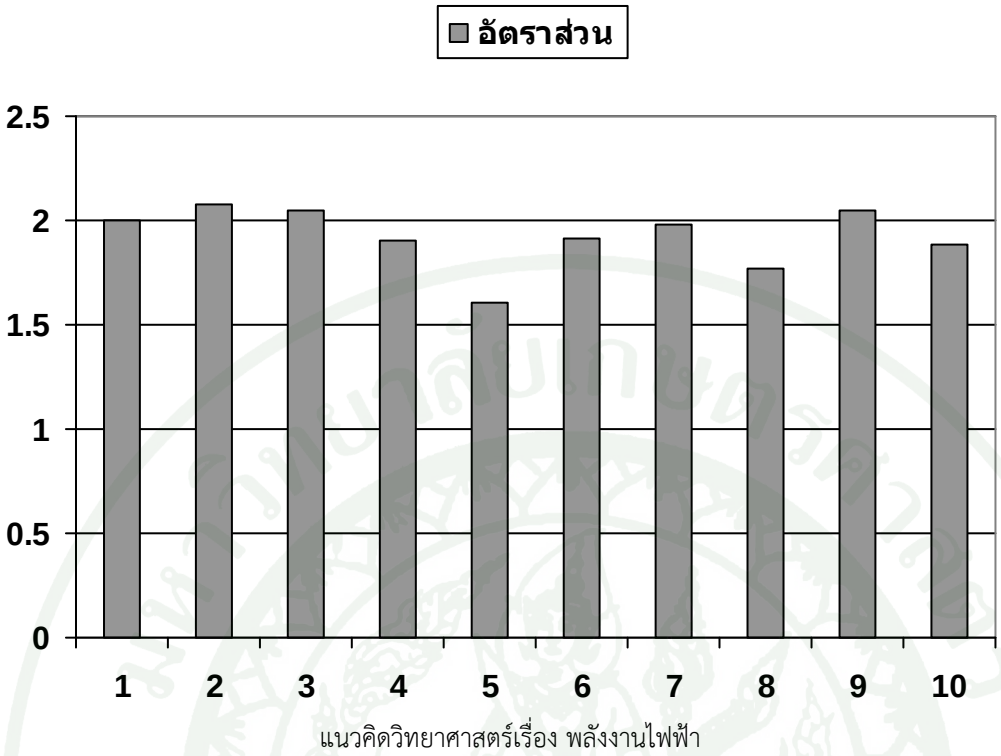
ผ่านเกณฑ์คิดเป็น 60 เปอร์เซ็นต์ คือ 24/40 คะแนน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย(μ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ของแต่ละแนวคิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 กราฟแสดงค่าอัตราส่วนค่าเฉลี่ยของแต่ละแนวคิด

เมื่อมาพิจารณาจากคะแนนในภาพรวม(แสดงในภาคผนวก ซ) พบว่านักเรียนทุกคนมีการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยที่คะแนนค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 12.88 และภายหลังการเรียนมีคะแนนความเข้าใจแนวคิดเฉลี่ยเท่ากับ 24.51 (61.28%) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้คือ 60% หรือเท่ากับ 24 คะแนน โดยผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลเป็นรายบุคคลพบว่าหลังเรียนมีนักเรียน 22 คน (51.16%) ที่ผ่านเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนด สำหรับคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ 34.88% จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง รองลงมาคือพัฒนาในระดับต้น (32.56%) สูงมาก (18.60%) และสูง (13.95%) โดยผู้วิจัยได้นำข้อมูลแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 7 และ 8 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7 ความถี่และเปอร์เซ็นต์ของนักเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ 60%

ก่อนเรียน		หลังเรียน	
ผ่านเกณฑ์	**ไม่ผ่านเกณฑ์**	**ผ่านเกณฑ์**	**ไม่ผ่านเกณฑ์**
1	42	22	21
2.33%	97.67%	51.16%	48.84%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ความถี่และเปอร์เซ็นต์ของนักเรียนที่มีพัฒนาการในระดับต่างๆ

ถดถอย	ไม่มีพัฒนาการ	มีพัฒนาการ			
		ต้น	กลาง	สูง	สูงมาก
-	-	14	15	6	8
		32.56%	34.88%	13.95%	18.60%

จากตารางที่ 8 พบว่านักเรียนทุกคนมีพัฒนาการทุกคนและไม่พบนักเรียนที่มีพัฒนาการคงที่หรือถดถอย ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจากการวิเคราะห์การเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนแยกตามแนวคิดย่อย ดังต่อไปนี้

1. ไฟฟ้าสถิต

จากตารางที่ 6 พบว่าในแนวคิดนี้ก่อนเรียนนักเรียนมีค่าเฉลี่ยแบบวัดแนวคิดเท่ากับ 0.65 (คะแนนเต็ม 2 คะแนน) หลังเรียนพบว่าค่าเฉลี่ยของนักเรียนเพิ่มขึ้นสูงมากเท่ากับ 1.30 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ทราบว่าโปรตอนมีประจุบวก อิเล็กตรอนมีระจุลบ วัตถุที่เป็นกลางมีทั้งโปรตอนและอิเล็กตรอนเท่ากับ อย่างไรก็ตามนักเรียนสามารถบอกความหมายของไฟฟ้าสถิตได้อย่างสั้นๆคือ

เป็นอำนาจไฟฟ้าชั่วคราวเกิดจากการเสียดสีกันของวัตถุ 2 ชนิด

(อนุทินครั้งที่ 1,รหัส 002)

หรือมีเขียนได้สอดคล้องกับกรอบแนวคิดคือ

เป็นอำนาจไฟฟ้าที่เกิดจากการถูกันของวัตถุ 2 ชนิดที่เป็นฉนวนไฟฟ้า เกิดขึ้นโดยหลังจากที่วัตถุทั้งสองถูกัน จะทำให้อิเล็กตรอนจากวัตถุชนิดหนึ่งเคลื่อนที่ไปหาวัตถุอีกชนิดหนึ่ง ทำให้วัตถุชนิดแรกเป็นบวก วัตถุชนิดที่สองเป็นลบ วัตถุทั้งสองจึงดูดกัน

(อนุทินครั้งที่ 1,รหัส 010)

2. เซลล์ไฟฟ้าเคมี

สำหรับแนวคิดนี้นักเรียนมีค่าเฉลี่ยจากแบบวัดก่อนเรียนเท่ากับ1.02 (คะแนนเต็ม 3 คะแนน) และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 2.12 คิดเป็นอัตราส่วนเพิ่มขึ้น 2.08 เท่าซึ่งคือมากที่สุดในทุกๆแนวคิด เมื่อพิจารณาจากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่านักเรียนเกือบทั้งหมด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อธิบายได้ว่าเซลล์ไฟฟ้าเคมีเป็นอุปกรณ์ที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากปฏิกิริยาเคมีโดยยกตัวอย่างได้ว่าถ่านไฟฉายและแบตเตอรี่รถยนต์ว่าเป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่ใช้อยู่ในชีวิตประจำวัน อย่างไรก็ดีนักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้สอดคล้องแต่ไม่ครบถ้วน เช่น

เกิดจากการไหลของอิเล็กตรอนจากขั้วลบไปยังขั้วบวกโดยเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างทองแดงและสังกะสีผ่านสารละลายอิเล็กโทรไลต์

(อนุทินครั้งที่ 2, รหัส 042)

ไฟฟ้าจากปฏิกิริยาเคมีเกิดจากการนำแผ่นทองแดงและสังกะสีจุ่มลงในสารละลายกรดซัลฟิวริกแล้วต่อเข้ากับเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า

(อนุทินครั้งที่ 2,รหัส 027)

อย่างไรก็ตาม นักเรียนไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์สามารถอธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้สอดคล้องกับกรอบที่กำหนดไว้ ยกตัวอย่างเช่น

ไฟฟ้าจากปฏิกิริยาเคมีเกิดจาก สารละลายอิเล็กโทรไลต์แตกตัวให้ไอออน เมื่อนำสังกะสีและทองแดงจุ่มลงในกรดซัลฟิวริก สังกะสีจะแตกตัวให้อิเล็กตรอนได้มากกว่าทองแดงทำให้สังกะสีมีศักย์ไฟฟ้าเป็นลบและทองแดงเป็นบวก กระแสไฟฟ้าจะไหลจากขั้วบวกไปขั้วลบ ส่วนประจุไฟฟ้าจะไหลจากลบไปบวก

(อนุทินครั้งที่ 2,รหัส 013)

3. กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม

สำหรับแนวคิดนี้นักเรียนมีอัตราส่วนค่าเฉลี่ยแนวคิดเพิ่มขึ้นเป็นอันดับที่ 2 โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 0.60 (คะแนนเต็ม 2 คะแนน) หลังเรียนมีค่าเท่ากับ 1.23 อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนกลับพบว่านักเรียนส่วนใหญ่เขียนได้สอดคล้องแต่ไม่ครบถ้วนโดยบอกเฉพาะว่าไดนาโมเป็นอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าแต่ยังไม่สามารถอธิบายได้ว่ากระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดได้อย่างไร ดังตัวอย่าง

ไดนาโมเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต้องมีการหมุดขดลวดตัดสนามแม่เหล็ก

(อนุทินครั้งที่ 3,รหัส 027)

ไดนาโมเป็นเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าอย่างง่ายโดยอาศัยการหมุนขดลวดทองแดงตัดผ่านสนามแม่เหล็ก

(อนุทินครั้งที่ 3,รหัส 028)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อย่างไรก็ตาม มีนักเรียนที่เขียนเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำไว้ ดังนี้

ไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดจากอำนาจแม่เหล็กเคลื่อนที่ผ่านขดลวดหรือนำขดลวดเคลื่อนตัดสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น กระแสจะมากหรือน้อยขึ้นกับ อัตราเร็วในการหมุนขดลวด สนามแม่เหล็กและจำนวนรอบขดลวด

(อนุทินครั้งที่ 3,รหัส 015)

แม้กระนั้น นักเรียนส่วนใหญ่เขียนเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้อย่างสั้นๆดังตัวอย่าง

การหมุนขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

(อนุทินครั้งที่ 3,รหัส 041)

4. กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์

สำหรับแนวคิดนี้นักเรียนมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 1.90 เท่าโดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 1.42 (คะแนนเต็ม 4 คะแนน) เป็น 2.70 ภายหลังการเรียน ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่านักเรียนสามารถเขียนนิยามของกระแสไฟฟ้าได้สอดคล้องกับกรอบความหมาย ดังต่อไปนี้

กระแสไฟฟ้าเกิดจากการไหลของอิเล็กตรอนในขดลวดจากขั้วลบไปยังขั้วบวก

(อนุทินครั้งที่ 4,รหัส 022)

กระแสไฟฟ้าคือการไหลของอิเล็กตรอนจากขั้วลบไปขั้วบวกโดยกระแสไฟฟ้านั้นได้ถูกสมมุติให้ไหลจากขั้วบวกไปลบ

(อนุทินครั้งที่ 4,รหัส 009)

กระแสไฟฟ้าเกิดจากการไหลของอิเล็กตรอนจากขั้วลบไปยังขั้วบวก เมื่อใส่ความความต่างศักย์ระหว่างปลายปลายของลวดตัวนำ

(อนุทินครั้งที่ 4,รหัส 004)

กระแสไฟฟ้าคือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนผ่านจุดใดๆในหนึ่งหน่วยเวลา

(อนุทินครั้งที่ 4,รหัส 030)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนนิยามของความต่างศักย์นักเรียนสามารถเขียนได้สอดคล้องอย่างสั้นๆ ดังนี้

ความต่างศักย์คือความแตกต่างของพลังงานศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด 2 จุด
(อนุทินครั้งที่ 4,รหัส 008)

อย่างไรก็ตาม นักเรียนบางคนใช้คำผิดๆ เช่น

ความต่างศักย์คือความแตกต่าง**ของระดับไฟฟ้า**ระหว่างจุด 2 จุด
(อนุทินครั้งที่ 4,รหัส 019)

นอกจากนั้น นักเรียนสามารถเขียนชื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ได้ถูกต้องแต่นักเรียนเพียงบางส่วนสามารถอธิบายว่าอุปกรณ์ทั้งสองต่อกับวงจรที่จะทำการวัดได้อย่างไร ดังตัวอย่าง

นำโวลต์มิเตอร์ต่อคร่อม ณ จุดที่ต้องการวัด

นำแอมมิเตอร์**ต่อเข้าไปใน**วงจรที่จะวัด
(อนุทินครั้งที่ 4,รหัส 022)

นำโวลต์มิเตอร์ต่อเข้ากับวงจรแบบขนาน
(อนุทินครั้งที่ 4,รหัส 011)

นำแอมมิเตอร์ต่อวงจรแบบอนุกรม (สอดคล้องกับกรอบที่กำหนดไว้)

5. ชนิดของตัวนำและความต้านทานไฟฟ้า

สำหรับแนวคิดเรื่องชนิดของตัวนำและความต้านทานไฟฟ้าพบว่านักเรียนมีอัตราการเพิ่มขึ้นต่ำสุดเพียง 1.61 เท่า ทั้งนี้คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 1.53 (คะแนนเต็ม 4 คะแนน) และหลังเรียนเท่ากับ 2.46 เมื่อพิจารณาจากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถนิยามความต้านทานได้และบอกได้ว่าความต้านทานของตัวนำนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณได้บ้างแต่ไม่เขียนสมการให้ครบถ้วน ดังต่อไปนี้

ความต้านทานคือคุณสมบัติของตัวนำที่ต่อต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า ความต้านทานขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าเป็นโลหะบริสุทธิ์ความต้านทานจะมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
(อนุทินครั้งที่ 5,รหัส 018)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความต้านทานไฟฟ้าขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ ความยาว ชนิดของตัวต้านทานและอุณหภูมิขณะทำการทดลอง

(อนุทินครั้งที่ 5,รหัส 019)

ความต้านทานเป็นค่าของแต่ละวัสดุว่ายอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านวัตถุชนิดนั้นๆได้มากน้อยแค่ไหน ถ้ามีความต้านทานไฟฟ้ามากกระแสไฟฟ้าก็จะไหลได้น้อย สังเกตได้จากปริมาณของกระแสที่วัดได้จากแอมมิเตอร์

(อนุทินครั้งที่ 5,รหัส 023)

6. กฎของโอห์ม

สำหรับแนวคิดนี้มีอัตราการเพิ่มขึ้นมากกว่าแนวคิดเรื่องกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าโดยเพิ่มขึ้น 1.91 เท่า โดยก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.68 (คะแนนเต็ม 5 คะแนน) และหลังเรียนเท่ากับ 3.21 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่านักเรียนพยายามเขียนสรุปกฎของโอห์มได้สอดคล้องตามกรอบที่กำหนดไว้แต่ไม่ครบถ้วน ดังตัวอย่าง

เมื่ออุณหภูมิคงที่ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวนำจะมีค่าแปรผันตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำนั้น

(อนุทินครั้งที่ 6,รหัส 002)

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์เมื่ออุณหภูมิคงที่อัตราส่วนระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าย่อมมีค่าคงที่เสมอ

(อนุทินครั้งที่ 6,รหัส 009)

หรือ

กฎของโอห์มคือความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์

(อนุทินครั้งที่ 6,รหัส 037)

อย่างไรก็ตาม นักเรียนได้แสดงข้อคิดเห็นไว้ในอนุทินซึ่งสื่อความหมายว่ามีบางส่วนที่นักเรียนไม่ค่อยเข้าใจหรือรู้สึกว่ายาก เช่น

ผมยังงงๆอยู่นิดหน่อยสำหรับสูตรทางวิทยาศาสตร์

(อนุทินครั้งที่ 6,รหัส 001)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เข้าใจยากนิดนึงแต่ก็เข้าใจ

(อนุทินครั้งที่ 6,รหัส 017)

การคำนวณเข้าใจยาก

(อนุทินครั้งที่ 6,รหัส 033)

7. วงจรอนุกรมและขนาน

สำหรับแนวคิดเรื่องวงจรอนุกรมและขนานนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในอัตรา 1.98 เท่า ใกล้เคียงกับแนวคิดเรื่องไฟฟ้าสถิตโดยก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 2.09 (คะแนนเต็ม 7 คะแนน) ส่วนหลังเรียนเท่ากับ 4.13 เมื่อพิจารณาจากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างวงจรอนุกรมและขนานอย่างง่ายๆได้ รวมทั้งสามารถอธิบายข้อดีและข้อเสียของแต่ละวงจรได้อย่างสอดคล้องแต่ไม่ครบถ้วนทั้งหมด เช่น

วงจรอนุกรมมีกระแสไหลเป็นเส้นเดียว ความต่างศักย์ทั้งวงจรเท่ากับความต่างศักย์ของแต่ละหลอดไฟบวกกัน ความต้านทานของทั้งวงจรเท่ากับความต้านทานแต่ละหลอดไฟบวกกัน

(อนุทินครั้งที่ 7,รหัส 007)

วงจรขนานมีความต่างศักย์เท่ากันทั้งวงจร เส้นทางการไหลของกระแสไฟฟ้ามีการแยกไหลกระแสไฟฟ้าย่อยของวงจรเท่ากับกระแสไฟฟ้ารวมของทั้งวงจร

(อนุทินครั้งที่ 7,รหัส 040)

วงจรอนุกรมมีข้อดีคือต่อง่าย ข้อเสียคือ เมื่อจุดใดจุดหนึ่งเกิดวงจรเปิด ไฟฟ้าจะดับทั้งวงจร

(อนุทินครั้งที่ 7,รหัส 043)

8. อุปกรณ์และวงจรไฟฟ้าในบ้าน

สำหรับแนวคิดนี้ค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นไม่มากนักโดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่า 1.63 (คะแนนเต็ม 5 คะแนน) ส่วนหลังเรียนเท่ากับ 2.88 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่านักเรียนสามารถอธิบายถึงหน้าที่ได้สอดคล้องตามกรอบแต่ไม่ครบถ้วนและมีนักเรียนบางคนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนด้วย เช่น

สะพานไฟ ทำหน้าที่ปิด/เปิดวงจรไฟฟ้าในบ้าน

(อนุทินครั้งที่ 8,รหัส 024)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สวิตซ์ ทำหน้าที่ **ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน**
ฟิวส์ ทำหน้าที่**เปิด/ปิดวงจรในช่วงหนึ่ง**

สายไฟ ทำหน้าที่ส่งไฟฟ้าจากจุดหนึ่งมายังอีกจุดหนึ่งโดยผ่านโลหะตัวนำที่อยู่ภายใน
สะพานไฟ ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ใหญ่ประจำบ้าน เพราะทำหน้าที่ควบคุมเปิด/ปิดวงจรไฟฟ้าในบ้านทั้งหมด

(อนุทินครั้งที่ 8,รหัส 004)

ส่วนนักเรียนคนอื่นๆมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านหมายถึงเครื่องใช้ในบ้านจึงเขียนเกี่ยวกับ พัดลม ตู้เย็น คอมพิวเตอร์และโทรทัศน์ว่าแต่ละตัวมีหน้าที่อะไร เช่น

พัดลม เครื่องปรับอากาศ ทำหน้าที่ให้ความเย็น หลอดไฟทำหน้าที่ให้ความสว่าง โทรทัศน์ให้สัญญาณภาพ

(อนุทินครั้งที่ 8,รหัส 006)

9. วงจรลัดและฟิวส์

สำหรับแนวคิดนี้อัตราส่วนคะแนนเฉลี่ยเพิ่มมากรองลงมาจากแนวคิดเซลล์ไฟฟ้าเคมีและเท่ากับแนวคิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.37 และภายหลังการเรียนเท่ากับ 2.81 เพิ่มขึ้น 2.05 เท่า เมื่อพิจารณาอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่านักเรียนมีความเข้าใจเรื่องไฟฟ้าลัดวงจรได้สอดคล้องกับกรอบที่กำหนดไว้แต่ไม่ครบถ้วน อย่างไรก็ตามนักเรียนส่วนใหญ่บอกได้ว่าไฟฟ้าลัดวงจรเป็นสาเหตุของการเกิดไฟไหม้ เช่น

ไฟฟ้าลัดวงจรหมายถึง การที่วงจรมีกระแสไฟฟ้าไหลวนอยู่ใน**ตัวต้านทาน**มากเกินไป ทำให้เกิดความร้อนจนลุกไหม้ได้

(อนุทินครั้งที่ 9,รหัส 007)

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นทางที่ง่ายกว่าเนื่องจากมีความต้านทานต่ำมากๆและมีปริมาณกระแสไฟฟ้ามากจนเกิดไฟลุกไหม้

(อนุทินครั้งที่ 9,รหัส 017)

วงจรไฟฟ้าที่มีความผิดปกติในการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรเพราะว่ามีตัวนำที่มีความต้านทานต่ำกว่ามาลัดเข้าวงจรปกติ ทำให้กระแสไหลไปทางอื่น

(อนุทินครั้งที่ 9,รหัส 019)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนคุณสมบัติของฟิวส์นักเรียนสามารถระบุหน้าที่ของฟิวส์ได้สอดคล้องกับกรอบแต่มีความคลาดเคลื่อนบางส่วน เช่น

เป็นอุปกรณ์นิรภัยชนิดหนึ่งอยู่ในเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยทำหน้าที่**ป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร** โดยโลหะจะหลอมละลายและตัดไฟเพื่อป้องกันอุปกรณ์เสียหาย

(อนุทินครั้งที่ 9,รหัส 032)

ส่วนตัวอย่างอื่นๆ ได้แก่

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดไฟเมื่อกระแสไฟฟ้าเกิน

(อนุทินครั้งที่ 9,รหัส 035)

เป็นอุปกรณ์ที่ป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรมากเกินไป ถ้าเกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากเกินไปฟิวส์จะขาดเพื่อป้องกันวงจรไฟฟ้าไม่ให้ไหม้

(อนุทินครั้งที่ 9,รหัส 013)

ฟิวส์เป็นโลหะที่มีความต้านทานต่ำและจุดหลอมเหลวต่ำ เวลาที่มีกระแสไฟฟ้าในวงจรเกินฟิวส์จะขาด

(อนุทินครั้งที่ 9,รหัส 027)

10. กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า

สำหรับแนวคิดนี้อัตราการเพิ่มขึ้นไม่มากนักโดยค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนเท่ากับ 0.89 (คะแนนเต็ม 3 คะแนน) และค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียน 1.67 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากอนุทินสะท้อนการเรียนรู้พบว่านักเรียนยังมีบ้างที่สับสนระหว่างนิยามของกำลังไฟฟ้ากับพลังงานไฟฟ้าหรือในใบงานนักเรียนไม่สามารถคำนวณการคิดค่าไฟได้เนื่องจากนักเรียนไม่แปลงหน่วยให้ถูกต้อง ดังต่อไปนี้

กำลังไฟฟ้าคือพลังงานไฟฟ้าที่เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ไป

(อนุทินครั้งที่ 9,รหัส 002)

กำลังไฟฟ้าเป็นตัวเลขที่อยู่บนเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น พัดลม เพื่อบอกว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าไหนใช้ไฟมากกว่ากัน เช่น พัดลม 30 วัตต์ใช้ไฟมากกว่า หลอดไฟ 10 วัตต์

(อนุทินครั้งที่ 9,รหัส 024)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พลังงานไฟฟ้าวัดในหน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมงใช้ในการคิดค่าไฟ

(อนุทินครั้งที่ 9,รหัส 043)

จากการเขียนอนุทินสะท้อนความรู้ในประเด็นต่างๆด้านแนวคิดวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า พบว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้ามากขึ้นในทุกๆ แนวคิดนักเรียนสามารถอธิบายหรือเขียนสิ่งที่ตัวเองเข้าใจได้สอดคล้องกับกรอบแนวคิดที่กำหนดไว้ อย่างไรก็ตาม นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถอธิบายหรือแสดงความเข้าใจได้ครบถ้วนและบางแนวคิดแสดงถึงความเข้าใจคลาดเคลื่อนของนักเรียนด้วย เช่น เรื่องอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านที่นักเรียนสับสนหน้าที่ของอุปกรณ์ไฟฟ้าและสับสนระหว่างคำว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือหน้าที่ของฟิวส์ที่นักเรียนระบุว่าใช้ป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรซึ่งฟิวส์ไม่ได้ทำหน้าที่เช่นนั้นแต่ทำหน้าที่ตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อกระแสไฟฟ้าเกินเมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจรขึ้น แนวคิดคลาดเคลื่อนนี้อาจเกิดจากคำพูดที่นักเรียนมักได้ยินในชีวิตประจำวันหรือจากบางตำราเรียน เป็นต้น เมื่อพิจารณาจากอนุทินและผลจากแบบวัดแนวคิดของนักเรียนพบว่ามีผลสอดคล้องกันที่นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดได้ทุกคนและส่วนใหญ่มีระดับพัฒนาการอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

การอภิปรายผล

จากการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องพลังงานไฟฟ้า โดยใช้การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งที่ประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นและเชื่อมโยงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องพลังงานไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้น โดยสามารถพัฒนาได้ในทุกแนวคิดโดยไม่เกิดภาวะทดถอยหรือไม่พัฒนาทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lisa (1998); Brigit and Anton (1999); Lawson (2000) ที่ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ว่าส่งผลต่อแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน นอกจากนั้นงานวิจัยของ สราวุฒิ บุญยืน (2542); วาสนา วินิจกุล (2546); ศิริลักษณ์ อ่างเงิน (2548) ที่ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้มีผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านเนื้อหาวิชาสูงขึ้น อย่างไรก็ดีผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์แผนการสอนและวิธีการปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้พบว่าแนวคิดของนักเรียนที่มีการพัฒนาขึ้นเนื่องจาก

1. มีการใช้คำถามเพื่อสร้างความสนใจให้กับนักเรียน โดยปกติถ้าการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการบรรยายโดยไม่มีคำถามกระตุ้นจะทำให้นักเรียนขาดความสนใจและจะพูดคุยเรื่องอื่นๆกันในคาบเรียน ครูควรใช้ภาษาง่ายๆ ท้าทาย ยั่วยุให้นักเรียนตอบซึ่ง แก้วตา ไทรงาม (2553 อ้างในอังคณา ปัทมพงศา, 2555) เห็นว่าการถามเป็นเครื่องมือการสอนที่มีอำนาจ ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้จากการถามที่ดี ผู้วิจัยพยายามใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจโดยเฉพาะในขั้นสร้างความสนใจ ยกตัวอย่างเช่น ในแนวคิดเรื่องไฟฟ้าสถิต ผู้วิจัยสร้างความสนใจดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ครู: ถ้าครูอยากทำให้กระดาษฟรอยด์ที่อยู่บนโต๊ะลอยขึ้นได้โดยใช้ลูกโป่งที่วางอยู่ข้างๆ นักเรียนจะทำได้อย่างไร ขออาสาสมัครคะ (อุปกรณ์อยู่บนโต๊ะครูกลางห้อง)

นักเรียน 1: คิด พยายามเอาลูกโป่งไปแตะๆ กระดาษฟรอยด์แต่กระดาษไม่ติดขึ้นมา

นักเรียน 2: คิด นักเรียนพยายามเป่าให้กระดาษฟรอยด์ลอยขึ้น (ครูบอกผิดกติกา)

นักเรียน 3: คิด นักเรียนใช้ลูกโป่งถูกับศีรษะตนเอง จากนั้นนำไปดูดกระดาษฟรอยด์ กระดาษฟรอยด์จึงลอยขึ้นมา

ครู: นักเรียนคิดว่ากระดาษฟรอยด์ลอยขึ้นได้อย่างไรคะ

นักเรียน: ลูกโป่งดูดกระดาษฟรอยด์คะ

ครู: แสดงว่าลูกโป่งออกแรงดูดกระดาษฟรอยด์ใช่ไหมคะแรงนี้เกิดได้อย่างไรคะ เมื่อนักเรียนถูวัตถุแบบนี้นักเรียนคิดว่าเกิดแต่แรงดูดอย่างเดียวใช่หรือไม่ เกิดแรงผลักได้ไหมคะ

นักเรียน: เป็นแรงไฟฟ้าสถิตครับ น่าจะเกิดเป็นแรงดูดอย่างเดียว
(จากการถอดเทปเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2556)

นอกจากนี้ผู้วิจัยพบว่านักเรียนพึงพอใจกับการจัดการเรียนการสอนที่มีการสร้างความสนใจแบบนี้ โดยสะท้อนได้จากอนุทินของนักเรียน ดังนี้

สนุก เรียนเข้าใจ

(อนุทินครั้งที่ 1: รหัส 009)

รู้สึกสนุกกับการทดลอง สื่อการสอนทำให้เข้าใจง่าย

(อนุทินครั้งที่ 1: รหัส 012)

ครูสอนเข้าใจ ชอบมาก

(อนุทินครั้งที่ 1: รหัส 020)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. มีการจัดการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจได้ง่ายซึ่งสอดคล้องกับ สุรางค์ โค้วตระกูล (2550) ที่กล่าวว่า กระบวนการเรียนรู้ที่มีการปฏิสัมพันธ์กับสังคมจะมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ โดยต้องมีการจัดกิจกรรมให้คล้ายกับเหตุการณ์ในชีวิตจริงหรือชีวิตประจำวัน จะทำให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความหมาย เช่น ผู้วิจัยได้สร้างความสนใจให้กับนักเรียนโดยเชื่อมโยงกับเหตุการณ์เรื่อง วงจรลัด ดังตัวอย่างการสนทนาต่อไปนี้

ครู: นักเรียนคิดว่าเหตุไฟไหม้ในภาพข่าวมีสาเหตุจากอะไรได้บ้างคะ (ครูนำภาพข่าวไฟไหม้ต่างๆให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม)

นักเรียน: จุดเทียน จุดธูปทิ้งไว้ จนเกิดไฟไหม้ครับ

ครู: มีสาเหตุอะไรอีกบ้างคะนักเรียน

นักเรียน: เกิดจากไฟฟ้าลัดวงจรครับ

ครู: ไฟฟ้าลัดวงจรเป็นอย่างไรคะ แล้วเกิดไฟไหม้ได้อย่างไร

นักเรียน: (นิ่ง คิด) เกิดจากไฟฟ้าไหลทางลัดครับ

ครู:หมายความว่าอย่างไรคะไหลทางลัด

นักเรียน:ไฟฟ้าไปในจุดที่มันสั้นๆ ครับ

ครู: นักเรียนคิดว่าสายไฟเก่าๆ ที่ด้านนอกฉนวนหุ้มขาดมีผลต่อการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรหรือไม่คะ

นักเรียน:ผมว่าเกี่ยวครับ

ครู:เกี่ยวข้องอย่างไร

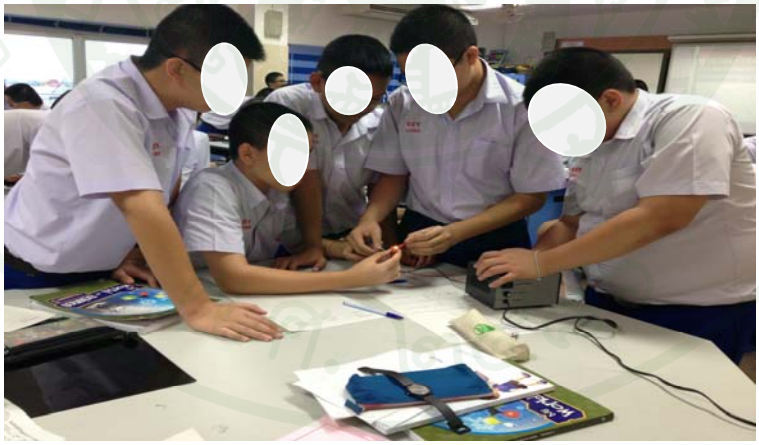
นักเรียน: จุดที่มันมาสัมผัสกันแล้วกระแสไฟฟ้าไหลมาชนกันทำให้เกิดไฟไหม้ครับ (จากการถอดเทปเมื่อวันที่ 21 กรกฎาคม 2556)

จากบทสนทนาดังกล่าวผู้วิจัยได้นำนักเรียนเข้าสู่กิจกรรม “การสังเกตไฟฟ้าลัดวงจร”ซึ่งเป็นกิจกรรมที่จำลองเหตุการณ์การเกิดไฟไหม้เนื่องจากวงจรลัด ซึ่งกิจกรรมนี้นักเรียนได้ทำนาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(predict) ว่าเมื่อเอาฝอยเหล็กมาแตะกันจะเกิดเหตุการณ์ใดขึ้นเมื่อฝอยเหล็กแตะกันนักเรียนทำการสังเกต (observe) เมื่อนักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น นักเรียนต้องอธิบาย (Explain) ให้ได้ว่าเมื่อฝอยเหล็กแตะกันแล้วเหตุใดไฟจึงลุกไหม้และเหตุใดหลอดไฟซึ่งแสดงถึงเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านจึงดับไม่ติด

ภาพที่ 9 นักเรียนช่วยกันตอบคำถามในใบกิจกรรมเมื่อมีข้อสงสัยนักเรียนจะยกมือขึ้นถาม



ที่ 10 นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการทดลองเรื่องวงจรลัด

3. ในกรณีที่กิจกรรมการทดลองไม่สามารถทำให้นักเรียนเห็นภาพปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้เนื่องจากความรู้บางอย่างไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเช่น ความรู้เกี่ยวกับอะตอม การเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า สื่อที่ใช้จัดการเรียนการสอนมีส่วนส่งเสริมให้นักเรียนเห็นภาพหรือเกิดความเข้าใจได้มากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น แนวคิดเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีและแนวคิดเรื่องกระแสไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

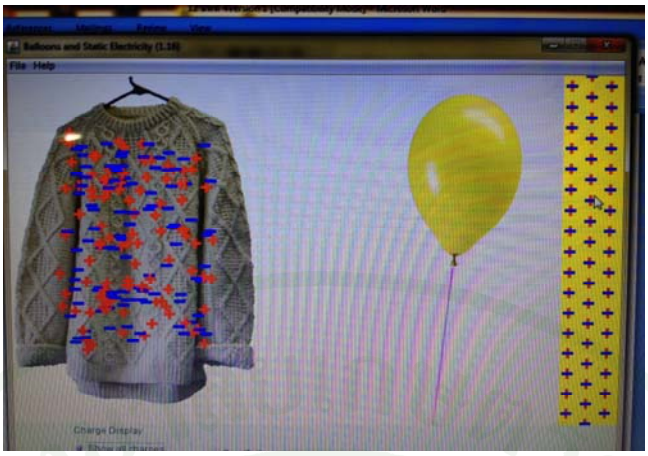
เหนี่ยวนำและไดนาโม ผู้วิจัยให้นักเรียนได้ดูวีดีทัศน์ เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี ที่เป็นภาพเคลื่อนไหวแสดงการเกิดปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ไฟฟ้า ในขณะที่เรื่องกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำแสดงภาพเคลื่อนไหวของไดนาโมกระแสตรงและไดนาโมกระแสสลับ ซึ่งทำให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้นว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากไดนาโมกระแสตรงและกระแสสลับต่างกันอย่างไรและภายหลังที่นักเรียนได้ดูวีดีทัศน์นักเรียนได้ทำใบงานประกอบการเรียนรู้เพื่อเสริมความเข้าใจ

ภาพที่ 11 วีดีทัศน์ เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี 1-2 ผลิตโดย Multimedia Makers Co.,Ltd.

ภาพที่ 12 วีดีทัศน์เรื่อง ไดนาโมกระแสตรงและกระแสสลับจาก TutorVista.com

ส่วนในแนวคิดเรื่อง ไฟฟ้าสถิต ผู้วิจัยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ *PhET* เรื่อง Balloons and Static electricity ซึ่งแสดงการเคลื่อนที่ของประจุอิเล็กตรอนเมื่อนำลูกโป่งถูกับผ้าขนสัตว์ โดยโปรแกรมแสดงให้เห็นว่าเมื่อลูกโป่งถูกันผ้าขนสัตว์แล้วลูกโป่งมีประจุไฟฟ้าได้อย่างไร

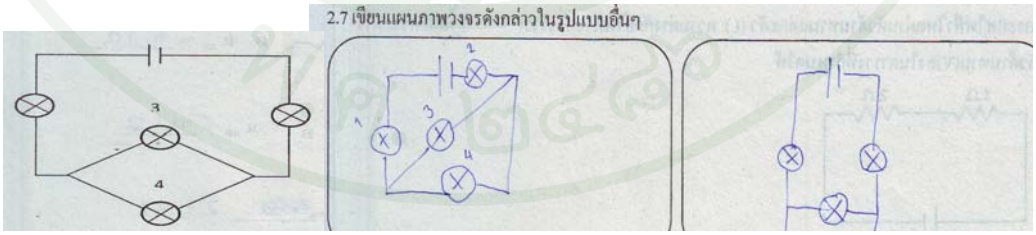
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 13 โปรแกรม *PhET* เรื่อง Balloons and Static electricity

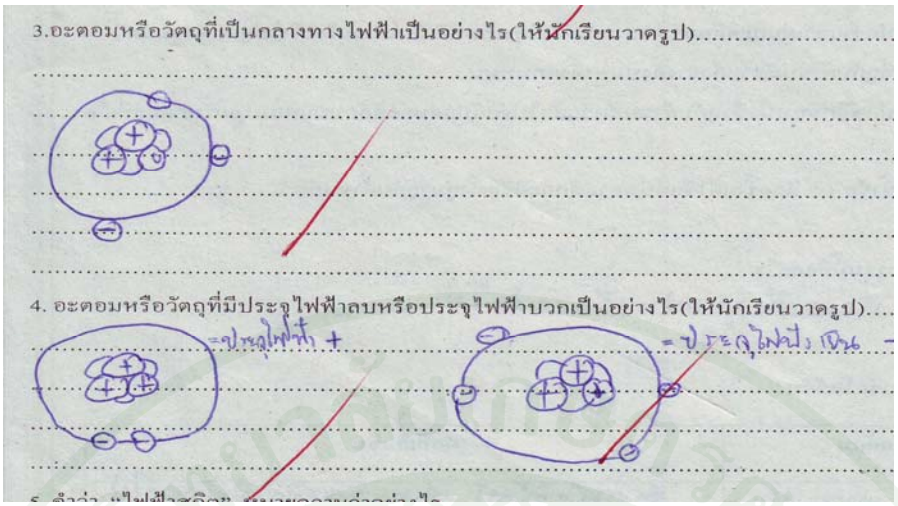
ทั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Rotbain, Marbach-Ad, and Stavy (2007) พบว่าสื่อการสอนช่วยเพิ่มความเข้าใจและแนวคิดที่เป็นนามธรรม ทั้งนี้สื่อการสอนช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดได้ง่ายและช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว (กิดานันท์ มลิทอง, 2540)

4. มีการจัดการเรียนการสอนในลักษณะที่ให้นักเรียนได้วาดรูปแสดงความเข้าใจและบรรยายเพื่อสรุปความรู้ เช่น การวาดภาพวงจรไฟฟ้าโดยใช้สัญลักษณ์แสดงวงจรอนุกรม-ขนาน การวาดรูปโครงสร้างของอะตอม วาดการเกิดประจุไฟฟ้าบนวัตถุเมื่อวัตถุมาถูกัน การวาดแผนผังวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน เป็นต้น

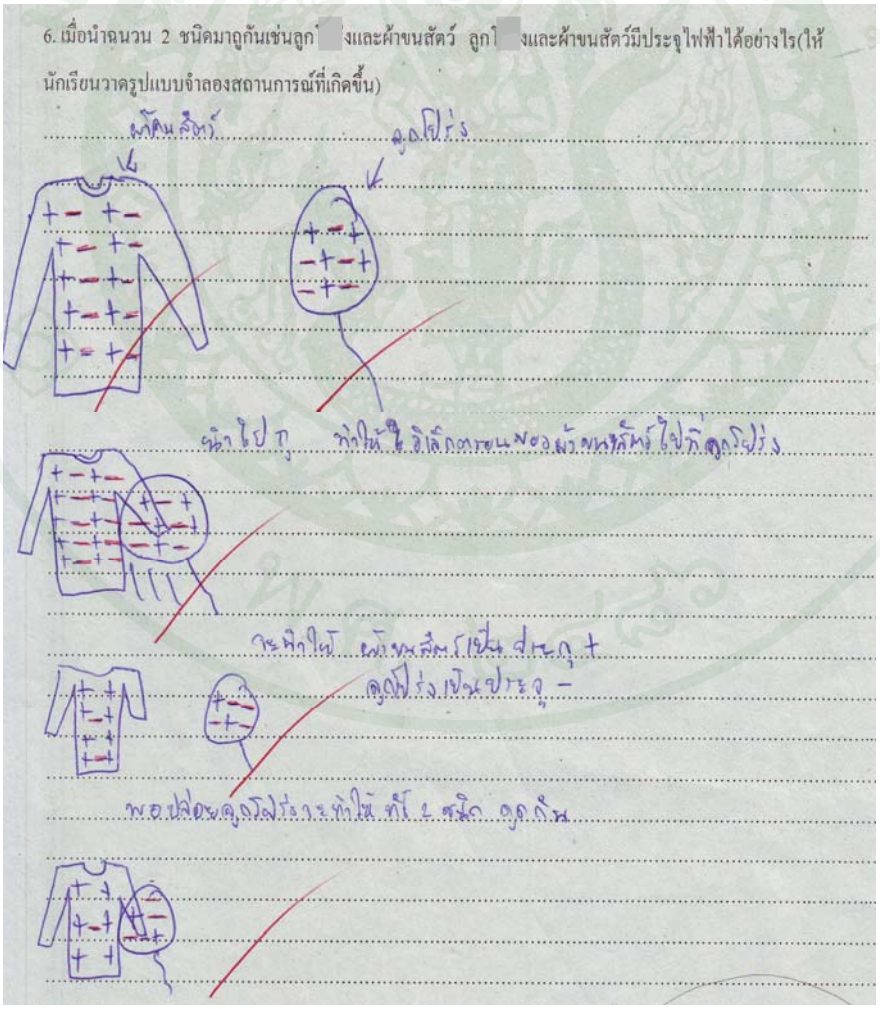


ภาพที่ 14 ภาพวงจรไฟฟ้าโดยใช้สัญลักษณ์แสดงวงจรอนุกรม-ขนาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 แสดงโครงสร้างอะตอมอย่างง่ายที่เป็นกลาง เป็นลบ และเป็นบวก

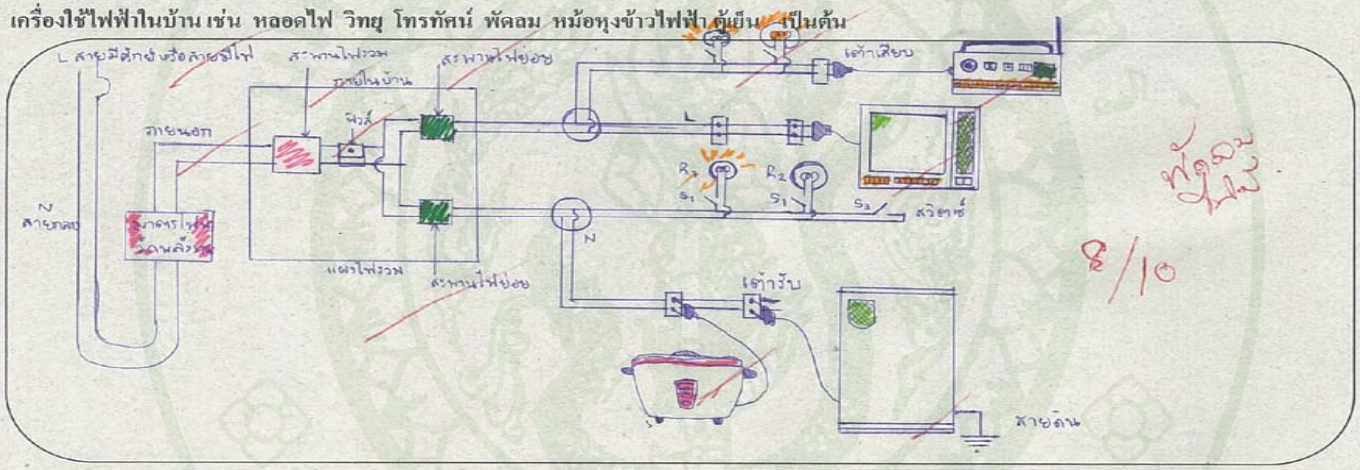


ภาพที่ 16 แสดงการเกิดประจุไฟฟ้าเมื่อนำลูกโป่งถูกับผ้าขนสัตว์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบงานที่ 1.8 เรื่องแผนผังวงจรไฟฟ้าในบ้าน

ให้นักเรียนเขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าในบ้านของตนเอง ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ สะพานไฟ ฟิวส์ สวิตช์ เต้ารับและเต้าเสียบ และเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน เช่น หลอดไฟ วิทยุ โทรทัศน์ พัดลม หม้อหุงข้าวไฟฟ้า ตู้เย็น เป็นต้น



จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. **เครื่องใช้ต่างๆ เช่น หลอดไฟ วิทยุ โทรทัศน์ พัดลม หม้อหุงข้าวไฟฟ้า ต่ออยู่ในวงจรในรูปแบบใด** ..... แบบขนาน .....
2. **ก่อนที่กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าบ้าน จะต้องมาตร[illegible]ไฟฟ้าซึ่งทำหน้าที่** ..... วัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในบ้าน .....
.....

ภาพที่ 17 แสดงการวาดรูปแผนภาพวงจรไฟฟ้าในบ้านของนักเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. มีการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เช่น นักเรียนได้ทำการทดลอง สำรวจตรวจสอบหาความรู้ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ที่มีหลักสำคัญว่า ในกระบวนการจัดการเรียนรู้นักเรียนต้องเป็นผู้กระทำและสร้างความรู้ด้วยตนเอง (ทิศนา แขมมณี, 2553) ซึ่งจากงานวิจัยที่เกี่ยวกับการสอนแบบแนวคอนสตรักติวิซึมพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีนี้ทำให้นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้อง มีความสุข สนุกสนานกับการเรียน ได้รับทั้งความรู้และประสบการณ์ใหม่ๆในการเรียนและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น (ไพจิตร สดวกการ, 2539; พรหม ผูกดวง, 2542; วรางคณา พัดคำ, 2543; สุจินต์ เลี้ยงจรูญรัตน์, 2543 และ ทิพสุคนธ์ ไชยราช, 2545 อ้างใน วรรณดี จันทรวงศ์, 2547) ในงานวิจัยครั้งนี้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดได้สูงขึ้นโดยได้ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองและรับประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ โดยแนวคิดที่ได้รับการพัฒนามากที่สุดคือ เซลล์ไฟฟ้าเคมี นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรม เซลล์ไฟฟ้าเคมี โดยการต่อแผ่นทองแดงและแผ่นสังกะสีกับเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าอย่างง่าย พร้อมสังเกตว่าปัจจัยใดบ้างที่ทำให้เข็มของเครื่องมือวัดเบนไป เช่นเมื่อจุ่มแผ่นทองแดงและสังกะสีลงในสารละลายกรดซัลฟิวริก เมื่อนำแผ่นทั้งสองมาแตะกันจะมีกระแสไฟฟ้าหรือไม่และถ้ายกอันใดอันหนึ่งขึ้นจากสารละลายเข็มจะเบนหรือไม่ ซึ่งในกิจกรรมนี้ทำให้นักเรียนได้ใช้ทักษะการสังเกต เรียนรู้การแปลความหมายจากข้อมูลซึ่งเป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง

กิจกรรมเรื่อง กฎของโอห์ม แม้ว่านักเรียนจะพัฒนาในแนวคิดนี้ได้ไม่มากแต่ในกิจกรรมนี้นักเรียนได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์โดยการต่อวงจรไฟฟ้า นักเรียนต้องสามารถใช้เครื่องวัดความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเพื่อวัดปริมาณที่ต้องการได้ นอกจากนั้นในกิจกรรมนี้นักเรียนต้องนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเขียนกราฟ วิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟ รู้ความหมายของกราฟเส้นตรงว่าข้อมูลทั้งสองต้องมีความสัมพันธ์กันอย่างไร ดังนั้นในหนึ่งกิจกรรมนักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างหลากหลายด้าน ทั้งด้านวิทยาศาสตร์การใช้เครื่องมือวัดและการวิเคราะห์ข้อมูลตามพื้นฐานทางคณิตศาสตร์

กิจกรรมเรื่อง คุณสมบัติของฟิวส์ นักเรียนทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ทำให้ฟิวส์ขนาดใหญ่ ฟิวส์ขนาดเล็ก ลวดทองแดงและลวดเหล็กหลอมละลายเมื่อโดนความร้อน ทำให้นักเรียนเรียนรู้การตั้งสมมติฐานของนักวิทยาศาสตร์ การออกแบบการทดลอง การกำหนดตัวแปรเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้น เรียนรู้การควบคุมตัวแปรอื่นๆไม่ให้มีผลต่อความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ต้องการหา นอกจากนั้นนักเรียนได้ร่วมกันทำงานเป็นกลุ่มมีการเสนอความคิดเห็น มีการซักถามแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน มีการขยายความรู้เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน เช่น การไม่ใช้ลวดทองแดงหรือลวดเหล็กใส่แทนฟิวส์เพราะอาจเกิดอันตรายหรือไฟไหม้ได้ เป็นต้น

กิจกรรมเรื่อง กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า ในกิจกรรมนี้นักเรียนได้แบ่งกลุ่มสำรวจตัวเลขบนฉลากที่อยู่บนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในห้องต่างๆภายในโรงเรียน ซึ่งนักเรียนได้ปรับเปลี่ยนอยู่ใน

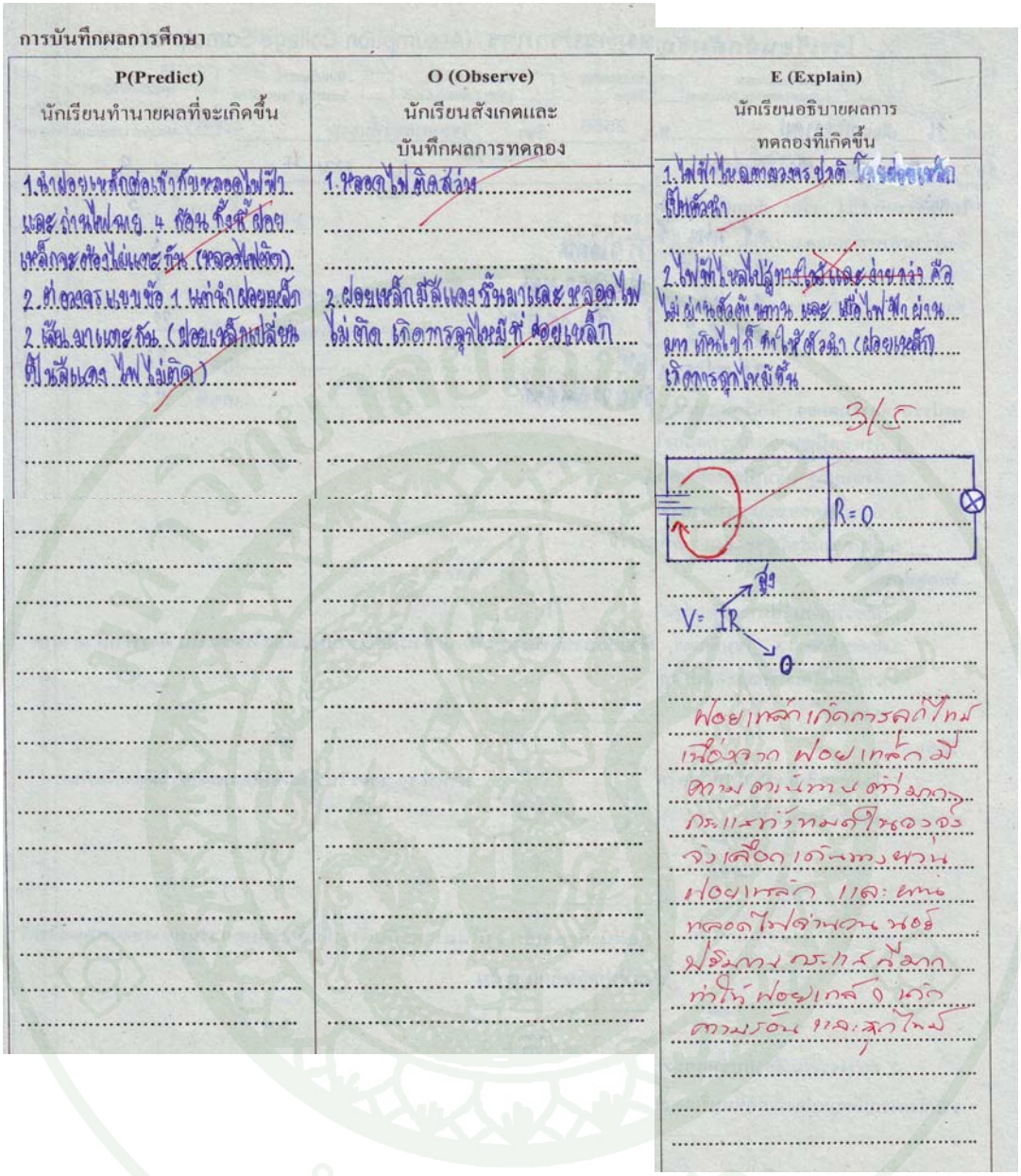
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สิ่งแวดล้อมนอกห้องเรียน สำรวจอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในโรงเรียนและมีการใช้งานจริง ทั้งนี้ทำให้นักเรียนได้รับทราบว่าการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นอกจากจะมีการทดลองแล้วยังมีการสำรวจ การค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ในระหว่างกิจกรรมนักเรียนมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ มีการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ นักเรียนรู้จักแยกแยะและวิเคราะห์เปรียบเทียบจากข้อมูลที่นักเรียนได้มา ทั้งนี้นักเรียนยังได้รับความรู้การเปลี่ยนรูปพลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆอีกด้วย

ทั้งนี้ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ สนับสนุนให้นักเรียนได้คิด ได้ถามสิ่งที่สงสัย และค้นหาคำตอบในประเด็นที่สงสัย ได้คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเข้าใจความหมายสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้มากยิ่งขึ้น การส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ทักษะหาความรู้ด้วยตนเองจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ได้มากที่สุด เมื่อกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน ท้าทายต่อสติปัญญาและเป็นกิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติได้จริง (สาขาชีววิทยา สสวท., 2552; Colburn, 2000; NRC., 2000; Schwatz *et al*., 2004; Wider & Shuttleworth, 2005; Budnitz, 2009; Wikipedia, 2009 อ้างใน ขวัญฤทัย เที่ยงจันทราทิพย์, 2553)

6. ผู้วิจัยมีการตรวจใบงานและให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างละเอียดกับนักเรียนซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจในสิ่งที่ถูกต้องมากขึ้น ดังตัวอย่างในใบงานต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



การบันทึกผลการศึกษา

P(Predict) นักเรียนทำนายผลที่จะเกิดขึ้น	O (Observe) นักเรียนสังเกตและบันทึกผลการทดลอง	E (Explain) นักเรียนอธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้น
1. น่าจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟฟ้าและถ่านไฟฉาย 4 ก้อน ทั้งสี่ก้อน เหล็กจะต้องไม่แตะกัน (หลอดไฟติด) 2. ที่วงจรแบบข้อ 1 แต่นำฟอยเหล็กมาเพิ่ม 2 เส้น มาแตะกัน (ฟอยเหล็กเปลี่ยนที่ วงจรไฟไม่ติด)	1. หลอดไฟติดสว่าง 2. ฟอยเหล็กมีสีแดงขึ้นมาและหลอดไฟไม่ติด เกิดการลุกไหม้ที่ฟอยเหล็ก	1. ไฟฟ้าไหลจากขั้วบวกผ่านไส้หลอดไฟไปยังขั้วลบ 2. ไฟฟ้าไหลไปลัดวงจรและผ่านสายไฟที่ต่อกับขั้วลบ ไม่ผ่านตัวต้านทาน และมีไฟฟ้าผ่านมากทำให้ตัวนำ (ฟอยเหล็ก) เกิดการลุกไหม้ขึ้น R=0 สูง V=IR 0 ฟอยเหล็กเกิดการลุกไหม้เนื่องจากฟอยเหล็กมีความต้านทานต่ำมาก กระแสไหลผ่านมากจึงเลือกเดินทางผ่านฟอยเหล็กและไม่ผ่านหลอดไฟ ส่งผลให้ฟอยเหล็กมีความร้อนและลุกไหม้

ภาพที่ 18 ใบกิจกรรมเรื่องวงจรลัดและฟิวส์

อย่างไรก็ตามแม้ว่าในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งจะสามารถพัฒนาให้นักเรียนให้มีความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องพลังงานไฟฟ้ามากขึ้นแต่ก็พัฒนาในระดับที่ไม่สูงมากนักคือเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง รวมทั้งบางแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่องพลังงานไฟฟ้า เช่น แนวคิดเรื่อง ชนิดของตัวนำและความต้านทาน อุปกรณ์ไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า ตามลำดับ มีการพัฒนาที่ต่ำกว่าแนวคิดอื่นๆซึ่งจากการวิเคราะห์ของผู้วิจัยพบว่าน่าจะมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. เนื่องจากเนื้อหาในเรื่อง พลังงานไฟฟ้า มีค่อนข้างมากและหลายหัวข้อทำให้เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนไม่เพียงพอ รวมทั้งในทุกแผนการสอนและแนวคิดผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำกิจกรรมในทุกๆกิจกรรมและในแต่ละกิจกรรมใช้เวลาค่อนข้างมากและไม่เป็นไปตามกำหนดเวลาทำให้บางครั้งต้องมีการรวบรัดจึงไม่สามารถให้นักเรียนได้อภิปรายได้เต็มที่

2. นักเรียนขาดทักษะในการต่อวงจรไฟฟ้า นักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาได้เองทำให้ผู้วิจัยเสียเวลาไปกับการทำการทดลอง โดยเฉพาะการทดลองกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม การทดลองเรื่องกฎของโอห์ม การทำกิจกรรมเรื่องวงจรอนุกรมและขนานและกิจกรรมเรื่องอุปกรณ์และวงจรไฟฟ้าในบ้าน ซึ่งนักเรียนต้องต่อวงจรมีความซับซ้อนมีสายไฟมากกว่าหนึ่งสายทำให้นักเรียนงุนงงบางกลุ่มไม่ประสบความสำเร็จไม่สามารถต่อให้ไฟติดได้และต้องขอความช่วยเหลือจากครูผู้สอนเป็นระยะทำให้ใช้เวลาในการทำการทดลองนาน

3. แม้จะมีการแบ่งเป็นกลุ่มให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมโดยนักเรียนแต่ละกลุ่มก็มีจำนวนไม่ได้มากเกินไปคือ 4-5 คน เพื่อให้นักเรียนสามารถช่วยเหลือหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันได้แต่นักเรียนจำนวนหนึ่งไม่สามารถตอบคำถามหรือสามารถใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสมทั้งนี้อาจเป็นเพราะยังขาดการร่วมมือหรือปฏิสัมพันธ์อันดีต่อทั้งกิจกรรมที่ทำและกับเพื่อนผู้ร่วมทำงาน โดยนักเรียนกลุ่มนี้มักไม่ลงมือปฏิบัติแต่ทำหน้าที่ลอกทั้งข้อมูลและข้อสรุปจากเพื่อนร่วมกลุ่มเท่านั้น

ส่วนที่ 2 ผลของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามกรอบแนวคิดของ Lederman

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้จากแบบวัด VNOS–Form C ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 43 คนโดยเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งตามกรอบองค์ประกอบของ Lederman *et al.* (2002) ใน 8 ประเด็น โดยแสดงผลของการศึกษาดังตารางที่ 9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ค่าเปอร์เซ็นต์และจำนวนของนักเรียนที่ไม่สามารถจัดกลุ่ม มีมุมมองไม่สอดคล้อง มีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยนและมีมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์และค่าเฉลี่ยคำตอบของแต่ละประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ *NOS Aspects*	**ค่าเปอร์เซ็นต์และจำนวนนักเรียน**								**ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน**			
	ก่อนเรียน				**หลังเรียน**				**ก่อนเรียน**		**หลังเรียน**	
	NC	NV	TV	IV	NC	NV	TV	IV	μ	S.D	μ	S.D
1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้	6.98	46.51	41.86	4.65	0.00	11.63	69.77	18.60	1.44	0.69	2.07	0.54
(คำถามข้อ 4)	3	20	18	2	0	5	30	8				
2. การตั้งอยู่บนประจักษ์พยานและ	2.33	44.19	51.16	2.33	0.00	9.30	67.44	23.26	1.53	0.58	2.14	0.55
หลักฐาน (คำถามข้อ 11)	1	19	22	1	0	4	29	10				
3. ความเป็นอัตนัย	16.28	76.74	6.98	0.00	4.65	27.91	41.86	25.58	0.91	0.47	1.88	0.84
(คำถามข้อ 8)	7	33	3	0	2	12	18	11				
4. มิติทางสังคมและวัฒนธรรมในการ	23.26	65.12	6.98	4.65	6.98	34.88	39.53	16.60	0.93	0.69	1.70	0.85
ทำงานของนักวิทยาศาสตร์	10	28	3	2	3	15	17	8				
(คำถามข้อ 9)												
5. ทฤษฎีและกฎ	13.95	86.05	0.00	0.00	4.65	25.58	55.81	13.95	0.86	0.35	1.79	0.73
(คำถามข้อ 6)	6	37	0	0	2	11	24	6				
6. ความคิดสร้างสรรค์	9.30	20.93	60.47	9.30	4.65	0.00	81.40	13.95	1.70	0.76	2.05	0.57
(คำถามข้อ 10)	4	9	26	4	2	0	35	6				

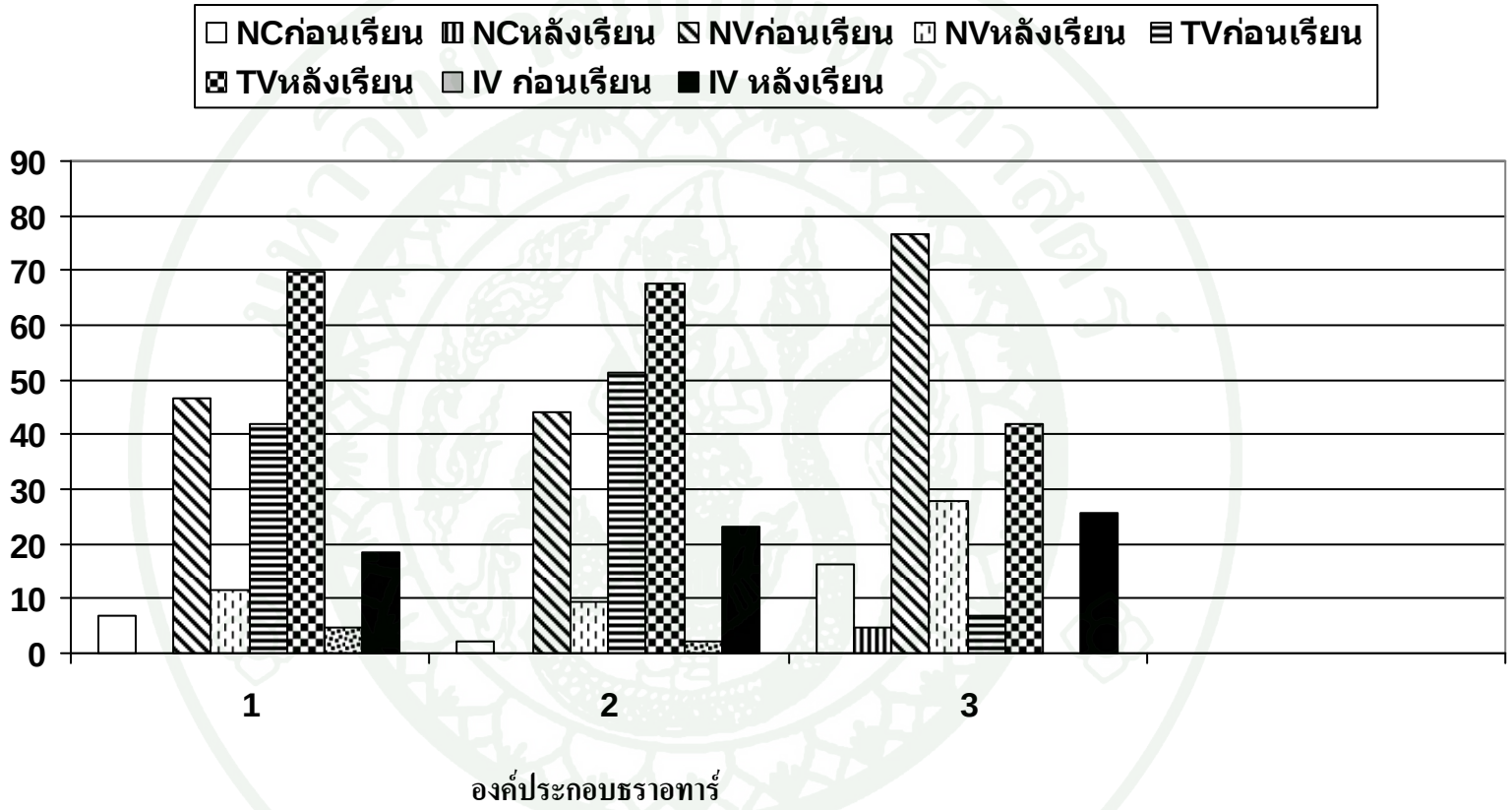
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

องค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ *NOS Aspects*	**ค่าเปอร์เซ็นต์และจำนวนนักเรียน**								**ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน**			
	ก่อนเรียน				**หลังเรียน**				**ก่อนเรียน**		**หลังเรียน**	
	NC	NV	TV	IV	NC	NV	TV	IV	μ	S.D	μ	S.D
7. การสังเกตและการลงความเห็นข้อมูล	18.60	39.53	39.53	2.33	4.65	18.60	62.80	13.95	1.26	0.78	1.86	0.70
(คำถามข้อ 6)	8	17	17	1	2	8	27	6				
(คำถามข้อ 7)	23.26	53.49	23.26	0.00	9.30	30.23	44.19	16.28	1.00	0.68	1.67	0.86
	10	23	10	0	4	13	19	7				
8. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	2.33	67.44	30.23	0.00	0.00	34.88	65.12	0.00	1.28	0.50	1.65	0.48
(คำถามข้อ 2)	1	29	13	0	0	15	28	0				
(คำถามข้อ 3)	0.00	65.12	27.91	6.98	0.00	20.93	55.81	23.26	1.42	0.62	2.02	0.66
	0	28	12	3	0	9	24	10				

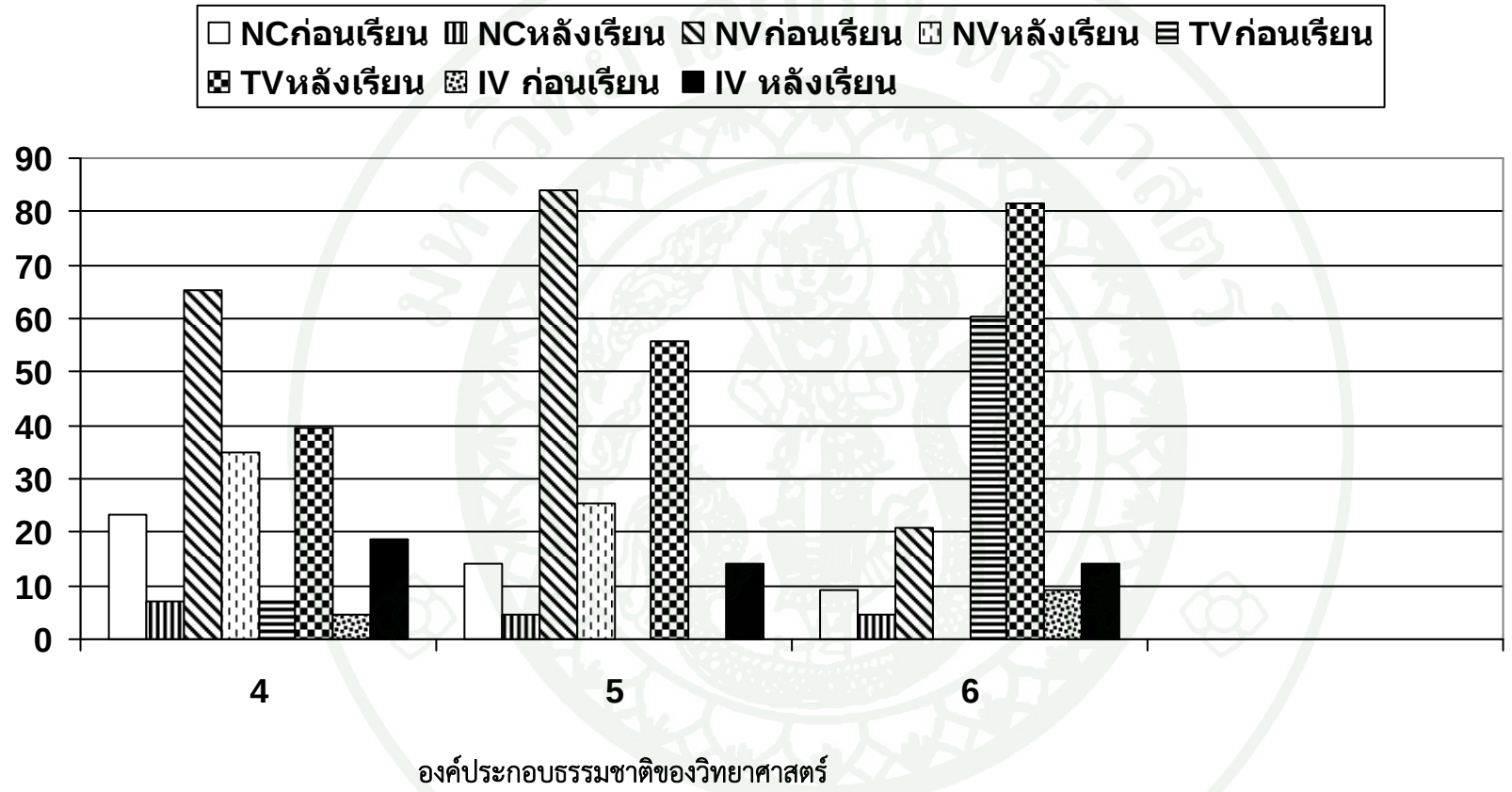
หมายเหตุ: แบ่งกลุ่มคำตอบออกเป็น 4 ระดับดังต่อไปนี้ คือระดับ 0 (NC) ไม่สามารถจัดอยู่ในกลุ่มใดๆเลย ระดับที่ 1 (NV) มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ ระดับที่ 2 (TV) มุมมองในระยะปรับเปลี่ยน ระดับที่ 3 (IV) มุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



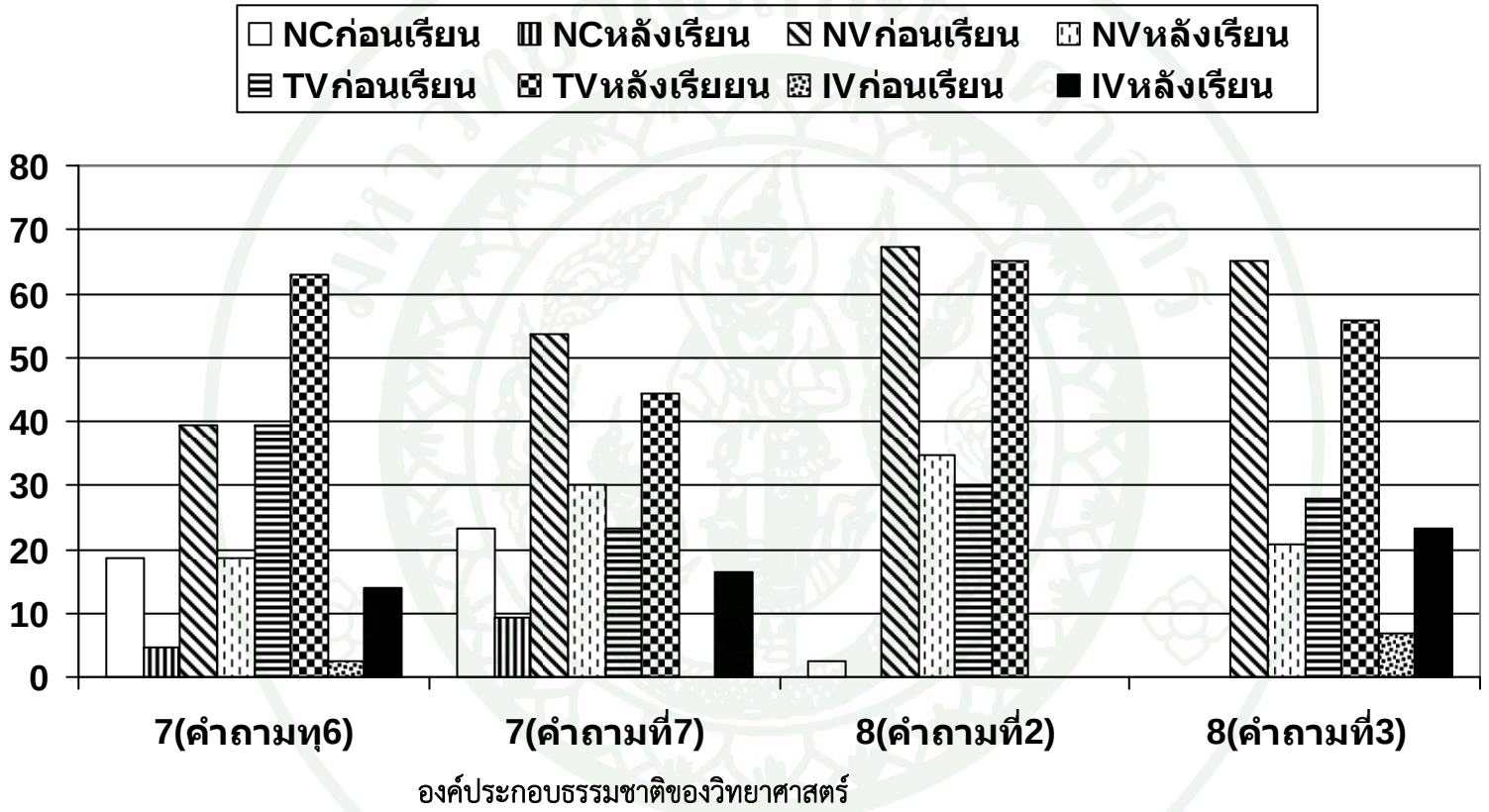
ภาพที่ 19 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นที่ 1-3 ได้แก่ (1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ (2) การตั้งอยู่บนประจักษ์พยานและหลักฐาน และ(3) ความเป็นอัตนัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



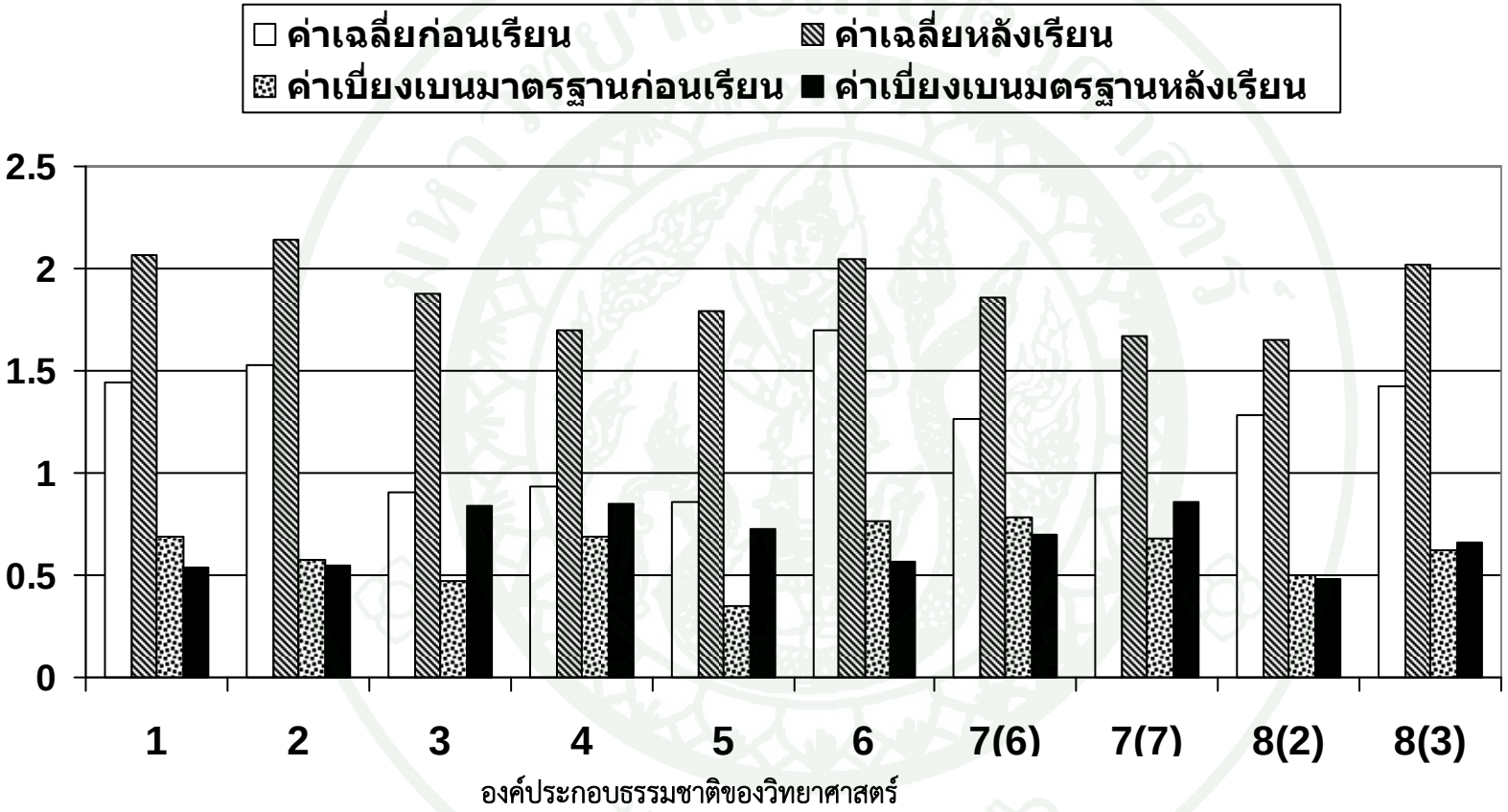
ภาพที่ 20 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นที่ 4-6 ได้แก่ (4) มิติทางสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (5) ทฤษฎีและกฎ และ(6) ความคิดสร้างสรรค์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 21 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มขององค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นที่ 7และ 8 ได้แก่ (7)การสังเกตและการลงความเห็นข้อมูล คำถามที่ 6 และคำถามที่ 7 และ(8) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คำถามที่ 2 และคำถามที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 22 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนและหลังเรียนของแต่ละองค์ประกอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ประเด็นที่ 1-8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่าประเด็นที่มีการพัฒนามากที่สุดโดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังสอนที่มากที่สุดคือประเด็นการตั้งอยู่บนประจักษ์พยานและหลักฐาน รองลงมาคือความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้และประเด็นความคิดสร้างสรรค์โดยแต่ละประเด็นมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.14, 2.07 และ 2.05 ตามลำดับ ส่วนในประเด็นอื่นๆพบว่านักเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นเช่นกันโดยประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยหลังเรียนน้อยที่สุดได้แก่ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (คำถามข้อที่ 2 เกี่ยวกับความหมายของการทดลองและรูปแบบของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์) การสังเกตและการลงความเห็นข้อมูล (คำถามข้อที่ 7) และมิติทางสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่าประเด็นที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังเรียนได้แก่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ การตั้งอยู่บนประจักษ์พยานและหลักฐาน ความคิดสร้างสรรค์ การสังเกตและการลงความเห็นข้อมูล (คำถามข้อที่ 6) และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (คำถามข้อที่ 2) ในอีกด้านหนึ่ง ประเด็นที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังเรียนเนื่องจากคะแนนก่อนเรียนของนักเรียนค่อนข้างต่ำเป็นผลให้การกระจายของคะแนนมากขึ้นและทำให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหลังเรียนมีค่ามากกว่า เช่น ประเด็นมิติทางสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ กฎและทฤษฎี การสังเกตและการลงความเห็นข้อมูล (คำถามข้อที่ 7) และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (คำถามข้อที่3) เป็นต้น

เมื่อพิจารณาจากคะแนนรายบุคลในภาพรวม (แสดงในภาคผนวก ฌ) พบว่านักเรียนทุกคนสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ถูกต้องมากขึ้น โดยค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 12.33 และค่าเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 18.83 โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 62.77% มากกว่า 60% ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาสรุปเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์พบว่าหลังเรียนมีนักเรียนจำนวน 24 (55.81%) คน ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้เมื่อพิจารณาคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ 44.18% อยู่ในกลุ่มระดับการพัฒนาในเกณฑ์ปานกลาง โดยแสดงในรายละเอียดตามตารางที่ 10 และตารางที่ 11 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 10 ความถี่และเปอร์เซ็นต์ของนักเรียนที่ผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ 60%

ก่อนเรียน		**หลังเรียน**	
ผ่าน	**ไม่ผ่าน**	**ผ่าน**	**ไม่ผ่าน**
3	40	24	19
6.98	93.02%	55.81%	44.19%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ความถี่และเปอร์เซ็นต์ของนักเรียนที่มีพัฒนาการในระดับต่างๆ

ถดถอย	ไม่มีพัฒนาการ	มีพัฒนาการ			
		ต้น	กลาง	สูง	สูงมาก
-	-	13	19	11	-
		30.23%	44.18%	25.58%	

เมื่อพิจารณาในแต่ละประเด็นของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนพัฒนาแตกต่างกัน ผู้วิจัยได้นำเสนอรายละเอียดการพัฒนาในแต่ละประเด็นโดยแสดงตัวอย่างคำตอบในประเด็นนั้นๆจากแบบวัดก่อนเรียนและหลังเรียน รวมทั้งสอดแทรกการสอนและการเรียนรู้ของนักเรียนดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ (Tentative)

จากคำถามข้อที่ 4 ที่ถามว่า “ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์ตั้งขึ้นมาแล้ว เช่น ทฤษฎีอะตอม ทฤษฎีวิวัฒนาการ สามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่

1.1 ถ้านักเรียนเชื่อว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ให้นักเรียนอธิบายว่าเพราะเหตุใด พร้อมยกตัวอย่างประกอบ

1.2 ถ้านักเรียนเชื่อว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้

1.2.1 ให้นักเรียนอธิบายว่าเพราะเหตุใดทฤษฎีนั้นจึงเปลี่ยนแปลงได้

1.2.2 ให้นักเรียนอธิบายว่า เมื่อทฤษฎีมีการเปลี่ยนแปลงได้ทำไมเราจึงต้องเรียนทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างประกอบ” **คำตอบ** ทฤษฎีหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนได้ถ้ามีหลักฐานประจักษ์พยานใหม่ เช่น ทฤษฎีอะตอม โดยการที่เราต้องเรียนทฤษฎีในปัจจุบันเพราะทฤษฎีใช้อธิบายปรากฏการณ์ในช่วงเวลานั้นได้ดีที่สุดและเป็นความรู้ที่สามารถนำมาตีความด้วยมุมมองใหม่จนเกิดเป็นทฤษฎีใหม่ได้

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (NV:46.51%) มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยมีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนในกลุ่มNV นี้มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงไม่ได้ เช่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

“ทฤษฎีที่เรียนในปัจจุบันนั้นเป็นทฤษฎีที่**ได้รับการพิสูจน์มาแล้วจึงเปลี่ยนแปลงไม่ได้** เช่น โปรตอนจะเปลี่ยนเป็นนิวตรอนไม่ได้”

(นักเรียน023)

ภายหลังการเรียนพบว่านักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นโดยนักเรียนส่วนใหญ่ (TV:69.77%) ถูกพัฒนาจากกลุ่ม NV จนมีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยนสอดคล้องกับนักเรียนที่มีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์มีจำนวนลดลง (NV:11.63%) ดังตัวอย่างคำตอบ

“ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ถ้ามีเหตุผลหรือผลการทดลองที่มีความน่าเชื่อถือมากกว่า ทฤษฎีเก่าจะถูกล้มล้างไปและมีทฤษฎีใหม่มาแทน”

(นักเรียน023)

“ทฤษฎีเปลี่ยนได้ถ้ามีพยานหลักฐานที่บ่งชี้ว่าทฤษฎีนั้นผิด”

(นักเรียน044)

ขณะเดียวกันนักเรียนในกลุ่มมีมุมมองระยะปรับเปลี่ยนก็สามารถพัฒนาจนอยู่ในกลุ่มที่มีมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (IV:18.60%) ทั้งนี้นักเรียนในกลุ่มนี้สามารถตอบได้ว่า

“ทฤษฎีสามารถเปลี่ยนแปลงได้เพราะเมื่อมีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆทำให้เรารู้สิ่งใหม่ๆที่สมเหตุสมผลมากกว่าเดิม ส่วนการที่เราต้องเรียนทฤษฎีก็เพื่อต่อยอดหรือวิเคราะห์จนเป็นทฤษฎีใหม่ได้ที่มีเค้าโครงเดิม ยกตัวอย่างเช่น ทฤษฎีไฟฟ้าในสัตว์ที่ยกเลิกและต่อยอดเป็นทฤษฎีเซลล์ไฟฟ้าเคมีต่อมา”

(นักเรียน018)

จากคำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งสามารถทำให้นักเรียนเข้าใจในประเด็นนี้มากขึ้น เมื่อพิจารณาจากกระบวนการเรียนรู้พบว่าผู้วิจัยได้มีโอกาสสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้ 2 ครั้ง คือในการสอนเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีกับกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ ยกตัวอย่างเช่น

เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี ภายหลังจากการทำกิจกรรมตรวจสอบ”เซลล์ไฟฟ้าเคมี” ผู้วิจัยให้นักเรียนดูคลิปวีดีโอศึกษาการทำงานของอาเลสซันโดร วอลตาซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์คนแรกที่ค้นพบกระแสไฟฟ้าจากปฏิกิริยาเคมีโดยอาเลสซันโดร วอลตาทำการตรวจสอบซ้ำ(peer review) การทดลองของ ลุยจิ กัลวานี (Luigi Galvani) ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามภายหลังการศึกษาว่า “ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้หรือไม่” “ถ้าเปลี่ยนแปลงได้เปลี่ยนได้เมื่อใด” โดยนักเรียนสามารถตอบได้ว่า “ความรู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้และเปลี่ยนแปลงได้ในกรณีที่มีหลักฐานใหม่” (อนุทินครั้งที่ 2) อย่างไรก็ตามนักเรียนหลายคนยังไม่สามารถอ้างถึงในกรณีที่นักวิทยาศาสตร์สามารถตีความใหม่จากหลักฐานเดิมที่มีอยู่

กิจกรรมเรื่อง กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ ในขั้นอธิบายความหมายของกระแสไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ถามนักเรียนว่า “ทิศของกระแสไฟฟ้ากระแสตรงในลวดตัวนำไหลจากขั้วใดไปยังขั้วใด” ซึ่งนักเรียนตอบได้ว่าไหลจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ จากนั้นผู้วิจัยได้เชื่อมโยงเพิ่มเติมว่า “การที่นักวิทยาศาสตร์ได้กำหนดให้ทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลจากขั้วบวกมายังขั้วลบเนื่องจากในอดีตยังไม่การค้นพบอิเล็กตรอน เมื่อมีการค้นพบอิเล็กตรอนทำให้เราทราบว่ากระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำคือการเคลื่อนที่ของประจุอิเล็กตรอนซึ่งมีทิศทางการเคลื่อนที่จากขั้วลบไปยังขั้วบวก” ทั้งนี้ภายหลังบทเรียนนักเรียนสามารถตอบได้ว่าเมื่อค้นพบความรู้ใหม่มีหลักฐานใหม่ๆที่ได้จากการทดลองจะทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้

(อนุทินครั้งที่ 4)

2. วิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนประจักษ์พยาน (Empirical basis)

จากคำถามข้อที่ 1 ถามว่า“ตามความเข้าใจของนักเรียนวิทยาศาสตร์คืออะไรแตกต่างจากศาสตร์ (เช่น ศาสนา ปรัชญา รัฐศาสตร์) อื่นๆอย่างไร” **คำตอบ** วิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นรอบๆตัวเราโดยแตกต่างจากศาสตร์อื่นๆตรงที่ในการศึกษาธรรมชาติที่เกิดขึ้นต้องอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นเหตุเป็นผล มีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สามารถตรวจสอบและทำซ้ำได้

ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มมีมุมมองระยะปรับเปลี่ยน(TV:51.16%) มากกว่านักเรียนที่อยู่ในกลุ่มมีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(NV: 44.18%) เล็กน้อยโดยในกลุ่ม TV นักเรียนสามารถตอบคำถามได้แต่ไม่ครบถ้วนดังนี้

“วิทยาศาสตร์คือการทดลอง มี**หลักฐาน** ในการยืนยัน”

(นักเรียน022)

“วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่**พิสูจน์**ได้และเป็นข้อเท็จจริง ซึ่งต่างจากศาสตร์อื่นๆคือ ศาสตร์อื่นเป็นความเชื่อซึ่งพิสูจน์ไม่ได้”

(นักเรียน037)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จะเห็นว่านักเรียนในกลุ่มนี้สามารถบอกคุณลักษณะบางประการของคำว่าวิทยาศาสตร์ได้ เช่นคำว่ามีเหตุผลหรือพิสูจน์ได้แต่ไม่สามารถระบุถึงกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักฐานหรือประจักษ์พยาน

ส่วนนักเรียนที่มีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ไม่สามารถอธิบายได้ว่าวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ต้องการหลักฐาน เช่น

“วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่ต้องใช้สูตรในการหาข้อมูล เป็นวิชาที่ทำให้รู้เรื่องดินฟ้าอากาศ น้ำ โลก ร่างกาย ว่าเป็นอย่างไร”

(นักเรียน 001)

“วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ต้องใช้ความคิดวิเคราะห์และความเข้าใจเป็นหลัก”

(นักเรียน 004)

“วิทยาศาสตร์คือศาสตร์ของการค้นหาสิ่งใหม่”

(นักเรียน 020)

ภายหลังการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียน(TV:67.44%) ในกลุ่มมีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยนมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นทั้งนี้เพราะนักเรียนในกลุ่ม (NV9.30%) มีจำนวนลดลงมากโดยในกลุ่มนี้นักเรียนตอบได้แต่ไม่ครบถ้วนคือ

“วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ต้องทำ**การทดลอง**และ**สังเกต**เพื่อให้ได้ข้อมูล**”**

(นักเรียน 014)

“วิทยาศาสตร์มีความเป็น**เหตุเป็นผลที่พิสูจน์**ได้”

(นักเรียน 032)

นอกจากนั้นนักเรียนในกลุ่มมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์มีจำนวนเพิ่มขึ้นมาก(IV:23.26%) ยกตัวอย่างเช่น

“วิทยาศาสตร์คือศาสตร์ที่ทำความเข้าใจสิ่งต่างๆที่เกิดขึ้นบนโลกโดยต่างจากศาสตร์อื่นตรงที่ต้องมี**หลักฐานหรือประจักษ์พยาน**ประกอบความรู้นั้นซึ่งอาจได้มาจาก**กระบวนการทดลอง**หรือ**กระบวนการ**อื่นๆ”

(นักเรียน 026)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากคำตอบแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการทดลอง จำนวน 4 ครั้ง ในเรื่อง ไฟฟ้าสถิต เซลล์ไฟฟ้าเคมี กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ วงจรลัดและฟิวส์ เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยขอยกตัวอย่างการจัดการเรียนรู้ดังนี้ เช่น เรื่อง การทดลองไฟฟ้าสถิต โดยหลังจากที่นักเรียนทำการทดลองจนได้ข้อสรุปเกี่ยวกับคุณสมบัติของประจุไฟฟ้าซึ่งมีอยู่ 2 ชนิด ผู้วิจัยใช้คำถามสืบเสาะดังบทสนทนาต่อไปนี้

ครู: นักเรียนคะ นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์เคยเห็นอนุภาค อิเล็กตรอนหรือโปรตอนหรือไม่คะ

นักเรียน: ไม่น่าจะเห็นเพราะมันเล็กมากๆ

ครู: นักเรียนคิดว่าอิเล็กตรอนหรือโปรตอนสามารถมองผ่านกล้องจุลทรรศน์ได้หรือไม่คะ

นักเรียน: ไม่ได้ (ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าขณะนี้ยังไม่มีกล้องจุลทรรศน์ใดที่สามารถเห็นอะตอม อิเล็กตรอนหรือโปรตอน)

ครู: นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ทราบได้อย่างไรว่ามันมีอยู่จริง

นักเรียน: ทราบจากการทดลองครับ เหมือนการทดลองที่เราทำทำให้ทราบว่ามีประจุไฟฟ้า 2 ชนิด

(จากการถอดเทปเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2556)

จากบทสนทนา นักเรียนตอบได้ว่านักวิทยาศาสตร์อาศัยหลักฐานที่ได้จากการทดลอง โดยผู้วิจัยช่วยเพิ่มเติมว่าหลักฐานที่ทำให้เราทราบว่าอิเล็กตรอนและโปรตอนนั้นมีอยู่จริงอาศัยข้อมูลจากการทำการทดลอง เมื่อเทคโนโลยีและความรู้ทาวิทยาศาสตร์มีการพัฒนามากขึ้น นักวิทยาศาสตร์จึงเก็บรวบรวมข้อมูล ตีความทำให้รู้ในที่สุดว่ามีอนุภาคทั้งสองอยู่จริง โดยผู้วิจัยได้ถามเพิ่มเติมด้วยว่าการทดลองที่ผ่านมานั้นอาศัยทักษะกระบวนการใดบ้าง ทำให้นักเรียนได้ข้อสรุปว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์บางสิ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาแต่รับรู้ว่ามีอยู่โดยอาศัยจากหลักฐานหรือประจักษ์พยานผ่านกระบวนการทดลองและสังเกต

(อนุทินครั้งที่ 1)

กิจกรรมเรื่อง วงจรลัดและคุณสมบัติของฟิวส์ ครูใช้คำถามสืบเสาะว่านักเรียนทราบได้อย่างไรว่า “การเกิดวงจรลัดเกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดที่มีความต้านทานต่ำๆ เป็นปริมาณมากแทน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การไหลผ่านวงจรที่มีความต้านทานสูง” นักเรียนตอบได้ว่ามีหลักฐานเชิงประจักษ์คือเกิดไฟไหม้บริเวณจุดตัดของฝอยเหล็กในขณะที่หลอดไฟในวงจรดับแสดงว่าไม่มีกระแสไหลผ่านวงจร โดยนักเรียนได้ข้อสรุปว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องมีหลักฐานเชิงประจักษ์ซึ่งต้องอาศัยทักษะการสังเกตนั่นเอง

(อนุทินครั้งที่ 9)

3. ความเป็นอัตนัย (Subjectivity)

จากคำถามข้อที่ 8 ถามว่า “นักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการสูญพันธุ์ของไดโนเสาร์ไว้ 2 สมมติฐาน คือ

สมมติฐานที่ 1 เสนอโดยนักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่งอธิบายว่ามีอุกกาบาตขนาดใหญ่พุ่งชนโลกเมื่อ 65 ล้านปีและนำไปสู่การสูญพันธุ์ของไดโนเสาในที่สุด

สมมติฐานที่ 2 เสนอโดยนักวิทยาศาสตร์อีกกลุ่มหนึ่งเสนอว่ามีภูเขาไฟระเบิดอย่างรุนแรงครั้งใหญ่เป็นเหตุให้เกิดการสูญพันธุ์ของไดโนเสาร์

เพราะเหตุใดนักวิทยาศาสตร์ทั้งกลุ่มที่ใช้แหล่งข้อมูลเดียวกันจึงเสนอสมมติฐานที่แตกต่างกัน”**คำตอบ** การที่นักวิทยาศาสตร์ได้ข้อมูลชุดเดียวกันแต่ตั้งสมมติฐานได้ไม่เหมือนกันทั้งนี้เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์มาจากสังคมที่ต่างกันจึงมีประสบการณ์ ความรู้เดิม ความเชื่อและค่านิยมไม่เหมือนกันซึ่งมีผลต่อการทำงานและความสนใจของนักวิทยาศาสตร์

ก่อนการเรียนในเรียนส่วนใหญ่ (NV:76.74%) อยู่ในกลุ่มมีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์โดยคำตอบของนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่ม NV ตอบแตกต่างกันไปว่า

“มันเป็นการสมมติฐานจึงแตกต่างกันได้เพราะนักวิทยาศาสตร์ไม่ได้อยู่ในยุคนั้น”

(นักเรียน 024)

“เพราะแต่ละคนคิดไม่เหมือนกันจึงตั้งสมมติฐานต่างกัน”

(นักเรียน 026)

“ความคิดของคนแตกต่างกันจึงสรุปไม่ได้เพราะหลักฐานไม่แน่ชัด”

(นักเรียน 036)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หลังกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียน (IV:25.58.%) จัดอยู่ในกลุ่มมีมุมมองสอดคล้องมติประชาคมวิทยาศาสตร์โดยสามารถระบุเหตุผลได้ครบถ้วนว่าเหตุใดจึงทำให้นักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มมีสมมติฐานที่ต่างกัน เช่น

“ความเชื่อ ประสบการณ์เดิมและทฤษฎีเดิมมีผลต่อกระบวนการคิดและการทำงานของนักวิทยาศาสตร์มีผลให้แม้จะมีข้อมูลหลักฐานเดียวกันก็ทำให้ตั้งสมมติฐานได้ไม่เหมือนกัน”

(นักเรียน 022)

อย่างไรก็ตามนักเรียนส่วนใหญ่ถูกพัฒนามาอยู่ในกลุ่มระยะปรับเปลี่ยน (TV:41.86%) โดยนักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลได้แต่ไม่ครบถ้วนคือ

“นักวิทยาศาสตร์ใช้เหตุการณ์ที่ตนเองเคยพบมาเปรียบเทียบเพื่อตั้งสมมติฐาน”

(นักเรียน 006)

“นักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มมีแนวคิดและประสบการณ์ที่ต่างกันจึงทำให้คิดวิเคราะห์และสรุปออกมาต่างกัน”

(นักเรียน 007)

จากคำตอบแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถพัฒนาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้ได้แม้ว่ายังมีนักเรียนเป็นจำนวนมากที่ยังมีความเข้าใจไม่ถูกต้อง(NV:27.91%) ทั้งนี้ผู้วิจัยสามารถเชื่อมโยงประเด็นนี้ได้แค่ 2 กิจกรรม คือ เรื่องกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์กับเรื่อง วงจรลัดและฟิวส์ สำหรับเรื่อง กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ ผู้วิจัยได้เชื่อมโยงประเด็นนี้ในขั้นอธิบายเมื่ออธิบายถึงความหมายของกระแสไฟฟ้าและทิศทางของกระแสไฟฟ้า ครูตั้งคำถามว่า“เหตุใดนักวิทยาศาสตร์ในสมัยนั้น (เบนจามิน แฟรงคลิน) จึงกำหนดทิศของกระแสไฟฟ้าจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ” โดย ณ ขณะนั้นยังไม่มีผู้ใดรู้จักอิเล็กตรอนไม่มีผู้ใดรู้จักโปรตอน เบนจามิน แฟรงคลินได้ใช้ความรู้เดิมทฤษฎีเดิม ความเชื่อเดิมของตนที่ว่าน้ำไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ดังนั้นเขาจึงเอาเกณฑ์การเคลื่อนที่ของประจุบวกอ้างอิงการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งจากการอภิปรายของนักเรียนทำให้ได้คำตอบว่าความรู้เดิมมีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (อนุทินครั้งที่ 4)

เรื่อง วงจรลัด ผู้วิจัยได้จำลองการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องคาดคะเนว่าเมื่อนำฝอยเหล็กมาแตะกันจะเกิดอะไรขึ้นต้องอธิบายให้ได้ว่าสิ่งที่เกิดขึ้นเกิดได้อย่างไร เมื่อนักเรียนนำเสนอจะพบว่าข้อมูลของแต่ละกลุ่มไม่เหมือนกัน จากนั้นครูเปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันว่าปัจจัยใดที่ทำให้นักเรียนคาดคะเนและอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นแตกต่างกันซึ่งนักเรียนค้นพบว่าเพราะนักเรียนแต่ละคนมีประสบการณ์หรือความรู้เดิมไม่เหมือนกันจึงทำให้คิดและตอบไม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เหมือนกัน โดยครูชี้แจงเพิ่มเติมด้วยว่าการที่นักวิทยาสาสตร์มาจากสังคมที่แตกต่างกันก็มีผลต่อความเชื่อ ค่านิยม ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ก็มีผลต่อการทำงานและความสนใจของนักวิทยาศาสตร์ เมื่อตรวจสอบการเขียนอนุทินของนักเรียนพบว่า นักเรียนยังไม่เข้าใจคำว่าอัตนัยนักแต่สามารถอธิบายว่านักวิทยาศาสตร์สามารถตั้งสมมติฐานได้ไม่เหมือนกันเพราะเหตุใด

(อนุทินครั้งที่ 9)

4. มิติทางด้านสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (Social/cultural Embeddedness)

จากคำถามข้อที่ 9 “บางคนกล่าวว่าวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับสังคมและวัฒนธรรม โดยได้รับอิทธิพลจากความคิด ความเชื่อ ค่านิยม ปรัชญา และบรรทัดฐานทางสังคมและวัฒนธรรมนั้นๆ บางคนเห็นตรงข้ามกล่าวคือวิทยาศาสตร์มีความเป็นสากลไม่ขึ้นอยู่กับความคิด ความเชื่อ ค่านิยม ปรัชญา และบรรทัดฐานทางสังคมและวัฒนธรรม

(ก) ถ้านักเรียนเชื่อว่าวิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลมาจากความเชื่อ ค่านิยม ทางสังคมและวัฒนธรรม จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ

(ข) ถ้านักเรียนเชื่อว่าวิทยาศาสตร์เป็นอิสระจากความเชื่อค่านิยม ทางสังคมและวัฒนธรรม จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ” **คำตอบ** วิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากความคิด ค่านิยม ปรัชญาและบรรทัดฐานทางสังคม วัฒนธรรม เพราะนักวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคม จึงได้รับอิทธิพลจากค่านิยม ความเชื่อจากสังคมนั้นๆ เช่นมีอิทธิพลต่อความสนใจหรือกระบวนการการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ เช่น นักวิทยาศาสตร์ไทยซึ่งมีความเชื่อเกี่ยวกับปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มักสนใจทำงานวิจัยที่เน้นให้ประเทศไทยสามารถพึ่งตนเองได้ เช่น งานวิจัยเกี่ยวกับพลังงานจากชีวะมวล งานวิจัยเกี่ยวกับไปโอดีเซล เป็นต้น

ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ (NV:65.12%) อยู่ในกลุ่มมีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมนักวิทยาศาสตร์และมีนักเรียนส่วนหนึ่ง (NC:23.26%) ไม่ตอบคำถามจากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยมีตัวอย่างคำตอบดังต่อไปนี้

“เป็นอิสระไม่ขึ้นกับความเชื่อ ค่านิยมหรือสังคม”

(นักเรียน 009)

“ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะต้อง**พิสูจน์แล้วว่าเป็นจริง**จึงขึ้นกับความเชื่อต่างๆไม่ได้”

(นักเรียน 015)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

“วิทยาศาสตร์มีความ**เป็นสากล**เป็นหลักการที่ถูกต้องไม่ยึดติดกับความคิดเห็นหรือความเชื่อใดๆ”

(นักเรียน 042)

แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่าการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ไม่เกี่ยวข้องกับมิติทางสังคมและวัฒนธรรมใดๆ ส่วนนักเรียน (TV:6.97%) จัดอยู่ในกลุ่มมีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน โดยนักเรียนตอบว่าความเชื่อค่านิยมมีอิทธิพลแต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่ามิอิทธิพลอย่างไร

ภายหลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนในกลุ่ม NV สามารถพัฒนาจนมีความเข้าใจอยู่ในกลุ่มมีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยนนักเรียน(TV: 39.53 %) และนักเรียน(IV:18.60%) สามารถพัฒนาจนมีมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า

“นักวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรมจึงต้องได้รับอิทธิพลของสังคมและวัฒนธรรมในการทำงาน เช่น พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงบอกให้พอเพียง นักวิทยาศาสตร์จึงพยายามคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ที่ช่วยประหยัดพลังงานทดแทนการใช้น้ำมัน เช่น รถยนต์ที่ใช้น้ำเป็นเชื้อเพลิง”

(นักเรียน 026)

“วิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากวัฒนธรรมและความเชื่อเช่นความเชื่อทางศาสนาการทดลองของนักวิทยาศาสตร์จะต้องไม่ขัดแย้งกับศีลธรรมความเชื่อทางศาสนา เช่น การโครนนิ่งมนุษย์เป็นต้น”

(นักเรียน 036)

จากคำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้ได้แต่ยังไม่ดีนักเพราะมีนักเรียนส่วนหนึ่ง (NV: 34.88%) ยังคงถูกจัดอยู่ในกลุ่ม NV ทั้งนี้นักเรียนยังคงเชื่อว่าวิทยาศาสตร์กับมิติทางสังคมและวัฒนธรรมความเชื่อไม่มีความเกี่ยวข้องกัน

โดยในประเด็นนี้ผู้วิจัยได้พยายามเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนแต่ค่อนข้างยาก เนื่องจากหัวข้อในเรื่องไฟฟ้าที่จะเกี่ยวข้องกับความเชื่อ ค่านิยมของสังคมและวัฒนธรรมแบบชัดเจนนั้นมีน้อย อย่างไรก็ดี ผู้วิจัยได้สอดแทรกประเด็นนี้ในกิจกรรมเรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยผู้วิจัยให้นักเรียนศึกษาประวัติของเบนจามิน แฟรงคลิน ซึ่งนักเรียนได้ข้อค้นพบว่านักวิทยาศาสตร์มีได้หลายบทบาทในสังคม เช่น เป็นสมาชิกของราชสมาคมแห่งกรุงลอนดอน นักการเมือง นักธุรกิจโรงพิมพ์ หมายความว่านักวิทยาศาสตร์ก็เป็นส่วนหนึ่งของสังคมจึงได้รับอิทธิพล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากสังคม ซึ่งพบว่านักเรียนเข้าใจบทบาทนั้นของนักวิทยาศาสตร์แต่ไม่รู้ว่าสังคมนั้นมีอิทธิพลต่อนักวิทยาศาสตร์อย่างไร ซึ่งสะท้อนข้อมูลออกมาจากอนุทินว่าไม่เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นมิติทางสังคมและวัฒนธรรม

(อนุทินครั้งที่ 1)

กิจกรรมการทดลองเรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม โดยเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านมิติทางสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์โดยใน 10 ปีที่ผ่านมาความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นแต่ความเชื่อและทัศนคติ(แนวคิด)ของสังคมที่ต่อต้านโรงไฟฟ้านิวเคลียร์มีผลให้แนวทางงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ไทยเป็นอย่างไร ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อค้นพบว่าความเชื่อของสังคมมีผลต่อความสนใจของนักวิทยาศาสตร์ที่ต้องเร่งวิจัยเพื่อหาพลังงานทดแทน เช่นการใช้แสงอาทิตย์หรือพลังงานชีวภาพต่างๆ นอกจากนั้นครูยังช่วยยกตัวอย่างให้นักเรียนเพื่อความเข้าใจได้มากขึ้นโดยยกประเด็นการทำโครนนิ่งคน ซึ่งยังไม่มีนักวิทยาศาสตร์คนใดทำงานวิจัยนี้เพราะขัดกับหลักความเชื่อทางศีลธรรมและความเชื่อทางศาสนาเป็นต้น อย่างไรก็ตามนักเรียนยังขาดความเข้าใจในประเด็นนี้โดยบางคนไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างมิติทางสังคมกับวิทยาศาสตร์ได้ เช่น บอกว่าวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ใช้ความรู้เป็นเกณฑ์ในขณะที่วัฒนธรรมและมิติของสังคมเป็นความเชื่อ อย่างไรก็ตาม นักเรียนบางคนมีความเข้าใจมากขึ้นโดยระบุว่านักวิทยาศาสตร์เป็นบุคลในสังคมจึงได้รับอิทธิพลจากความเชื่อของสังคมโดยแนวทางการทำงานของนักวิทยาศาสตร์จะไม่ทำในสิ่งที่ขัดกับความเชื่อและเป็นผลประโยชน์ของสังคม

(อนุทินครั้งที่ 3)

ส่วนกิจกรรมเรื่อง กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า ผู้วิจัยได้เชื่อมโยงถึงว่านักวิทยาศาสตร์ไทยซึ่งยึดหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวจะมีผลต่อการทำงานทำงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์อย่างไรโดยนักเรียนร่วมกันอภิปรายและแสดงความคิดเห็นอีกครั้งและตั้งข้อสังเกตว่ากระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยการตั้งปัญหา การตั้งสมมติฐาน การตรวจสอบ การลงข้อสรุปและลงความเห็นของข้อมูล นักเรียนคิดว่ามันมีผลหรือไม่อย่างไร จากอนุทินของนักเรียนสามารถตอบคำถามได้มากขึ้นโดยเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และมิติทางสังคมและวัฒนธรรม

(อนุทินครั้งที่ 10)

5. ทฤษฎีและกฎ (Theories and Laws)

จากคำถามข้อที่ 5 “นักเรียนคิดว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (Scientific theory) แตกต่างจากกฎทางวิทยาศาสตร์ (Scientific laws) หรือไม่ อย่างไรให้ยกตัวอย่างและอธิบาย” **คำตอบ** ทฤษฎีและกฎเป็นองค์ความรู้คนละประเภท โดยที่กฎวิทยาศาสตร์(law)คือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปหรือบรรยายความสัมพันธ์สิ่งที่เกิดขึ้นในปรากฏการณ์ธรรมชาติซึ่งอาจได้จากการสังเกตหรือการทดลองอาจเขียนในรูปแบบสมการคณิตศาสตร์ก็ได้ ในขณะที่ทฤษฎี(theory)คือ คำอธิบายกฎหรือคำอธิบายที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ดังนั้นทฤษฎีจึงไม่พัฒนาไปเป็นกฎ ยกตัวอย่างเช่น กฎของโอห์มบอกความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์และความต้านทานของตัวนำ ในขณะที่ทฤษฎีอิเล็กตรอนสามารถนำมาใช้อธิบายได้ว่าเหตุใดเมื่อความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทำไมกระแสไฟฟ้าจึงไหลได้มากขึ้น เป็นต้น

ก่อนเรียนพบว่านักเรียนเกือบทั้งหมด (NV: 86.04%) ถูกจัดอยู่ในกลุ่มมีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์โดยมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนดังต่อไปนี้ เช่น

“ทฤษฎีคือแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งทำการทดลองหลายๆครั้งจึงตั้งเป็นทฤษฎี ส่วนกฎทางวิทยาศาสตร์คือข้อบังคับ”
(นักเรียน 001)

“ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์คือสิ่งที่ตั้งไว้เพื่อเป็นเงื่อนไขเชื่อไม่เชื่อก็ได้แต่**กฎทางวิทยาศาสตร์**เป็นสิ่งที่ได้จากการทดลองจนมีความมั่นใจดังนั้นจึง**เปลี่ยนแปลงไม่ได้**”

(นักเรียน 005)

“**ทฤษฎีเป็นสิ่งที่ทำการทดลองมาแล้วแต่ยังคลุมเครือ** ไม่ใช่หลักการที่แท้จริงแต่**กฎ**ทางวิทยาศาสตร์เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่**มีหลักฐานยืนยันชัดเจน** แน่นอน”

(นักเรียน 019)

“ทฤษฎีเปลี่ยนแปลงได้กฎเปลี่ยนแปลงไม่ได้”

(นักเรียน 020)

หรือระบุว่า ทฤษฎีและกฎคือตัวเดียวกัน

“ไม่แตกต่างกันเพราะ**กฎทางวิทยาศาสตร์น่าจะเกิดจากทฤษฎี**”

(นักเรียน 040)

ในขณะที่ก่อนเรียนนั้นไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่มีมุมมองธรรมชาติสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์เลย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภายหลังการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนในกลุ่มNVสามารถพัฒนาอยู่ในกลุ่มมีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยนเป็นส่วนใหญ่(TV:58.81%) โดยนักเรียนสามารถเขียนได้ว่ากฎและทฤษฎีมีความต่างกันอย่างไร โดยเฉพาะสามารถเขียนความหมายได้แต่ไม่สามารถยกตัวอย่างประกอบหรือยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางประการเช่น

“กฎคือการบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น กฎของโอห์ม แต่ทฤษฎีคือการอธิบายความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์นั้นว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร ทำไมและเพราะเหตุใด”

(นักเรียน003)

“กฎคือ การบรรยายความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เช่น กฎของโอห์ม ทฤษฎีคือคำอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น ทฤษฎีอะตอม”

(นักเรียน040)

อย่างไรก็ตามนักเรียน(IV:13.95%)สามารถพัฒนาจนอยู่ในกลุ่มมีมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ ดังนี้

“กฎและทฤษฎีเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน โดยกฎจะบอกความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น กฎของโอห์มอธิบายว่าเมื่ออุณหภูมิคงที่ กระแสไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับศักย์ไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าจะแปรผกผันกับความต้านทานไฟฟ้าของตัวนำ ส่วนทฤษฎีคือการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น ทฤษฎีอิเล็กตรอนสามารถนำมาอธิบายกฎของโอห์มว่าทำไมกระแสไฟฟ้าจึงแปรผกผันกับความต้านทาน เป็นต้น”

(นักเรียน026)

ในประเด็นนี้ผู้วิจัยได้สอดแทรกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ใน 3 กิจกรรม ได้แก่ เรื่อง ชนิดของตัวนำและความต้านทาน กฎของโอห์ม วงจรอนุกรมและขนาน ในการสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการทดลองเรื่อง ความต้านทานไฟฟ้า ผู้วิจัยให้นักเรียนได้ทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของตัวนำ ความยาวและพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ ทองแดง เหล็กและลวดนิโครมที่มีผลต่อการนำของกระแสไฟฟ้า ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อได้ข้อสรุปและนำข้อสรุปนั้นมาเขียนในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ โดยครูตั้งคำถามว่าข้อค้นพบนี้เป็นองค์ความรู้ประเภทใดเพื่อเชื่อมโยงความหมายของกฎทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนบางส่วนสามารถตอบได้ว่ากฎคือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ทำหน้าที่บรรยายความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซึ่งมักเขียนในรูปสมการคณิตศาสตร์ ส่วนทฤษฎีผู้วิจัยได้นำทฤษฎีอิเล็กตรอนมาอธิบายว่าเหตุใดชนิดของตัวนำจึงมีผลต่อการนำไฟฟ้าได้อย่างไร ทำให้นักเรียนสามารเปรียบเทียบได้ว่าทฤษฎีเป็นองค์ความรู้ที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ให้คำอธิบายกฎหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามนักเรียนจำนวนมากยังเขียนว่ากฎคือข้อบังคับที่ต้องทำ ทฤษฎีคือวิธีการปฏิบัติลงในอนุทิน (อนุทินครั้งที่ 5) นอกจากนั้นนักเรียนยังเขียนเพิ่มเติมแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นนี้ด้วยดังต่อไปนี้

งงเข้าใจยาก

(อนุทินครั้งที่ 5: รหัส 016)

ทฤษฎีอิเล็กตรอนเข้าใจยาก

(อนุทินครั้งที่ 5: รหัส 037)

ยังไม่เข้าใจทั้งสูตรความต้านทานและกฎทางวิทยาศาสตร์

(อนุทินครั้งที่ 5: รหัส 041)

ในการทดลองกฎของโอห์มเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน นักเรียนทำการทดลองจนได้ข้อมูลเพื่อนำมาเขียนกราฟ ผู้วิจัยให้นักเรียนวิเคราะห์ความหมายของกราฟเส้นตรงที่ได้และให้นักเรียนหาความชันกราฟ ส่วนกลับของความชันกราฟ ซึ่งนักเรียนสามารถสรุปเป็นกฎของโอห์มในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้ในที่สุด ผู้วิจัยให้นักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายว่ากฎคืออะไรและเปรียบเทียบถึงความหมายของทฤษฎีอิเล็กตรอนที่นำมาใช้อธิบายกฎของโอห์มว่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กันอย่างไรซึ่งนักเรียนบางคนสามารถระบุความหมายของทั้งกฎและทฤษฎีได้แต่ยังเขียนด้วยถ้อยคำที่สั้นๆไม่ละเอียดมากนัก

(อนุทินครั้งที่ 6)

6. จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ (Creativity)

จากคำถามข้อที่ 10“ในการทำการทดลองหรือสืบเสาะหาคำตอบของนักวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในระหว่างการทำงานหรือไม่

- ถ้า ***ใช่*** ขั้นตอนใดในการสำรวจตรวจสอบที่นักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ (เช่น การวางแผน การออกแบบการทดลอง, การเก็บข้อมูล หรือ หลังการเก็บข้อมูล ให้นักเรียนอธิบายพร้อมยกตัวอย่างว่าทำไมนักวิทยาศาสตร์จึงต้องใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์

- ถ้า***ไม่ใช่*** นักเรียนเชื่อว่านักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในระหว่างการทำงาน ให้นักเรียนอธิบายพร้อมยกตัวอย่าง” **คำตอบ** นักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในทุกขั้นตอนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น ในขั้นการวางแผนก็ใช้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จินตนาการในขั้น การตั้งปัญหา การสร้างสมมติฐาน การทำนายผล การออกแบบการทดลอง การสร้างตาราง การเก็บรวบรวมข้อมูลก็ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา และหลังเก็บข้อมูลก็ต้องใช้ในการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นต้น

ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่(TV: 60.47%) มีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในระยะปรับเปลี่ยนโดยส่วนใหญ่เข้าใจว่า

“นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ใน**ขั้นตอนออกแบบการทดลอง**”

(นักเรียน 023)

“นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้จินตนาการคิดค้นทฤษฎีใหม่ๆ”

(นักเรียน 034)

“นักวิทยาศาสตร์คิดเพื่อคาดเดาผลก่อนทำการทดลอง”

(นักเรียน 043)

ทั้งนี้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าการคิดจินตนาการถูกใช้ในบางขั้นตอนเท่านั้น ส่วนนักเรียน(NV: 20.93%) มีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์โดยมีความเข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่เกี่ยวข้องกับจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ยึดหลักเหตุและผลเท่านั้น ดังตัวอย่าง

“ใช่เพราะ**วิทยาศาสตร์ต้องอิงจากความเป็นจริง**ไม่ใช่จินตนาการ”

(นักเรียน 016)

“วิทยาศาสตร์เป็นความจริงต้องการหลักฐานไม่ใช่จินตนาการ”

(นักเรียน 029)

หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่ (TV:81.40%) มีมุมมองอยู่นะระยะปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้นโดยบอกได้ว่านักวิทยาศาสตร์ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ในหลายขั้นตอน โดยเฉพาะในขั้นตอนตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง หรือในขั้นตอนการสร้างทฤษฎี เป็นต้น นักเรียนส่วนหนึ่ง (IV:13.95%) สามารถพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนสามารถระบุได้ว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

“นักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในทุกขั้นตอนของการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะในขั้นตอนการตั้งสมมติฐานหรือการสร้างทฤษฎี”

(นักเรียน 022)

ประเด็นนี้ผู้วิจัยได้เชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านการสอนเพียง 2 ครั้ง เช่นกิจกรรมเรื่องไฟฟ้าสถิต นักเรียนได้ทำการทดลองถูแผ่นพลาสติกใสและแผ่นพลาสติกทึบกับผ้าขนสัตว์นักเรียนสังเกตการผลักและดูดกันของแท่งทั้งสองผู้วิจัยได้ใช้คำถามสืบเสาะให้นักเรียนได้ลงข้อสรุปและนำเข้าสู่ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อบ่งชี้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องมองเห็นด้วยตาแต่นักวิทยาศาสตร์ได้อาศัยข้อมูลจากหลักฐานโดยอ้อมเช่น ข้อมูลจากการทดลองร่วมกับจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของนักวิทยาศาสตร์เอง นักเรียนได้ข้อสรุปว่าแม้จะไม่เห็นอนุภาคโปรตอนและอิเล็กตรอนแต่จากการทดลองทำให้นักเรียนอาศัยจินตนาการและหลักฐานจนได้ข้อสรุปว่าแผ่นพลาสติกใสและแผ่นพลาสติกทึบมีอนุภาคอยู่ 2 ชนิดที่มีอำนาจดูดและผลักกัน

(อนุทินครั้งที่ 1)

กิจกรรมเรื่อง วงจรอนุกรมและขนาน ผู้วิจัยได้สอดแทรกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้คำถามสืบเสาะว่า “การปฏิบัติของนักเรียนประกอบไปด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อะไรบ้าง” “นักเรียนได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในขั้นตอนใดบ้าง”โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายซึ่งนักเรียนสามารถระบุได้ว่านักวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยจินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ในทุกขั้นตอน เช่น การสังเกต การออกแบบการทดลอง การตั้งสมมติฐานและการสรุปผลหรือนักวิทยาศาสตร์ต้องใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบการทดลองและสรุปผลเพื่ออธิบายสิ่งที่เรามองไม่เห็น เช่น กระแสไฟฟ้า อย่างไรก็ตาม นักเรียนให้ความเห็นที่สับสนว่าถ้าไม่มีจินตนาการก็ไม่สามารถออกแบบอย่างสร้างสรรค์ โดยที่จินตนาการอาจถูกหรือผิดก็ได้ เป็นต้น

(อนุทินครั้งที่ 7)

7. การสังเกตและการลงความเห็น (Observation and inference)

ในประเด็นนี้มีคำถามที่นำมาใช้วิเคราะห์ 2 ข้อ ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนดังต่อไปนี้

จากคำถามข้อที่ 6 “หนังสือวิทยาศาสตร์บางเล่มนำเสนอว่าอะตอมประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง ซึ่งประกอบด้วยโปรตอน (เป็นอนุภาคที่มีประจุบวก) และนิวตรอน (เป็นอนุภาคที่เป็นกลาง) และมีอิเล็กตรอน (อนุภาคที่เป็นลบ) ที่โคจรอยู่รอบๆนิวเคลียสนั้น นักวิทยาศาสตร์แน่ใจได้อย่างไรว่าโครงสร้างอะตอมเป็นเช่นนั้น หลักฐานอะไรหรือหลักฐานประเภทใดที่นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ใช้ว่าอะตอมมีลักษณะเช่นนั้น” **คำตอบ** ในขณะนี้ยังไม่มีเครื่องมือใดที่สามารถมองเห็นโครงสร้างอะตอมที่แท้จริงแต่นักวิทยาศาสตร์อาศัยการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หรือจากการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องผสมผสานกับการจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของนักวิทยาศาสตร์นำข้อมูลที่ได้มาแปลความหมาย ตีความจนได้ข้อสรุปเป็นแบบจำลองเหล่านี้ขึ้นมาตามหลักฐานที่มีอยู่

ก่อนเรียน พบว่านักเรียน (NV:39.53%) อยู่ในกลุ่มมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ โดยมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับภาพถ่ายของอะตอม

“การที่นักวิทยาศาสตร์ทราบว่าโครงสร้างอะตอมเป็นเช่นนี้เนื่องจาการตรวจสอบจากกล้องจุลทรรศน์เป็นหลักฐาน เช่น ภาพถ่าย”

(นักเรียน001)

“นักวิทยาศาสตร์อาจค้นพบจริงเห็นจริง แล้วมีหลักฐาน”

(นักเรียน007)

นอกจากนั้นนักเรียนส่วนหนึ่ง (NC:18.60%) ไม่ตอบคำถามและเว้นว่างคำตอบไว้ส่วนนักเรียน(TV:39.53%) ที่มีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยนมีจำนวนเท่ากับนักเรียนในกลุ่มที่มีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์โดยส่วนใหญ่นักเรียนกล่าวว่า

“นักวิทยาศาสตร์**ได้หลักฐานจากการทดลอง**หลายๆ แบบ”

(นักเรียน022)

“เกิดจากการ**ทดลองและจินตนาการ**ของนักวิทยาศาสตร์”

(นักเรียน029)

ในกลุ่มนี้นักเรียนสามารถบอกได้ว่าหลักฐานได้มาจากการทดลองแต่ไม่สามารถระบุว่าหลักฐานนั้นต้องเกิดจากการที่นักวิทยาศาสตร์นำข้อมูลที่ได้ไม่ว่าจากการสังเกตหรือทดลองมาตีความหรือแปลความหมายของข้อมูล

หลังการเรียนพบว่านักเรียนนักเรียนส่วนใหญ่สามารถพัฒนา(TV: 62.80%) จนมีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยนซึ่งโดยรวมแล้วนักเรียนเขียนเกือบครบถ้วนแต่ยังขาดการนำข้อมูลนั้นมาลงข้อสรุปหรือแปลความหมาย ยกตัวอย่างเช่น

“หลักฐานได้มาจากข้อมูลต่างๆที่สะสมนำมาผสมผสานเข้ากับจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นประจักษ์พยานที่พิสูจน์ได้จากการทดลองแม้จะมองไม่เห็นก็รู้ว่ามีอยู่จริง”

(นักเรียน005)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หรือข้อมูลช่วงแรกของนักเรียนอาจถูกต้องแต่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนอย่างมากในช่วงหลัง เช่น

“โครงสร้างของอะตอมเป็นแบบนี้เพราะมีการทำการทดลองซ้ำๆ จนผลที่ออกเป็นแบบเดียวกันจึงได้ข้อสรุปเป็นเช่นนั้นหรือนักวิทยาศาสตร์นำข้อมูลต่างๆที่ได้จากการทดลองแล้วนำข้อมูลนั้นๆที่ได้จากการสังเกตมาลงความเห็นบวกกับจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์เองจนได้เป็นข้อสรุปโครงสร้างอะตอม ซึ่งต่อมามีกล้องจุลทรรศน์ที่สามารถเห็นอะตอมได้จึงแน่ใจว่าทฤษฎีที่ตั้งไว้ถูกต้อง”

(นักเรียน023)

ส่วนนักเรียน (IV:13.95%) สามารถพัฒนาจนมีมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์โดยนักตอบได้ครบถ้วนว่า

“นักวิทยาศาสตร์ใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์และประมวลผลผสมกับจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์คิดขึ้นเป็นโครงสร้างอะตอมได้ในที่สุดเนื่องจากอะตอมมีขนาดเล็กจึงไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ดังนั้นโครงสร้างอะตอมจึงมาจากการรวบรวมข้อมูลของนักวิทยาศาสตร์”

(นักเรียน 036)

จากคำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจได้มากขึ้นโดยผู้วิจัยได้สอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นนี้ในหลายกิจกรรม เช่น เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี โดยผู้วิจัยได้ใช้คำถามสืบเสาะระหว่างนักเรียนทำการทดลองว่า “นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าเกิดปฏิกิริยาเคมี” “นักเรียนใช้ทักษะใด” “การสังเกตคืออะไร” ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและบ่งชี้ว่าการสังเกตและการลงความเห็นข้อมูลคืออะไร พร้อมให้นักเรียนยกตัวอย่างว่านอกจากกระแสไฟฟ้าแล้วมีปริมาณใดอีกบ้างที่เป็นความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถอธิบายถึงการสังเกตและการลงความเห็นของข้อมูลได้มากนักโดยนักเรียนมีความเข้าใจที่ความคลาดเคลื่อนว่า การลงความเห็นคือการนำทฤษฎีเก่ามาลงความคิดเห็นที่แตกต่างกัน โดยการสังเกตจากสิ่งที่สงสัยแล้วจึงนำมาพิสูจน์ อย่างไรก็ตามนักเรียนกลุ่มหนึ่งบอกได้ว่าความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์คือความรู้ทางวิทยาศาสตร์บางอย่างที่ไม่สามารถมองเห็นแต่สามารถพิสูจน์ได้จากหลักฐานและประจักษ์พยานจากเครื่องมือวัดต่างๆ

(อนุทินครั้งที่ 2)

กิจกรรมเรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม ผู้วิจัยได้สอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้ระหว่างนักเรียนทำการทดลองโดยบ่งชี้ให้เห็นว่าสิ่งที่นักเรียนอธิบายถึงคือสิ่งที่ได้จากการสังเกตคือการลงความคิดเห็นหรือการแปลความหมายของข้อมูล ซึ่งนักเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยกตัวอย่างได้ว่ากระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงโน้มถ่วง เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์นิยามจากการแปรความหมายของข้อมูลที่ได้จากการสังเกต แม้ว่ามองไม่เห็นแต่พิสูจน์ได้ อย่างไรก็ตามมีนักเรียนจำนวนมากที่ตอบไม่ได้

(อนุทินครั้งที่ 3)

กิจกรรมเรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน โดยผู้วิจัยได้ใช้คำถามลักษณะเดิมว่า “การสังเกตคืออะไร” “เมื่อนักเรียนได้หลักฐานที่เป็นผลมาจากการสังเกตแล้วนักเรียนปฏิบัติขั้นตอนใดต่อไป” พร้อมให้นักเรียนร่วมอภิปรายว่าการมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์นั้นหมายถึงอะไร นักเรียนส่วนหนึ่งตอบได้ว่า การลงความเห็นคือการนำผลที่ได้จากการสังเกตจากการทดลองมาแปลความหมาย โดยที่แม้ความรู้บางอย่างเช่น กระแสไฟฟ้าเป็นสิ่งที่มองไม่เห็น แต่ทุกคนรับรู้ว่ามีอยู่จริงเนื่องจากแปลความหมายจากเครื่องมือวัด เช่น หลอดไฟติด หรือ เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า

(อนุทินครั้งที่ 8)

จากคำถามข้อที่ 7 “นักวิทยาศาสตร์นิยาม“สปีชีส์” ว่าเป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมือนๆ กันและสามารถให้ลูกที่ไม่เป็นหมัน นักวิทยาศาสตร์มีความมั่นใจมากน้อยเพียงใดว่าลักษณะเหล่านี้เป็นลักษณะของสปีชีส์ นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ใช้ประจักษ์พยานหรือวิธีการใดในการนิยามคำว่า“สปีชีส์”” **คำตอบ** คำว่า สปีชีส์ เป็นนิยามที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่ออธิบายคุณลักษณะของสิ่งมีชีวิตโดยผ่านการสังเกตและรวบรวมข้อมูลจากปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นผสมผสานกับจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์โดยนำข้อมูลที่มีมาลงความคิดเห็น แปลความหมายจนได้ข้อสรุปเป็นนิยามของคำว่า “สปีชีส์” ในที่สุด

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่(NV:53.49%)อยู่ในกลุ่มมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนบางคนใช้วิธีการตอบคำถามโดยการให้นิยามคำว่าสปีชีส์ เช่น

“สปีชีส์ เป็นการที่สัตว์ประเภทเดียวกันที่ผสมพันธ์แล้วได้ลูกไม่เป็นหมัน”

(นักเรียน 020)

“สปีชีส์เป็นคำที่สมมุติขึ้นมา”

(นักเรียน 031)

อย่างไรก็ตามนักเรียน (TV:23.26%) ถูกจัดอยู่ในกลุ่มมุมมองระยะปรับเปลี่ยนสามารถตอบได้แต่ไม่ครบถ้วน เช่น

“นักวิทยาศาสตร์ทำการทดลองแล้วจึงตกลงกันว่าจะนิยามว่าอะไร”

(นักเรียน 017)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

“นักวิทยาศาสตร์ได้จากการสังเกตดูรูปร่าง ลักษณะ ท่าทาง กิริยาของสัตว์แล้วจึงนิยามคำนี้”

(นักเรียน 027)

แสดงให้เห็นว่านักเรียนทราบว่าข้อมูลที่นักวิทยาศาสตร์ใช้นั้นต้องอาศัยการสังเกตหรือการทดลองแต่ยังไม่สามารถตอบคำถามได้ครบถ้วนทั้งนี้ไม่มีนักเรียนคนใดที่ก่อนเรียนอยู่ในกลุ่มมีมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์

ภายหลังการสอนนักเรียนส่วนใหญ่ (TV:44.19%) มีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยนโดยนักเรียนตอบมีรายละเอียดเพิ่มขึ้นว่า

“นักวิทยาศาสตร์มีหลักฐานจากการสังเกตลักษณะของสัตว์โดยสังเกตความคล้ายคลึงกัน”

(นักเรียน 038)

“นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการสำรวจลักษณะการเป็นหมันของสัตว์เมื่อทำการผสมพันธุ์กันแล้วจึงนำมาทดลองเพื่อหาความจริง”

(นักเรียน024)

และนักเรียน(IV:16.28%) สามารถพัฒนาจนอยู่ในกลุ่มมีมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนตอบได้ครบถ้วนว่า

“นักวิทยาศาสตร์ใช้วิธีการสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เช่น ลักษณะของสัตว์ชนิดต่างๆ ทั้งที่เหมือนกันและต่างกันโดยข้อมูลที่ได้จากการสังเกตซ้ำๆ เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาคำอธิบายเพื่อจัดกลุ่มจึงได้นิยามของคำๆนี้ออกมา”

(นักเรียน018)

อย่างไรก็ตามนักเรียน(NV:30.23%) ยังคงมีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนยังไม่สามารถอธิบายได้ เช่น

“นักวิทยาศาสตร์ช่วยกันคิดคำว่า สปีชีส์”

(นักเรียน001)

และบางส่วนไม่ตอบคำถาม

(NC:9.30%)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในการจัดกิจกรรมเพื่อสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้ผู้วิจัยได้กล่าวแล้วข้างต้นในเรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำแลไดนาโม และการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน

8. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific process)

ในการวัดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีคำถามทั้งหมด 2 ข้อ คือข้อที่ 2 และข้อที่ 3

จากคำถามข้อที่ 2 ถามว่า “การทดลองคืออะไร” **คำตอบ** การทดลองคือกระบวนการหนึ่งทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐานโดยมุ่งเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปร จึงต้องมีการกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม โดยที่กระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้นต้องเป็นระบบแต่มีขั้นตอนไม่แน่นอนตายตัว เช่นถ้าทำการทดลองแล้วไม่เป็นไปตามสมมติฐานก็สามารถทำซ้ำหรือย้อนกลับ

ก่อนเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (NV:67.44%) ถูกจัดอยู่ในกลุ่มมีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ทั้งนี้เพราะนักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าการทดลองคืออะไรโดยนักเรียนมิได้กล่าวถึงขั้นตอนหรือเป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์

“**การทดลองคือการพิสูจน์ความจริง**ถ้าไม่มีการทดลองความรู้ต่างๆจะเป็นแค่คำพูดไม่น่าเชื่อถือจนเป็นที่ยอมรับ”

(นักเรียน 006)

“เป็นการหาข้อเท็จจริงหรือเป็นการหาข้อมูลว่าสิ่งนั้นคืออะไรเป็นอย่างไร”

(นักเรียน 021)

“**การทดลองคือการค้นพบ**สิ่งใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน เมื่อมนุษย์อยากรู้ก็ทำการทดลองหาว่าสิ่งนั้นเกิดจากอะไร เกิดได้อย่างไร”

(นักเรียน 033)

ในขณะที่นักเรียน(TV:30.23%)จัดอยู่ในกลุ่มมีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยนโดยนักเรียนสามารถบอกได้ว่า

“การทดลองทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการตรวจสอบสมมติฐานว่าจริงหรือไม่”

นักเรียน 008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

“เป็นกระบวนการที่เริ่มจากการตั้งปัญหาที่สงสัย จากนั้นจึงทำการทดลองเพื่อทำการตรวจสอบแก้ปัญหาตามทฤษฎีที่มีอยู่”

(นักเรียน 036)

อย่างไรก็ตามไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่สามารถตอบคำถามนี้ได้ครบถ้วน

หลังการเรียนนักเรียนในกลุ่ม NV สามารถพัฒนาอยู่ในกลุ่มมีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV:65.12%) โดยนักเรียนบอกได้ว่าการทดลองคือ การหาคำตอบจากการตั้งปัญหา โดยเป็นการทำให้เกิดประจักษ์พยานและหลักฐานซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งทางวิทยาศาสตร์ โดยต้องมีการกำหนดตัวแปรต่างๆ และสามารถยกตัวอย่างการทดลองเรื่องความต้านทาน หรือ การทดลองอื่นๆได้ เช่น

“การทดลองคือการแสวงหาความรู้เพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยมีการกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมในการทดลอง”

(นักเรียน026)

“กระบวนการหนึ่งทางวิทยาศาสตร์ต้องมีการตั้งสมมติฐาน การกำหนดตัวแปร เช่น การทดลองเรื่องชนิดของตัวนำกับความต้านทานตัวแปรต้นคือ ชนิดของตัวนำ ตัวแปรตามคือปริมาณกระแสไฟฟ้า ส่วนตัวแปรควบคุม คือขนาดของตัวนำและความต่างศักย์ของวงจรไฟฟ้า”

(นักเรียน011)

อย่างไรก็ตาม ไม่มีนักเรียนคนใดมีมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนไม่อ้างอิงถึงกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีรูปแบบแต่มีขั้นตอนไม่แน่นอนตายตัว ในขณะเดียวกันนักเรียน (NV:34.88%) ยังคงมีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์

จากคำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้แต่ไม่มากนักโดยผู้วิจัยบ่งชี้ประเด็นนี้ได้เกือบทุกกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้เชื่อมโยงในกิจกรรมดังต่อไปนี้ เช่น เรื่อง ไดนาโม ผู้วิจัยได้สอดแทรกประวัติการค้นพบกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำของไมเคิล ฟาราเดย์ โดยท่านได้ทำการตรวจสอบซ้ำ (peer review) การทดลองของ อังเดร มารี แอมแปร์ จนนำมาสู่การตั้งสมมติฐานและค้นพบกระแสเหนี่ยวนำในที่สุด ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าถ้านักเรียนเป็นไมเคิล ฟาราเดย์จะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร และสมมติฐานคืออะไร อย่างไรก็ตามนักเรียนสามารถบอกได้ว่า สมมติฐานเป็นการคาดคะเนหรืออธิบายคำตอบไว้ล่วงหน้าเพื่อเป็นแนวทางในการตรวจสอบหรือทำการทดลองโดยใช้ความรู้เดิมหรือทฤษฎีในขณะนั้นเป็นหลักในการสร้างสมมติฐาน อย่างไรก็ตามนักเรียนจำนวนหนึ่งยังไม่สามารถบอก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความหมายของสมมติฐานได้ชัดเจนเช่น เป็นการจินตนาการของผู้ทดลอง เป็นการตั้งคำถามของตัวเองถึงสิ่งที่จะเกิดกับผลการทดลอง เป็นต้น

(อนุทินครั้งที่ 2)

ส่วนการทดลองเรื่อง ความต้านทานไฟฟ้า และกฎของโอห์ม ผู้วิจัยได้ใช้คำถามสืบเสาะภายหลังทำกิจกรรมเพื่อเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้ว่า “กระบวนการที่นักเรียนทำการศึกษาข้อมูลมีอะไรบ้าง” “เราตรวจสอบสมมติฐานโดยวิธีการใด” “การทดลองคืออะไร” “มีวิธีตรวจสอบสมมติฐานเพียงวิธีการเดียวใช่หรือไม่” “วิธีการใดอีกบ้างที่สามารถใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน” กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีรูปแบบตายตัวหรือไม่” “ถ้าสมมติฐานของนักเรียนไม่ประสบผลนักเรียนต้องทำอย่างไร” อย่างไรก็ตามเมื่อนักเรียนร่วมกันอภิปรายนักเรียนสามารถตอบได้ว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์มีอะไรบ้าง การทดลองต้องมีการกำหนดตัวแปรต่างๆ มีวิธีการอื่นที่สามารถตรวจสอบสมมติฐาน เช่น การสำรวจ เป็นต้น กระบวนการทดลองทางวิทยาศาสตร์ไม่แน่นอนเช่น กรณีที่สมมติฐานไม่เป็นจริงนักวิทยาศาสตร์ก็สามารถย้อนกลับมาทำการทดลองใหม่หรือตั้งสมมติฐานใหม่ได้ อย่างไรก็ตาม จากการตรวจคำตอบของนักเรียน (อนุทินครั้งที่ 5และ 6) นักเรียนอ้างอิงถึงกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องพอควรโดยเริ่มจากตั้งปัญหา ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลองและรวบรวมข้อมูล สรุปผล จากนั้นจึงนำเสนอหรือตีพิมพ์เป็นกฎหรือทฤษฎี เป็นต้น แต่นักเรียนไม่มีการอ้างอิงว่ามีวิธีการใดอีกบ้างที่สามารถค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์

การทดลอง เรื่อง สมบัติของฟิวส์ ครูได้เชื่อมโยงประเด็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คำถามสืบเสาะระหว่างการทดลองว่า “ตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมของการทดลองนี้คืออะไร” “ลักษณะที่สำคัญของการทดลองคืออะไร” เป็นต้น และกิจกรรมสำรวจเครื่องใช้ไฟฟ้าในโรงเรียน ในเรื่องพลังงานไฟฟ้าและการคิดค่าไฟ โดยผู้วิจัยได้ใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงดังต่อไปนี้ “ประจักษ์พยานและหลักฐานของนักเรียนในวันนี้ได้มาด้วยวิธีการใด” “กระบวนการในวันนี้เป็นการทดลองใช่หรือไม่” “กระบวนการในวันนี้มีขั้นตอนอย่างไรบ้าง” “ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องได้มาจากการทดลองอย่างเดียวหรือไม่” “นักเรียนคิดว่ามีวิธีการใดบ้างที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์” ซึ่งนักเรียนส่วนหนึ่งสามารถตอบคำถามได้ชัดเจนเช่น กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีอะไรบ้าง การทดลองไม่ใช่วิธีการเดียวในการตรวจสอบสมมติฐาน อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนบางส่วนที่เขียนว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาตามระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีขั้นตอนแน่นอนตายตัว

(อนุทินครั้งที่ 9 และ 10)

ส่วนคำถามที่ 2 ถามที่ว่า“ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาจากการทดลองเพียงอย่างเดียวใช่หรือไม่”

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(ก) ถ้านักเรียนตอบใช่ จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ

(ข) ถ้านักเรียนตอบไม่ใช่ จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ **คำตอบ** ไม่ใช่ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถหาได้จากการสำรวจ สังเกต การเปรียบเทียบ การวิเคราะห์ การสร้างแบบ จำลองหรืออาจเป็นการค้นพบโดยบังเอิญ เป็นต้น เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์บางสาขา เช่น ดาราศาสตร์และธรณีวิทยา ต้องอาศัยการสังเกตและรวบรวมข้อมูลจากปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น

ก่อนการเรียนนักเรียนส่วนใหญ่(NV:65.12%)จัดอยู่ในกลุ่มมีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนตอบว่า

“การทดลองเป็นวิธีการเดียวที่ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพราะการทดลองจะช่วยยืนยันว่าทฤษฎีนั้นเป็นความจริงหรือไม่”

(นักเรียน 027)

“การทดลองเป็นวิธีเดียวเพราะถ้าไม่มีการทดลองจะเป็นเพียงการคาดเดาแบบมั่วๆ”

(นักเรียน 032)

ส่วนนักเรียน(TV: 27.91%) ถูกจัดอยู่ในกลุ่มมีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยนโดยสามารถระบุได้ว่า

“**การทดลองไม่ใช่วิธีการเดียว**ในการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ความรู้บางอย่างทดลองไม่ได้ต้องอาศัยจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์ เช่น เซอร์ไอแซก นิวตันค้นพบแรงโน้มถ่วงเพราะลูกแอปเปิ้ลตกใส่หัวของเขา”

(นักเรียน 010)

“**การทดลองไม่ใช่วิธีการเดียว**เพราะความรู้บางอย่างไม่สามารถนำไปทำการทดลองเป็นแค่ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ซึ่งอาจได้มาจากการค้นคว้า

(นักเรียน 042)

หลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ (TV:58.81%) พัฒนาจนมีมุมมองอยู่ในระยะปรับเปลี่ยนและส่วนหนึ่ง (IV:23.26%) สามารถพัฒนาจนอยู่ในกลุ่มมีมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ โดยสามารถตอบคำถามได้ครอบคลุมและมีการยกตัวอย่างที่ชัดเจน เช่น

“การทดลองไม่ใช่วิธีการทางวิทยาศาสตร์เพียงวิธีเดียวในการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ความรู้บางอย่างได้มาจากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติ เช่น ด้านอุตินิยมวิทยา ธรณีวิทยาและการสังเกตดวงดาวหรือดาราศาสตร์”

(นักเรียน 022)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อย่างไรก็ตามนักเรียนหลายคน(NV:20.93%) ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ส่วนการจัดกิจกรรมเพื่อสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้ผู้วิจัยได้กล่าวแล้วข้างต้นในเรื่อง กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม ชนิดของตัวนำและความต้านทาน กฎของโอห์มและวงจรลัดและฟิวส์

9. คุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์

ในประเด็นคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ผู้วิจัยจำแนกคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ที่ได้จากภาพวาดและคำบรรยายใต้ภาพโดยพบว่าก่อนเรียนและหลังเรียนมีการเปลี่ยนแปลงไปดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 12 เปอร์เซ็นต์ตามตัวชี้วัดคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ตามจินตนาการของนักเรียน

ตัวชี้วัด	ก่อนการเรียน(N=43)	หลังการเรียน(N=43)
เพศของนักวิทยาศาสตร์	ชาย(88.37) ผู้หญิง(11.63)	ชาย(93.02) ผู้หญิง(6.98)
ประเภทของนักวิทยาศาสตร์	นักเคมี (62.80) นักชีววิทยา(18.60) นักฟิสิกส์(6.98) นักดาราศาสตร์ (2.33) นักธรณีวิทยา (9.30)	นักเคมี(25.58.) นักชีววิทยา(18.60) นักฟิสิกส์ (41.86) นักดาราศาสตร์(6.98) นักธรณีวิทยา(6.98)
บุคลิกภาพส่วนตัว	ใส่แว่นตา(41.86) ผมฟูยุ่งเหยิง(39.53) ใส่เสื้อห้องปฏิบัติการ(53.48)	ใส่แว่นตา(20.93) ผมฟูยุ่งเหยิง(16.28) ใส่เสื้อห้องปฏิบัติการ(18.60)
สัญลักษณ์ของการค้นคว้า/ความรู้และเทคโนโลยี	กล้องจุลทรรศน์(6.98) หลอดทดลองและขวดรูปชมพู่ (53.48) ตะเกียงแอลกอฮอล์(18.60) หนังสือ(6.98) ตู้เก็บอุปกรณ์(48.83) เครื่องกลหรือสิ่งประดิษฐ์(4.65) ทำงานในห้องปฏิบัติการ(69.77) สัญลักษณ์ของอันตราย(9.30)	กล้องจุลทรรศน์(0.00) หลอดทดลองและขวดรูปชมพู่(18.60) วงจรไฟฟ้า(41.86) ตะเกียงแอลกอฮอล์(16.28) หนังสือ(6.98) ตู้เก็บอุปกรณ์(25.58) เครื่องกลหรือสิ่งประดิษฐ์(9.30) ทำงานในห้องปฏิบัติการ(44.18) สัญลักษณ์ของอันตราย(2.33)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 12 แสดงคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้มีโอกาสบ่งชี้ถึงคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ผ่านทางประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์หลายๆ ท่าน เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องฟ้าสถิต นักเรียนได้ศึกษาประวัติของเบนจามิน แฟลงคลินและการทดลองของเขาเกี่ยวกับประจุไฟฟ้าในอากาศ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 นักเรียนได้ศึกษาประวัติการค้นพบแบตเตอรี่ของอาเลสซันโดร วอลตาผ่านสื่อวีดีทัศน์ ส่วนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ได้กล่าวถึงการค้นพบกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและการตั้งสมมติฐานของ ไมเคิล ฟาราเดย์ และในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 นักเรียนได้ศึกษาประวัติของเกอร์เก ซีโมน โอห์ม เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีความเข้าใจคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์มากขึ้นสังเกตจากแบบวัดและอนุทินของนักเรียนครั้งที่ 3 และ 7 จะปรากฏคำศัพท์ เช่น การทดลอง การช่างสังเกตและการใช้ความคิดสร้างสรรค์ มีจินตนาการ หรือการตรวจสอบซ้ำ (peer review) มากกว่าคำปกติที่เขียนก่อนการสอน เช่น เก่ง มีความรู้ ฉลาด ขยัน เป็นต้น

การอภิปรายผล

จากผลการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง พบว่า

ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในกลุ่มมีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์(NV)โดยประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนมีความเข้าใจอยู่ในเกณฑ์ต่ำที่สุดมีด้วยกัน 3 ประเด็น คือ ทฤษฎีและกฎ(Theories and Laws) ความเป็นอัตนัย (Subjectivity) และ มิติทางด้านสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (Social/cultural Embeddedness) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.86, 0.91 และ 0.93 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าประเด็นที่ค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือกฎและทฤษฎีซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่ผ่านๆมาว่าเป็นประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (McComas,1996; สุทธิดา จำรัส และคณะ, 2552 อ้างใน อังคณา ปัทมพงศา, 2555) ทั้งนี้นักเรียนทั้งหมดไม่เข้าใจว่ากฎและทฤษฎีมีบทบาทและหน้าที่ต่างกันอย่างไร โดยนักเรียนเชื่อว่าทฤษฎีคือแนวคิดหรือการคาดคะเนของนักวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทำการทดลองหลายๆครั้งแล้วจึงตั้งเป็นทฤษฎี ส่วนกฎทางวิทยาศาสตร์คือข้อบังคับ หรือนักเรียนบางส่วนมีความเชื่อว่ากฎและทฤษฎีนั้นไม่แตกต่างกันและทฤษฎีคือสมมติฐานของนักวิทยาศาสตร์ ส่วนกฎทางวิทยาศาสตร์เกิดจากทฤษฎีเมื่อได้ทำการทดลองจนมั่นใจแล้ว ดังนั้นนักเรียนจึงสรุปว่าทฤษฎีเปลี่ยนแปลงได้แต่กฎเปลี่ยนแปลงไม่ได้ แสดงให้เห็นถึงว่านักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ของกฎและทฤษฎีแบบลำดับขั้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของSchwartz *et al.* (2004) และ Akerson *et al.* (2000) ซึ่งความเข้าใจที่คาดเคลื่อนนี้อาจได้รับอิทธิพลมาจากตำราเรียนวิทยาศาสตร์ที่มักนำเสนอว่าสมมติฐานคือคำอธิบายในขั้นต้นของการตรวจสอบทฤษฎี (พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, 2554) ส่วนผู้วิจัยเองได้วิเคราะห์ว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สาเหตุที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นนี้มาก ส่วนหนึ่งอาจเกิดจากครูผู้สอนที่ไม่เข้าใจบทบาทของกฎและทฤษฎีด้วยเช่นกันทำให้เมื่อเวลาสื่อสารผ่านสู่นักเรียนจึงเป็นการถ่ายทอดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนต่อๆกันไปด้วยความเข้าใจผิด ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เคยนำคำถามข้อนี้ไปถามครูวิทยาศาสตร์บางท่านพบว่าครูวิทยาศาสตร์ท่านนั้นมีความเข้าใจเหมือนนักเรียนว่ากฎเปลี่ยนแปลงไม่ได้ในขณะที่ทฤษฎีสามารถเปลี่ยนแปลงได้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านๆมาว่าครูเองก็มีแนวคิดคลาดเคลื่อนในประเด็นนี้

ส่วนประเด็นความเป็นอัตนัยนักเรียนส่วนใหญ่(NV:76.74%) ถูกจัดอยู่ในกลุ่มมีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าเหตุใดนักวิทยาศาสตร์สองกลุ่มที่ได้รับข้อมูลชุดเดียวกันจึงตั้งสมมติฐานได้ต่างกันโดยนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถตอบได้หรือตอบว่าสมมติฐานมีได้หลากหลาย ไม่สามารถบอกได้ว่าสมมติฐานใดถูกหรือผิดเพราะเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอาจเป็นเหตุการณ์ที่ผ่านมานานแล้ว อย่างไรก็ตามส่วนหนึ่งตอบว่านักวิทยาศาสตร์มีความคิดต่างกันแม้จะได้ข้อมูลเหมือนกันก็คิดต่างกันได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยคิดว่านักเรียนส่วนใหญ่เชื่อว่าความรู้ทางวิทยาสาสตร์นั้นเป็นข้อเท็จจริงเป็นหนึ่งเดียวและไม่มีความเป็นอัตนัยในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับการสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับความเข้าใจคลาดเคลื่อนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดย University of California Berkeley (พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, 2554)

ส่วนประเด็นมิติทางด้านสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่ (NV:65.12%) จัดอยู่ในกลุ่มมีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติของประชาคมวิทยาศาสตร์และนักเรียนอีกส่วนหนึ่ง (NC:23.26%) ไม่สามารถจัดอยู่ในกลุ่มใดๆเนื่องจากนักเรียนไม่ตอบคำถาม อย่างไรก็ตามนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มNV เชื่อว่ามติทางสังคมและวัฒนธรรมไม่มีอิทธิพลต่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพราะเชื่อว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสากลเป็นข้อเท็จจริงที่ความเชื่อใดๆจะมีอิทธิพลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ เพราะถ้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีอิทธิพลมาจากความเชื่อของสังคมจะขาดความน่าเชื่อถือซึ่งสอดคล้องกับผลสำรวจก่อนเรียนของกาญจนา มหาลี (2553) ที่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจบทบาทของสังคมและวัฒนธรรมที่มีต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และคิดว่าวิทยาศาสตร์ไม่เกี่ยวข้องกับสังคมและวัฒนธรรม ทั้งนี้ส่วนหนึ่งการจัดหลักสูตรการเรียนการสอนได้แยกวิชาวิทยาศาสตร์ออกจากกลุ่มวิชาสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรมอย่างชัดเจนจนมีผลให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มวิชาสังคมและความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกันทำให้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในประเด็นนี้ได้

หลังเรียนพบว่านักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้เพิ่มขึ้นในทุกประเด็นโดยนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มมีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยนโดย รวมทั้งกลุ่มที่มีมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นสอดคล้องกับนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มมีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์มีจำนวนลดลง ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก

1. กิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการเนื้อหาเรื่องพลังงานไฟฟ้าร่วมกับการสอดแทรกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องโดยมีการหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายสะท้อนความคิดโดยครูผู้วิจัยได้ใช้คำถามปลายเปิดกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด วิเคราะห์วิจารณ์หาคำตอบของคำถามด้วยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทำให้นักเรียนนำเสนอแสดงความคิดเห็น ซึ่งมีส่วนช่วยพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในประเด็นต่างๆ ได้ดีขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาของกาญจนา มหาลี (2553); Khishfe and Abd El-Khalick (2000); Khishfe and Lederman (2006); Laingkrailas (2009) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการบูรณาการการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้ากับบทเรียนโดยมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายสะท้อนความคิดเห็นช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้มีแนวคิดหรือความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่างๆได้มากขึ้น

2. กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ สืบค้นข้อมูล สำรวจตรวจสอบ เรียนรู้การตั้งปัญหา สร้างสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง ทำให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีความเป็นระบบแต่ไม่แน่นอนตายตัวและในระหว่างปฏิบัติกิจกรรมไม่ว่าจากการทดลองหรือการสำรวจตรวจสอบนักเรียนได้ใช้ทักษะการสังเกตทั้งโดยตรงและโดยอ้อมผ่านการวัดจากเครื่องมือวัดต่างๆ เช่น เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า เครื่องวัดความต่างศักย์ สังเกตปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านความสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น ทำให้นักเรียนเรียนรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวและซึมซับความรู้ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้โดยตรง ยกตัวอย่างเช่น ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนประจักษ์พยานที่สามารถพัฒนาได้ดีที่สุดคือมีค่าเฉลี่ยจากแบบวัดเท่ากับ 2.14 โดยหลังการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่(TV:67.44%) อยู่ในกลุ่มมีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยนและนักเรียนบางส่วน (IV:23.26%) มีมุมมองสอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ที่สามารถอธิบายได้ว่าวิทยาศาสตร์เป็นความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นรอบตัวเราโดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาเช่น การสังเกต การทดลอง เป็นต้น ดังนั้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงมีหลักฐานและประจักษ์พยานที่สามารถตรวจสอบได้ ทำซ้ำได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของขวัญฤทัย เที่ยงจันทราทิพย์ (2553) ที่กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีส่วนช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานโดยนักวิทยาศาสตร์ทำการศึกษาค้นคว้า สังเกต ทดลองเพื่อได้หลักฐานมายืนยัน นอกจากนั้น Flick and Lederman (2006) ได้กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีการเชื่อมโยงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ทั้งยังสร้างปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนที่ร่วมเรียนรู้และครูทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาประวัติการค้นพบเกี่ยวกับไฟฟ้า เช่น การศึกษาชีวประวัติและการทดลองเกี่ยวกับประจุไฟฟ้าในอากาศของเบนจามิน แฟลงคลินซึ่งทำให้เกิดสายล่อฟ้าในปัจจุบันทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ว่านักวิทยาศาสตร์มีได้หลายบทบาทในสังคม อย่างเช่น เบนจามิน แฟลงคลิน ที่เป็นทั้งนักการเมือง นักเขียน นักหนังสือพิมพ์และเป็นนักวิทยาศาสตร์ เป็นต้น การศึกษาประวัติการค้นพบเซลล์ไฟฟ้าเคมีหรือแบตเตอรี่เครื่องแรกของโลก โดยนักเรียนได้ดูวีดีทัศน์ (10 นาที) และเห็นการตรวจสอบซ้ำ (peer review) การทดลองของลุยจิ กัลวานี ของอาเลสซันโดร วอลตา ทำให้นักเรียนได้ค้นพบว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์นั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ถ้ามีมุมมองหรือหลักฐานใหม่

ภาพที่ 23 แสดงวีดีทัศน์เรื่อง สุดยอดนักคิดพลิกโลก อาเลสซันโดร วอลตากับแบตเตอรี่

หรือการอ้างอิงถึงการตั้งสมมติฐานของไมเคิล ฟาราเดย์ที่ทำการค้นพบกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำก่อนเริ่มต้นการทำกิจกรรม กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม ซึ่งมีส่วนในการส่งเสริมความเข้าใจทั้งในด้านเนื้อหาสาระความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Lingkrilas, 2009 อ้างใน อังคณา ปัทมพงศา, 2555) และยังช่วยเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่างๆ เช่น มิติทางสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การตั้งสมมติฐาน เป็นต้น สอดคล้องกับคำกล่าวของ McComas *et al.* (2000) ที่กล่าวว่า การส่งเสริมให้นักเรียนศึกษาและธรรมความเข้าใจประวัติของการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในบทเรียนวิทยาศาสตร์เรื่องต่างๆ จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น

จากการวิเคราะห์แต่ละประเด็นพบว่าหลังการจัดการเรียนรู้ประเด็น การตั้งอยู่บนประจักษ์พยานและหลักฐาน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้และจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 2.14, 2.07 และ 2.05 ตามลำดับ ผู้วิจัยเชื่อว่าการสอดแทรกการศึกษาประวัติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การค้นพบเซลล์ไฟฟ้าเคมี มีส่วนในการทำให้นักเรียนเกิดความสนใจและมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้ กล่าวได้ว่าการศึกษาการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีส่วนช่วยในการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (Abd-El-Khalick and Lederman, 2001) ส่วนประเด็นจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ที่มีค่าเฉลี่ยหลังสอนสูงนั้นผู้วิจัยคิดว่ากิจกรรมสืบเสาะหาความรู้มีส่วนช่วยให้นักเรียนเข้าใจในประเด็นนี้โดยในทุกๆ กิจกรรมการเรียนรู้ทุกๆ ขั้นตอนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้นักเรียนใช้กระบวนการคิดและจินตนาการจึงมีส่วนให้นักเรียนเข้าใจว่ากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์

ส่วนประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีค่าเฉลี่ยของแบบวัดน้อยมีอยู่ 3 ประเด็น ได้แก่ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์(คำถามข้อที่ 2) การสังเกตและการลงความเห็นข้อมูล(ข้อที่ 7) และมิติทางสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ โดยประเด็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 1.65 โดยนักเรียนไม่สามารถตอบคำถามเกี่ยวกับความความหมายของการทดลองได้และไม่สามารถระบุว่าการทดลองเป็นกระบวนการที่เป็นระบบแต่มีขั้นตอนที่ไม่แน่นอนตายตัว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโดยประสบการณ์ของนักเรียนมักได้ทำการทดลองเป็นลำดับขั้นซึ่งมี 5 ขั้นตอนตามหนังสือเรียนแบบเรียนกำหนดไว้ทำให้นักเรียนไม่สามารถปรับเปลี่ยนแนวคิดที่คลาดเคลื่อนนี้ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของกาญจนา มหาลี (2553) ที่ไม่สามารถพัฒนาประเด็นนี้ได้มากนัก ส่วนประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์การสังเกตและการลงความเห็นข้อมูล (คำถามข้อที่7) อาจเป็นเพราะนักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับคำว่าสปีชีส์ไม่เพียงพอเนื่องจากนักเรียนอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ยังไม่เคยเรียนเกี่ยวกับคำว่า“สปีชีส์”จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถประยุกต์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้มาตอบคำถามได้ นักเรียนส่วนหนึ่งจึงใช้วิธีตอบโดยการทวนคำถามหรือตอบโดยการเขียนความหมายของคำว่าสปีชีส์แทน

สำหรับประเด็นมิติทางสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ พบว่าหลังการเรียนรู้นักเรียนจำนวนมาก (NV:34.88%) ยังมีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้นักเรียนเชื่อว่าวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของความจริงต้องมีหลักฐานไม่เกี่ยวกับความเชื่อหรือวัฒนธรรมใดๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆที่นักเรียนยังสับสนระหว่างประเด็นมิติทางสังคมและวัฒนธรรมกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Adb-EL-Khalick, Bell and Leaderman, 1997)

อย่างไรก็ดี อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่าการที่มีนักเรียนกลุ่มหนึ่งไม่สามารถพัฒนาหรือพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในบางประเด็นได้น้อยอาจเป็นเพราะว่าความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่เปลี่ยนได้ยาก (Buaraphan, 2011 อ้างใน ลือชา ลดาชาติ, 2555) และการต่อต้านต่อการเปลี่ยนแปลงนี้อาจเป็นผลมาจากความเชื่อทางด้านโลกทัศน์และญาณวิทยาที่ฝังแน่นอยู่ในตัวนักเรียนเอง (Cobern, 2000)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนประเด็นคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์พบว่าภายหลังสอนผู้วิจัยพบว่าภาพนักวิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนจากรูปแบบมาตรฐานตามตัวชี้วัดของ Chambers (1983) ลดลง เช่น การใส่แว่น การสวมเสื้อห้องปฏิบัติการ ผมยุ่งมีหนวดเครา การปฏิบัติงานในห้องทดลอง ยกเว้นเพศของนักวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนยังไม่พัฒนาหรือปรับเปลี่ยนมุมมองมากนักโดยเป็นเพศชายเพิ่มขึ้นและมีเพศหญิงน้อยมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่านักวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้ทำการศึกษาในเรื่องไฟฟ้าเป็นเพศชายทั้งหมด ส่วนประเด็นภาพวาดที่สื่อถึงสิ่งที่เป็นอันตราย ก้าวร้าว โดดเดี่ยว มีน้อยมาก ภาพนักวิทยาศาสตร์ของนักเรียนส่วนใหญ่มีรอยยิ้ม แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 24 ซึ่งในอีกนัยหนึ่งภาพวาดของนักเรียนสามารถแสดงให้เห็นถึงเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์หรือครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ (Rosenthal, 1993 อ้างใน Kevin, 1995)

ภาพที่ 24 ตัวอย่างภาพวาดของนักเรียน (034) หลังเรียน

ส่วนที่ 3 การปฏิบัติการสอนที่ดีในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งที่ช่วยในการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งสามารถส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาได้ทั้งแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องพลังงานไฟฟ้าและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลร่วมที่ได้จากการสังเกตการจัดการเรียนการสอนและบันทึกหลังสอนไว้ร่วมกับข้อมูลจากอนุทินของนักเรียนได้พบทั้งจุดแข็ง และจุดอ่อน และผู้วิจัยได้แก้ไขปัญหาจุดอ่อนที่เกิดขึ้นแล้วนำมาปรับปรุงในแผนถัดไป โดยนำเสนอไว้ตารางที่ 13 ดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 แสดงจุดแข็ง จุดอ่อนและแนวทางการแก้ไขปัญหาในแต่ละแผน

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข/การติดตามผล
1	กิจกรรมในขั้นสร้างความสนใจสามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียน นักเรียนรู้สึกสนุกและรู้สึกท้าทายความสามารถ	ในขั้นสำรวจและค้นหามีปัญหาเล็กน้อยกล่าวคือการดูดการผลักของแท่งพลาสติกต้องอาศัยอากาศที่แห้งจึงจะสามารถเกิดปรากฏการณ์ได้ ดังนั้นนักเรียนบางกลุ่มจึงใช้เวลานานการปฏิบัติกิจกรรม	เนื่องจากปฏิบัติกิจกรรมในช่วงฤดูร้อนกิจกรรมไฟฟ้าสถิตต้องใช้อากาศที่แห้งดังนั้นในปีการศึกษาหน้าควรเปิดเครื่องปรับอากาศทิ้งไว้ให้นานกว่านี้เพื่อทำให้เกิดปรากฏการณ์ไฟฟ้าสถิตได้ง่ายขึ้น
	กิจกรรม”คุณสมบัติของประจุไฟฟ้า”ทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกเพราะนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อน นักเรียนรู้สึกสนุกสนานต่อการทำกิจกรรมเพราะเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ออกแรงและไม่เคยปฏิบัติมาก่อน	ในกิจกรรมขั้นสำรวจที่กำหนดให้ใช้แท่งอะซิเตตและแท่งพอลีทีนประกอบการทำกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้แต่เนื่องจากไม่สามารถหาอุปกรณ์ทั้งสองได้จึงต้องใช้แท่งพลาสติกชนิดใสและชนิดทึบมาใช้แทนในการทำกิจกรรม	แม้ว่าอุปกรณ์จะไม่ได้เป็นอุปกรณ์ตามที่ระบุไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้แต่ผลการปฏิบัติกิจกรรมเป็นไปด้วยความเรียบร้อยนักเรียนสามารถสังเกตเห็นปรากฏการณ์คุณสมบัติของประจุไฟฟ้าและสามารถสรุปได้ว่าประจุไฟฟ้ามีอยู่สองชนิด
	มีการใช้สื่อจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในขั้นตอนการอธิบายและลงข้อสรุปทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับของประจุไฟฟ้าที่ไม่สามารถมองเห็นได้ช่วยให้เข้าใจง่ายขึ้น	จากการตรวจสอบอนุทินของนักเรียนพบว่านักเรียนไม่ค่อยเข้าใจ NOS ในประเด็นมิติทางสังคมและวัฒนธรรม	นำประเด็น NOSที่นักเรียนยังไม่ค่อยเข้าใจไปอภิปรายในแผนที่มีประเด็นนั้นโดยใช้เวลาให้มากขึ้นโดยเฉพาะประเด็นมิติทางสังคมและวัฒนธรรม (ปรับใช้ในแผนที่3)
	การเชื่อมโยง NOS สามารถบ่งชี้ได้ดีในประเด็นความคิดสร้างสรรค์และหลักฐานเชิงประจักษ์		
	การจัดกิจกรรมใช้เวลาเหมาะสมตามที่กำหนด		
	นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมและตอบแสดงความคิดเห็นอย่างกระตือรือร้น		

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข/การติดตามผล
2	นักเรียนให้ความสนใจในกิจกรรมกระแสไฟฟ้าจากเซลล์ผลไม้ในขั้นสร้างความสนใจ	คำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่ใช้เชื่อมโยงจากกิจกรรมในขั้นสร้างความสนใจไปขั้นสำรวจและค้นหายังไม่ดีพอ	ต้องใช้คำถามที่ท้าทายให้นักเรียนได้คิดและควรเว้นระยะให้นักเรียนได้วิเคราะห์และตอบคำถาม (ปรับใช้ในแผนที่ 3)
	ผู้วิจัยได้นำวีดีทัศน์เรื่อง “เซลล์ไฟฟ้าเคมี” มาให้นักเรียนดูเพื่อช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีมากขึ้นซึ่งนักเรียนให้ความสนใจเป็นอย่างมาก	การบ่งชี้NOS ในระหว่างการทำกิจกรรมเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีเป็นไปได้ไม่ดีนักเพราะนักเรียนสนใจในการทำกิจกรรมมากกว่าต้องการอภิปรายเกี่ยวกับ NOS จึงไม่ค่อยมีนักเรียนจะตอบคำถาม	การบ่งชี้ประเด็น NOS ในขั้นสำรวจและตรวจสอบควรให้นักเรียนลงมือปฏิบัติให้เรียบร้อยเสียก่อนจึงค่อยเชื่อมโยงเข้าสู่ประเด็น NOS จะทำให้นักเรียนมีสมาธิและสนใจมากกว่า (ปรับใช้ในแผนที่ 3)
	นักเรียนได้มีการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเห็นว่าผลที่ได้อาจไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ครูให้คำชี้แนะและให้นักเรียนตั้งข้อสังเกตว่าทำไมผลการทดลองอาจไม่เหมือนกัน	นักเรียนเขียนสรุปผลการทดลองไม่ละเอียดและ นักเรียนไม่ส่งใบกิจกรรมและส่งใบงานไม่ครบ	ครูควรตรวจใบงานและใบกิจกรรมของนักเรียนและให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างละเอียดเพื่อให้นักเรียนเห็นข้อมูลที่ครูเขียนขึ้นเพื่อสร้างความเข้าใจให้นักเรียน (ปรับใช้ในแผนที่ 3)
	การบ่งชี้ NOSประเด็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ทำได้ดีและกระจ่างเพราะนักเรียนได้ดูวีดีทัศน์การค้นพบเซลล์ไฟฟ้าเคมีของนักเคมีที่ชื่อว่าอาเลสซัลโดร วอลตาทำให้นักเรียนเห็นทั้งบรรยากาศ การแต่งตัวของนักวิทยาศาสตร์สมัยนั้น กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบ สืบค้น และการ	นักเรียนเขียนอนุทินน้อยโดยเฉพาะประเด็น NOS	อธิบายจุดประสงค์ของการเขียนอนุทินให้นักเรียนทราบเพื่อให้นักเรียนเขียนอนุทินให้มากขึ้น (ปรับใช้ในแผนที่ 3)
		การปฏิบัติกิจกรรมยังเป็นตามลำดับขั้นตอนอยู่เท่านั้นยังไม่เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือคิดและทำด้วยตนเอง	ในแผนถัดไปให้นักเรียนได้ลองตั้งปัญหา ตั้งสมมติฐานและออกแบบการทดลองด้วยตนเองบ้าง (ปรับใช้ในแผนที่ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข/การติดตามผล
	ทำการตรวจสอบซ้ำของนักวิทยาศาสตร์		
3	นักเรียนได้ทำการทดลองและลงมือปฏิบัติจริง ทำให้นักเรียนค้นพบปัญหาและอุปสรรคซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และสามารถหาแนวทางแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองเมื่อเจอปัญหาในลักษณะเดียวกันในครั้งต่อไป	นักเรียนค่อนข้างใช้เวลานานในการปฏิบัติกิจกรรมเรื่องกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโมทั้งนี้เนื่องจากอุปกรณ์มีการชำรุด ดังนั้นในระหว่างปฏิบัติหรือใช้อุปกรณ์นักเรียนต้องจับข้อต่อต่างๆให้แน่นหรือขยับสายไฟหรือเปลี่ยนสายไฟเมื่อวงจรไม่ทำงาน อย่างไรก็ตามนักเรียนยังขาดประสบการณ์ทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาเองได้ จึงขอความช่วยเหลือจากครูผู้สอนเป็นระยะ	ครูควรให้คำแนะนำในขั้นต้นด้วยว่าเมื่อเกิดปัญหานักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างไรบ้าง ควรคาดหมายถึงปัญหาที่นักเรียนจะต้องเจอเพื่ออธิบายและแก้ปัญหาให้นักเรียนในระดับหนึ่งเป็นการกระชับเวลาและลดภาระที่นักเรียนต้องพึ่งพึงครูในขณะปฏิบัติกิจกรรม (ปรับใช้ในแผนที่ 4)
	นักเรียนได้มีโอกาสในการ ตั้งปัญหา ตั้งสมมติฐาน และออกแบบตารางผลการทดลองด้วยตนเอง	นักเรียนยังไม่ค่อยเข้าใจในการตั้งปัญหาและตั้งสมมติฐานเองไม่เป็น รวมทั้งยังไม่สามารถออกแบบการทดลองเองได้ ครูจึงต้องเข้าไปช่วยชี้แนะในเกือบทุกกลุ่มทำให้การทดลองทำได้ช้า	เนื่องจากการตั้งปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบตารางผลการทดลองด้วยตนเองนั้นเป็นสิ่งที่นักเรียนขาดประสบการณ์ครูผู้วิจัยควรใช้เวลาและค่อยๆชี้แนะแก่นักเรียน (ปรับใช้ในแผนที่ 5)
	นักเรียนได้ดูวีดีทัศน์เกี่ยวกับไดนาโมกระแสตรงและกระแสสลับทำให้นักเรียนเห็นข้อแตกต่างและลักษณะของทิศการไหลของกระแสไฟฟ้าทำให้นักเรียนเข้าใจได้มากขึ้น	เนื่องจากวีดีทัศน์ที่เตรียมไว้เปิดไม่ได้จึงทำให้ผู้วิจัยต้องดาวน์โหลดภาพเคลื่อนไหวอื่นแสดงให้นักเรียนดูแต่เนื่องจากเป็นภาษาอังกฤษครูผู้สอนจึงต้องเป็นผู้อธิบายให้นักเรียนฟังด้วยตนเอง	เป็นการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าที่ดีและมีการเตรียมการก่อนการสอนที่มีประสิทธิภาพ
		การบ่งชี้ประเด็น NOS ต้องทำในขณะที่นักเรียนยังปฏิบัติกิจกรรมเนื่องจากเวลาถูกจำกัดอย่างไรก็ตามผู้วิจัยอาศัย	จากผลการติดตามยังไม่สามารถดำเนินการตามที่ระบุไว้แต่จะดำเนินการในแผนถัดไป (ปรับใช้ในแผนที่ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข/การติดตามผล
3		จังหวะที่นักเรียนบางกลุ่มเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงเริ่มอภิปราย	
		แม้ว่าจะมีการอธิบายจุดประสงค์ในการเขียนอนุทินแต่นักเรียนไม่ค่อยเขียนอนุทินเนื่องจากเอกสารที่นักเรียนต้องเขียนมีค่อนข้างมาก เช่น ใบกิจกรรม ใบงานและอนุทินสะท้อนการเรียนรู้	จากการติดตามผลในแผนที่ 2 แม้ว่าจะอธิบายจุดประสงค์ของการเขียนอนุทินแล้วแต่นักเรียนยังเขียนอนุทินค่อนข้างน้อยผู้วิจัยวิเคราะห์ว่าอาจเกิดจากภาระงานที่นักเรียนต้องเขียนมากจึงควรปรับลดเอกสารลงบ้าง (ปรับใช้ในแผนที่ 4)
		นักเรียนยังเขียนสรุปและเขียนใบงานไม่ละเอียดและส่งใบงานยังไม่ครบ	จากการติดตามผลนักเรียนยังส่งใบงานไม่ครบครูผู้สอนจึงใช้วิธีชี้แจงนักเรียนเกี่ยวกับการให้คะแนนใบงานและให้รางวัลแก่นักเรียนที่สามารถส่งงานจนครบและตรงเวลาทุกครั้ง (ปรับใช้ในแผนที่ 4)
		การนำเอาประวัติของไมเคิล ฟาราเดย์มาให้นักเรียนศึกษาในลักษณะการเล่าเองของครูผู้สอนยังขาดความน่าสนใจ	จากผลการติดตามการเชื่อมโยงการใช้คำถามยังไม่ดีพอและทั้งนี้เพราะการอภิปรายเกี่ยวเอาประวัติของไมเคิล ฟาราเดย์ยังขาดสื่อหรือภาพเคลื่อนไหวที่ดีในปีการศึกษาถัดไปควรใช้สื่อที่เหมาะสมที่ใช้เวลาไม่นานมากจะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจมากขึ้น
4	นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองได้เรียนรู้การปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในกลุ่มและแก้ปัญหาได้เมื่อเจออุปสรรค		นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ตรง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข/การติดตามผล
4	นักเรียนเขียนอนุทินได้ละเอียดมากขึ้นและส่งใบงานได้ครบและตรงเวลามากขึ้น		จากการติดตามผลพบว่านักเรียนใส่ใจกับการเขียนอนุทินมากขึ้นเมื่อมีการปรับลดใบงานลงและให้คะแนนการส่งอนุทินและใบงาน
	เมื่อครูชี้แจงการปฏิบัติกิจกรรมอย่างชัดเจนร่วมทั้งอธิบายนักเรียนถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นทำให้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถปฏิบัติกิจกรรมได้เร็วขึ้น		จากการติดตามผลพบว่าเมื่อครูผู้สอนมีการชี้แจงและอธิบายถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นนักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำข้อเสนอแนะของครูไปปรับใช้
	การบ่งชี้ NOS ในขั้นสำรวจและตรวจสอบเริ่มดีขึ้นเมื่ออภิปรายภายหลังจากที่นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว		จากการติดตามผลพบว่าการอภิปราย NOS ภายหลังการจัดกิจกรรมดีกว่าอภิปรายผลระหว่างการทำกิจกรรมเพราะนักเรียนมีสมาธิและสนใจในการอภิปรายมากขึ้น
		นักเรียนบางกลุ่มที่ไม่สามารถปฏิบัติกิจกรรมได้สำเร็จซึ่งครูผู้สอนได้ตั้งข้อสังเกตว่าเป็นกลุ่มเดิมๆ เพราะกิจกรรมเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ามักจะพบปัญหาอุปกรณ์ไม่ทำงาน	จากการแก้ปัญหาโดยการชี้แจงถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นนักเรียนสามารถนำไปปรับใช้ได้ดีแต่นักเรียนบางกลุ่มยังพบว่าเกิดปัญหาต่อวงจรไม่ได้ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มที่เสร็จเร็วดำเนินการช่วยเหลือ ในแผนถัดไปผู้วิจัยต้องจัดกลุ่มการทำกิจกรรมใหม่โดยให้ในแต่ละกลุ่มต้องมีนักเรียนที่เก่ง ปานกลางและอ่อนทำงานร่วมกัน และควรเสริมแรงในการปฏิบัติกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมเสร็จเร็วขึ้น (ปรับใช้ในแผนที่ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข/การติดตามผล
4		ในการอภิปราย NOS เรื่องความเป็นอัตนัยในขั้นขยายความรู้ยังทำได้ไม่ดีนักเนื่องจากเวลาค่อนข้างน้อย	
		นักเรียนที่ตอบคำถามหรือร่วมอภิปราย NOS ผู้วิจัยสังเกตว่าเป็นกลุ่มเดิมหรือคนเดิมที่มีความสนใจในการเรียน	ควรเสริมแรงในการตอบคำถามเวลาอภิปราย NOS หรือในการทำกิจกรรม(ปรับใช้ในแผนที่ 5)
		ขั้นสร้างความสนใจยังไม่สามารถจูงใจให้นักเรียนสนใจคำถามกระตุ้นยังขาดความเชื่อมโยงที่ดีในการนำเข้าสู่กิจกรรม	ควรใช้คำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยและสนใจที่จะทำกิจกรรมที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมไว้ (ปรับใช้ในแผนที่ 5)
5	ขั้นสร้างความสนใจมีการจับคู่เล่นเกมเขียนชื่อตัวนำที่นักเรียนรู้จัก นักเรียนรู้สึกสนุกกับกิจกรรม มีกิจกรรมให้นักเรียนได้สังเกตสายไฟแบบต่างๆนักเรียนสนใจและตั้งคำถามเกี่ยวกับตัวเลขที่อยู่บนสายไฟ		ผลการติดตามการใช้กิจกรรมที่ดีและการใช้คำถามที่ดีสามารถสร้างให้นักเรียนเกิดความสนใจได้
	นักเรียนได้มีโอกาสในการ ตั้งปัญหา ตั้งสมมติฐาน และออกแบบตารางผลการทดลองด้วยตนเอง การปฏิบัติกิจกรรมการทดลองนักเรียนได้เรียนรู้การกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และการควบคุมตัวแปรอื่นๆ จากอนุทินนักเรียนบอกว่าชอบและสนุกกับการทดลอง		จากการติดตามผลพบว่านักเรียนตั้งปัญหา ตั้งสมมติฐานและออกแบบตารางผลการทดลองได้ดีขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข/การติดตามผล
5		นักเรียนไม่สามารถทำแบบฝึกหัดในใบงานได้เพราะมีบางส่วนเป็นโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการใช้สูตรความต้านทานในการคำนวณ	ครูใช้เวลานอกในการอธิบายแบบฝึกหัดในใบงานให้นักเรียน
		เนื่องจากมีประเด็นNOSในการบ่งชี้มากถึง 4 ประเด็นและบางประเด็นเป็นประเด็นใหม่ทำให้ไม่สามารถอภิปรายและสะท้อนความคิดได้มากนัก นอกจากนั้นการอภิปราย NOS ประเด็นกฎและทฤษฎีนักเรียนยังค่อนข้างไม่เข้าใจโดยนักเรียนอาจไม่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับทฤษฎีอิเล็กตรอนเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันจึงทำให้นักเรียนงงและไม่เข้าใจ	จากการติดตามผลแม้ว่าจะมีการเสริมแรงโดยมีการให้คะแนนแก่นักเรียนเพื่อจูงใจให้นักเรียนตอบคำถามแต่เนื่องจากมีประเด็นNOSให้อภิปรายมากเกินไปจึงไม่สามารถใช้เวลาในการอภิปรายได้มากนักดังนั้นในการเขียนจุดประสงค์NOSไม่ควรระบุให้มากเกินไปเพราะถ้ากำหนดประเด็นให้น้อยลงในแต่ละแผนจะทำให้นักเรียนได้มีการอภิปรายแต่ละประเด็นได้มากขึ้น (เป็นแนวทางในการวิจัยครั้งต่อไป)
6	มีการตรวจสอบความรู้เดิมเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ของนักเรียนโดยการใช้คำถามเสริมแรงโดยเมื่อนักเรียนตอบคำถามได้มีคะแนนและรางวัล(ลูกอม)		เป็นการเสริมและกระตุ้นให้นักเรียนสนใจได้อีกวิธีหนึ่ง
	นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูลและตีความจากกราฟและคำนวณหาค่าความชันของกราฟ	นักเรียนขาดพื้นฐานในการวิเคราะห์กราฟและไม่เข้าใจความหมายของกราฟเส้นตรง ไม่รู้ความหมายของความชัน	ครูผู้สอนควรตรวจสอบความรู้เดิมที่เกี่ยวกับกราฟเส้นตรงความหมายของกราฟเส้นตรงและความชันกราฟเพื่อให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข/การติดตามผล
6	และส่วนกลับของความชันกราฟเพื่อได้ข้อสรุปเป็นสมการคณิตศาสตร์ในรูปของกฎทางวิทยาศาสตร์	กราฟคืออะไร ตัวเลขที่ได้จากการวัดต้องมีการเปลี่ยนหน่วยจากมิลลิแอมป์เป็นแอมแปร์ทำให้นักเรียนรู้สึกยุ่งยากและไม่อยากคำนวณ	นักเรียนมีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ก่อนการทำกิจกรรม
	มีการนำเสนอข้อมูลของแต่ละกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนทำให้นักเรียนเห็นความคลาดเคลื่อนของแต่ละกลุ่มครูให้คำแนะนำและอภิปรายว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นนั้นมาจากสาเหตุใดได้บ้าง		
	นักเรียนเขียนอนุทินได้ดีและสรุปผลได้ดีขึ้น		จากการติดตามผลพบว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างต่อเนื่องและการให้คะแนนในการส่งอนุทิน ใบงานและใบกิจกรรมทำให้นักเรียนใส่ใจต่อการสะท้อนความรู้มากขึ้น
		จากการเดินสำรวจขณะนักเรียนปฏิบัติกิจกรรมค้นพบว่านักเรียนบางคนยังไม่สามารถใช้เครื่องมือวัด เช่น แอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ และอ่านค่าจากเครื่องวัดไม่ถูกต้อง	ครูผู้สอนใช้เวลานอกวัดและประเมินผลการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มในการวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์โดยให้นักเรียนใช้แอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์เพื่อเป็นการประเมินนักเรียนโดยตรง
		เนื่องจากมีวงจรต้องใช้เครื่องมือวัดมากกว่า 1 เครื่องทำให้นักเรียนบางกลุ่มงงกับภาพวงจรไฟฟ้าและการปฏิบัติจริงทำให้ใช้เวลาในการทำกิจกรรมมากกว่าที่กำหนดเล็กน้อย	ครูให้คำแนะนำและอธิบายนักเรียนให้ชัดเจนมากขึ้นส่วนในขั้นต้นนักเรียนกลุ่มที่เสร็จเร็วเป็นตัวแทนช่วยนักเรียนกลุ่มที่ประสบปัญหา (ปรับใช้ในแผนที่ 7)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข/การติดตามผล
6		การเชื่อมโยงประเด็นคุณลักษณะนักวิทยาศาสตร์มีเวลาจำกัดจึงต้องมอบเป็นภาระงานให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเอง	เป็นการแก้ปัญหาทางหนึ่งโดยครูผู้สอนมีการประเมินผลโดยการถามคำถามแก่นักเรียนในคาบถัดไป
		นักเรียนเขียนในอนุทินว่ายังไม่ค่อยเข้าใจNOSในประเด็นกฎและทฤษฎีทั้งนี้อาจเป็นเพราะการขาดประสบการณ์ของนักเรียนที่เกี่ยวกับกฎและทฤษฎี นอกจากนั้นทฤษฎีอิเล็กตรอนอาจเข้าใจยากสำหรับนักเรียนเนื่องมาจากต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของโลหะและอะตอมที่นักเรียนมีความรู้พื้นฐานไม่มากนัก	ใช้เวลาในการอภิปรายNOS ประเด็นนี้ให้มากขึ้นและยกตัวอย่างที่หลากหลายมากขึ้น (ปรับใช้ในแผนที่ 7)
7	ขั้นสร้างความสนใจได้มีการอภิปรายพร้อมสาธิตโดยผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในไส้ดินสอทำให้นักเรียนเกิดความสนใจและร่วมกันตอบคำถาม		จากการติดตามผลอย่างต่อเนื่องพบว่าเมื่อครูใช้คำถามและกิจกรรมที่ดีจะสามารถเชื่อมโยงไปยังกิจกรรมการตรวจสอบและนักเรียนจะให้ความสนใจต่อการกิจกรรม
	นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมที่นำไปสู่สมการคุณสมบัติของวงจรอนุกรมและขนานโดยเกือบทุกกลุ่มสามารถทำได้ดี นักเรียนเรียนรู้การแก้ปัญหาอย่างง่ายๆ โดยครูต้องเข้าไปแนะนำบ้างแต่นักเรียนกลุ่มที่ทำได้ก็สามารถช่วยเหลือเพื่อนกลุ่มอื่นๆ		จากการติดตามผลเกี่ยวกับการทำกิจกรรมพบว่านักเรียนสามารถทำได้ดีและแก้ปัญหาเองได้พอสมควรเมื่อเกิดปัญหาแม้ว่านักเรียนอาจใช้เวลาพอสมควรในการทำกิจกรรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข/ผลการติดตาม
	การอภิปรายในเรื่องกฎและทฤษฎีใช้เวลาไม่นานมากเพราะนักเรียนมีพื้นฐานบ้างแล้วและนักเรียนเข้าใจมากขึ้น		จากการติดตามผลพบว่าเมื่อครูผู้สอนพยายามยกตัวอย่างที่มากขึ้นทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น
	นักเรียนเขียนอนุทินมีความละเอียดทั้งด้านแนวคิดและNOS		จากการติดตามที่ต่อเนื่องการปรับแก้ไขทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการเขียนอนุทินมากขึ้น
	มีการอภิปรายความรู้เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันเช่นการต่อไฟฟ้าในบ้านเป็นวงจรแบบใด วงจรไฟต้นคริสต์มาสเป็นวงจรแบบใดและมีการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียให้นักเรียนเห็น	ในการวัดปริมาณที่เกี่ยวข้องกับวงจรอนุกรมและขนานสามารถวัดค่าความต่างศักย์รวมของวงจรและความต่างศักย์ย่อยที่คร่อมหลอดไฟแต่ละหลอดได้แต่ไม่สามารถวัดกระแสไฟฟ้าในทุกตำแหน่งที่ต้องการได้นอกจากตำแหน่งด้านหน้าและหลังของวงจรเท่านั้น	ในปีการศึกษาหน้าอาจจัดหาอุปกรณ์ที่สามารถวัดกระแสไฟฟ้าได้ในทุกตำแหน่งที่ต้องการอาจใช้บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์แทน
8	นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติสร้างแบบจำลองวงจรไฟฟ้าในบ้าน ทำให้นักเรียนรู้หน้าที่ของอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านต่างๆ เช่น สะพานไฟ สวิตซ์และฟิวส์		ก่อนทำกิจกรรมควรให้นักเรียนตรวจเช็คอุปกรณ์จำพวกสายไฟและควรอธิบายภาพวงจรไฟฟ้าในบ้านให้ละเอียดเพื่อนักเรียนจะปฏิบัติได้เร็วขึ้น
	นักเรียนได้อภิปรายบ่งชี้ NOS ได้ดีเพราะมีน้อยประเด็นให้อภิปรายและประเด็นที่อภิปรายก็เป็นประเด็นเก่าที่เคยอภิปรายมาแล้ว		

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข/ผลการติดตาม
8		นักเรียนงงกับภาพวงจรไฟฟ้าในบ้านทำให้ใช้เวลาในการต่อวงจรค่อนข้างมากครูต้องให้ความช่วยเหลือในบางกลุ่ม	จากการติดตามผลแม้ว่าครูผู้สอนจะได้ทำตามที่เสนอแนะไว้แล้วคือชี้แจงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นแต่เนื่องจากนักเรียนยังขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับภาพวงจรไฟฟ้าในบ้านที่มีความซับซ้อนทำให้นักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมค่อนข้างนาน
9	ขั้นสร้างความสนใจมีการเชื่อมโยงเข้าสู่ข่าวที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันนักเรียนกระตือรือร้นในการตอบคำถาม		
	นักเรียนให้ความสนใจในการทำกิจกรรมซึ่งเป็นรูปแบบการจำลองสถานการณ์การเกิดไฟไหม้มีการทำนาย สังเกต และอธิบาย ในขณะที่เรื่องฟิวส์นักเรียนได้ทำการทดลองที่มีการกำหนดตัวแปรต่างๆ	ต้องระมัดระวังในการทำกิจกรรมเนื่องจากมีการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแทนถ่านไฟฉายโดยต้องกำชับไม่ให้นักเรียนเล่นระหว่างปฏิบัติกิจกรรมเนื่องจากเป็นกิจกรรมที่มีการลุกไหม้ของฝอยเหล็ก	ผู้วิจัยกำชับนักเรียนให้ทำตามระเบียบอย่างเคร่งครัด
	กิจกรรมการอภิปรายNOS ด้านความเป็นอัตนัยมีความชัดเจนเนื่องจากแต่ละกลุ่มนำเสนอสมมติฐานได้ไม่เหมือนทำให้มีการอภิปรายได้กว้างขึ้น	พบว่านักเรียนอาจสับสนระหว่างจุดหลอมเหลวต่ำกับความต้านทานต่ำจากการตอบคำถามของนักเรียนในห้องนักเรียนตอบว่าการที่ฟิวส์หลอมละลายเพราะมีความต้านทานต่ำ	ใช้เวลาในคาบเรียนอธิบายให้เข้าใจเพื่อนักเรียนจะไม่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนต่อไป
	นักเรียนเขียนคำอธิบายและลงข้อสรุปได้ดีแม้จะต้องมีการแก้ไขบ้างก็ไม่มากนัก		จากการติดตามที่ต่อเนื่องการปรับแก้ไขทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการเขียนอนุทินและการทำใบกิจกรรมมากขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข/ผลการติดตาม
10	นักเรียนได้ทำกิจกรรมการสำรวจทำให้มีการเปลี่ยนบรรยากาศออกนอกห้องเรียน	นักเรียนใช้เวลาเกินกว่าที่จำกัดไว้และควบคุมได้ยากเนื่องจากกระจายตัวไปตามสถานที่ต่างๆ	ปีการศึกษาหน้าอาจให้นักเรียนสำรวจเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านของตนเองแต่ต้องกำชับเรื่องความปลอดภัย
	นักเรียนนำบิลค่าไฟมาพิจารณาเพื่อเปรียบเทียบหาวิธีการประหยัดไฟฟ้าและรองตรวจเช็คการใช้ไฟและคำนวณค่าไฟด้วยตนเอง		
	นักเรียนทำแบบฝึกหัดในใบงานได้ดีเนื่องจากมีภาพประกอบที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่างๆ		
	ครูให้นักเรียนรวบรวมใบกิจกรรมทั้งหมดใส่เป็นรูปเล่มเพื่อให้นักเรียนได้รวบรวมเอกสารเข้าเป็นชุด		

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 13 จะเห็นได้ว่าผู้วิจัยได้มีการวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนในการจัดการเรียนรู้และได้นำจุดอ่อนที่เกิดขึ้นมาแก้ไขในแผนถัดไปในบางเรื่องผู้วิจัยสามารถแก้ปัญหาได้แต่ในบางเรื่องยังคงเป็นจุดอ่อนที่ผู้วิจัยไม่สามารถแก้ไขและเป็นปัญหาต่อไป เช่น เวลาที่นักเรียนใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมที่ใช้เวลาค่อนข้างมากโดยเฉพาะกิจกรรมที่มีการต่อวงจรไฟฟ้าที่ซับซ้อนอย่างกิจกรรมการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้านแม้ผู้วิจัยจะใช้เทคนิคการให้คะแนนเป็นกลุ่มแต่ก็แก้ปัญหาไม่ได้เนื่องจากนักเรียนเกิดความสับสนในการต่อวงจรไฟฟ้า ส่วนประเด็นที่ประสบความสำเร็จพอสมควรคือการเสริมแรงให้นักเรียนตอบคำถามโดยใช้คะแนนหรือรางวัลทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้สรุปถึงแนวทางในการปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน/(5ES) และแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า

ตอนที่1 แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน/(5ES)

การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 5 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3. ขั้นอธิบาย (Explanation) 4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) 5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปแนวปฏิบัติที่ดีได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ซึ่งผู้วิจัยมีแนวปฏิบัติที่ดีดังนี้

1. ใช้สื่อหรือกิจกรรมที่หลากหลายจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนรู้สึกสนใจตั้งใจพร้อมที่จะเรียนรู้ เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องไฟฟ้าสถิต ผู้วิจัยได้ใช้สื่อและจัดกิจกรรมที่ท้าทายสติปัญญาของนักเรียนโดยวางอุปกรณ์คือลูกโป่งกับกระดาษฟรอยด์ไว้บนโต๊ะแล้วท้าทายนักเรียนให้นักเรียนใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่บนโต๊ะเท่านั้นทำให้กระดาษลอยขึ้นมาจากพื้นโต๊ะให้ได้ คำท้าทายแบบนี้ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจและออกมาทดลอง ความผิดพลาดของเพื่อนที่ออกมาทำให้บรรยากาศในการเรียนการสอนเกิดความสนุกและนักเรียนสนใจเกิดการเรียนรู้ หรือในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่องวงจรอนุกรมที่ผู้วิจัยได้สาธิตโดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านไส้ดินสอจนไส้ดินสอเกิดการเปล่งแสงเพื่อให้นักเรียนสนใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของหลอดไฟแบบมีไส้และนำไปสู่การต่อหลอดไฟได้ในที่สุด เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจหรือกระตุ้นความอยากรู้ของนักเรียนควรใช้คำถามที่เกี่ยวข้องรอบตัวนักเรียนและนักเรียนสามารถเห็นปรากฏการณ์นั้นในชีวิตประจำวัน คำถามควรเริ่มจากคำถามที่ง่ายๆแล้วจึงค่อยพัฒนาคำถามให้ยากขึ้นเพื่อกระตุ้นความสนใจหรือท้าทายสติปัญญาของนักเรียนโดยคำถามนี้ต้องกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิด เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง วงจรลัดและคุณสมบัติของฟิวส์ ครูนำภาพข่าวเกี่ยวกับไฟไหม้ให้นักเรียนได้อ่านจากนั้นใช้คำถามง่ายๆ เชื่อมโยงกับสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น เช่น “นักเรียนคิดว่าไฟไหม้เกิดจากสาเหตุใดบ้าง” แล้วจึงนำไปสู่คำถามที่ยกขึ้น “ไฟฟ้าลัดวงจรคืออะไร” “สายไฟที่ชำรุดเกี่ยวข้องกับไฟฟ้าลัดวงจรได้อย่างไร” เป็นต้น

3. ต้องมีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนทุกครั้งเพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เก่ากับความรู้ใหม่เพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยพบว่าในบางแผนการจัดการเรียนรู้ เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง กฎของโอห์ม ผู้วิจัยไม่ได้ตรวจสอบพื้นฐานความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง ความสัมพันธ์ของกราฟเส้นตรงและความชันของกราฟก่อนการจัดการเรียนรู้ทำให้เมื่อปฏิบัติกิจกรรมผู้วิจัยต้องใช้เวลาในการอธิบายในแต่ละกลุ่มค่อนข้างนานทำให้ใช้เวลาในขั้นสำรวจและค้นหามากเกินไป

ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา (Exploration) มีแนวปฏิบัติดังนี้

1. การจัดกิจกรรมควรมีความหลากหลายเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ถึงวิธีการสืบเสาะหาความรู้ว่ามีได้หลายวิธีโดยในการวิจัยครั้งนี้กิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติก็มีความหลากหลายเช่นกัน เช่น นักเรียนสำรวจเครื่องใช้ไฟฟ้า นักเรียนได้สังเกตสถานการณ์จำลองที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันโดยใช้การเรียนรู้แบบ observe predict และ explain นักเรียนได้ลงทำการทดลอง เป็นต้น กิจกรรมที่หลากหลายจะทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกและท้าทายสติปัญญา การเรียนในรูปแบบเดิมตลอดเวลาจะทำให้นักเรียนรู้สึกว่าคาดเดาได้จึงทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายและไม่เกิดการเรียนรู้ สอดคล้องกับวิชัย วงษ์ใหญ่, (2542) ที่กล่าวว่าการใช้วิธีสอนและเทคนิคใหม่ๆจะช่วยพัฒนาความคิดของนักเรียนได้ดีกว่าวิธีสอนและเทคนิคเดิมๆ ในอีกด้านหนึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ควรออกแบบให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาครูผู้สอนจึงต้องทำการศึกษาค้นคว้าโดยต้องคำนึงด้วยว่ากิจกรรมนั้นเหมาะสมกับวัย เพศและประสบการณ์ของนักเรียนหรือไม่ รวมทั้งต้องคำนึงถึงอุปกรณ์และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมด้วยเนื่องจากในการจัดกิจกรรมแบบสืบเสาะหาความรู้มักใช้เวลาค่อนข้างนาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ในการจัดกิจกรรมแบบสืบเสาะหาความรู้มีข้อดีคือนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและมีข้อเสียคือต้องใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอนค่อนข้างมาก ทั้งนี้เพื่อให้การใช้เวลาในกิจกรรมให้มีประสิทธิภาพครูผู้สอนจะต้องชี้แจงขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมให้ชัดเจนให้นักเรียนทุกคนได้รับทราบขั้นตอนการปฏิบัติ รวมทั้งก่อนจัดกิจกรรมครูผู้สอนต้องคาดเดาปัญหาที่จะเกิดขึ้นแล้วอาจแนะแนวทางในการแก้ปัญหาให้นักเรียนไว้ก่อน เมื่อนักเรียนได้เจอปัญหาเดียวกันนักเรียนจะสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง ยกตัวอย่างเช่น ในกิจกรรมชนิดของตัวนำและความต้านทาน กฎของโอห์ม วงจรอนุกรมขนานและวงจรไฟฟ้าในบ้านครูจะแนะนำให้นักเรียนทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆก่อนลงมือปฏิบัติโดยใช้ถ่านไฟฉายและหลอดไฟที่นักเรียนมีอยู่

3. ควรจัดกลุ่มให้นักเรียนโดยในหนึ่งกลุ่มควรมีทั้งนักเรียนเก่ง ปานกลางและอ่อนเพื่อให้นักเรียนได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกันเพราะในการปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองบางครั้งอาจพบปัญหาที่นักเรียนต้องแก้ไขด้วยตนเองในกลุ่ม ในงานวิจัยครั้งนี้ในแผนการจัดการเรียนรู้แรกๆ ผู้วิจัยประสบปัญหาว่ามีนักเรียนบางกลุ่มที่ใช้เวลาในการทำกิจกรรมนานและไม่ประสบความสำเร็จและมักเรียกผู้วิจัยให้ช่วยเสมอ ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการให้กลุ่มที่เสร็จเร็ว 1 คนไปช่วยก็สามรถแก้ปัญหาได้ระดับหนึ่ง ในแผนการสอนต่อๆ มาผู้วิจัยได้ทำการเปลี่ยนกลุ่มเป็นรูปแบบดังที่กล่าวมาทำให้การจัดกิจกรรมทำได้เร็วขึ้น

4. ควรมีการเสริมแรงในระหว่างปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มเพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนรู้สึกกระตือรือร้น การปฏิบัติกิจกรรมจะเสร็จได้รวดเร็วขึ้นในระดับหนึ่งเนื่องจากครูผู้สอนสามารถสร้างบรรยากาศให้เหมือนมีการแข่งขัน เช่น ในการจัดการเรียนการสอนผู้วิจัยประสบปัญหาคือนักเรียนทำกิจกรรมค่อนข้างนานดังนั้นจึงมีบอร์ดที่เขียนตารางคะแนนให้นักเรียนโดยนักเรียนในกลุ่มที่เสร็จเร็วอันดับ หนึ่ง สอง สาม จะมีคะแนนกลุ่มให้ คะแนนกลุ่มสำหรับเก็บอุปกรณ์ และคะแนนกลุ่มสำหรับการตอบคำถาม เป็นต้น

ขั้นที่ 3 การอธิบาย (Explanation) มีแนวปฏิบัติดังนี้

การที่นักเรียนได้นำเสนอคำอธิบายหรือการลงข้อสรุปเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นนักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ว่าแม้ว่านักเรียนใช้การทดลองเหมือนกันใช้อุปกรณ์แบบเดียวกันอาจได้ข้อมูลที่ไม่เหมือนกันหรือแม้ข้อมูลเหมือนกันนักเรียนก็อาจสรุปและลงความเห็นได้ไม่เหมือนกันด้วย ยกตัวอย่างเช่น แผนการจัดกาเรียนรู้ที่ 9 เรื่องวงจรลัด ผู้วิจัยให้นักเรียนนำเสนอสมมติฐานและคำอธิบายว่าเหตุใดเมื่อฝอยเหล็กมาสัมผัสกันจึงทำให้หลอดไฟดับและเกิดไฟรุกไหม้บริเวณที่ฝอยเหล็กสัมผัสกันและจากข้อมูลที่นักเรียนนำเสนอทำให้นักเรียนเรียนรู้ว่าแม้ข้อมูล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เหมือนกันแต่อธิบายได้ต่างกันเนื่องจากประสบการณ์ ความรู้ ความเชื่อของแต่ละคนไม่เหมือนกันซึ่งครูผู้สอนสามารถเชื่อมโยงประเด็นนี้กับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้

ขั้นที่ 4 การขยายความรู้ (Elaboration) มีแนวปฏิบัติดังนี้

สำหรับเนื้อหาความรู้ที่เป็นแนวคิดเชิงนามธรรมหรือความรู้ที่นักเรียนไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาต้องใช้จินตนาการในการเรียนรู้ครูควรใช้สื่อที่มีส่วนช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพจากนามธรรมเป็นรูปธรรมได้ เช่น ในเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี การเกิดปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ไฟฟ้า การไหลของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในไดนาโมกระแสตรงและกระแสสลับ ครูผู้สอนควรใช้สื่อการสอนที่หลากหลายหรือเป็นภาพเคลื่อนไหว เช่น วีดีทัศน์ เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจในเนื้อหานั้นๆ ได้มากขึ้น

ขั้นที่ 5 การประเมินผล (Evaluation) มีแนวปฏิบัติดังนี้

1. การประเมินผลควรให้นักเรียนได้นำเสนอชิ้นงานที่หลากหลายใบงานหรือแบบฝึกหัดควรจัดทำในรูปของแผนผังแนวคิดหรือใช้วิธีการให้นักเรียนวาดภาพและบรรยายความเข้าใจจะทำให้นักเรียนสร้างแนวคิดที่ถูกต้องและเข้าใจได้มากยิ่งขึ้น เช่น การให้นักเรียนวาดภาพอะตอม วาดภาพการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเมื่อนำฉนวนสองชนิดมาถูกัน การวาดภาพวงจรไฟฟ้าในบ้าน เป็นต้น นอกจากนั้นยังทำให้ครูผู้สอนสารถตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนได้โดยแท้จริงเพราะผลงานต้องเกิดจากการกลั่นกรองกระบวนการคิดมาเรียบร้อยแล้ว

2. ในการให้นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้และใบงานเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนครูผู้สอนควรมีการตรวจอย่างละเอียดและให้ข้อมูลย้อนกลับคืนสู่นักเรียนให้ทันเวลาเพื่อให้นักเรียนเห็นคุณค่าและเข้าใจถึงจุดประสงค์ของการทำงานและนักเรียนสามารถตรวจสอบตนเองว่ามีความเข้าใจมากน้อยเพียงใดและมีส่วนใดบ้างที่เข้าใจคลาดเคลื่อนบ้าง นอกจากนั้นกลุ่มที่ศึกษาของผู้วิจัยเป็นเด็กนักเรียนผู้ชายมักไม่ชอบเขียน ครูจึงควรหาวิธีกระตุ้นให้นักเรียนเขียนให้มากขึ้น เช่น การให้คะแนนเก็บสะสม เป็นต้น

ตอนที่ 2 แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า มีแนวปฏิบัติดังนี้

1. ก่อนการจัดการเรียนการสอนครูควรศึกษาแนวคิดหรือกรอบแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้ดีเสียก่อน เพราะถ้าครูไม่เข้าใจในประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่จะทำการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จัดการเรียนรู้ก็จะทำให้ครูผู้สอนทำได้แค่เพียงสอนตามเนื้อหาวิชาจากหนังสือเรียนโดยขาดการบูรณาการหรือไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์เนื้อหาในบทเรียนกับประเด็นต่างๆของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าครูมีความเข้าใจแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ครูต้องสามารถเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แต่ละประเด็นได้สอดคล้องกัน เช่น ผู้วิจัยสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้จากการประวัติการค้นพบแบตเตอรี่ หรือการทำงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ไทยเกี่ยวกับพลังงานโดยยึดหลักปรัชญาเกี่ยวกับเศรษฐกิจพอเพียง เพื่อเชื่อมโยงกับประเด็นมิติทางสังคมและวัฒนธรรม เป็นต้น ดังนั้นครูจึงมีบทบาทที่สำคัญในการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับข้อสรุปของ ปริณดา ลิมปานนท์ (2547) และสสวท. (2546) ที่ได้สรุปบทบาทของครูไว้

2. ควรกำหนดจุดประสงค์ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้ชัดเจนในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ทั้งเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์และพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ควบคู่กัน อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยครั้งนี้พบว่าไม่ควรกำหนดประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มากจนเกินไปเพราะจะทำให้ครูและนักเรียนได้มีโอกาสอภิปรายและสะท้อนความคิดเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนั้นๆได้ไม่ลึกซึ้งเนื่องจากเวลาในการจัดการเรียนการสอนมีจำกัด นอกจากนั้นการเขียนโครงการสอนระยะยาวจะมีส่วนช่วยให้การกำหนดประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้นและช่วยในการเชื่อมโยงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้อย่างมีลำดับขั้นตอนทำให้การจัดการเรียนการสอนมีความต่อเนื่องสอดคล้องกันทำให้การสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

3. จัดกระบวนการเรียนการสอนที่มีการศึกษาประวัติค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถช่วยพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ในหลายประเด็นโดยเฉพาะถ้าใช้สื่อที่หลากหลาย เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ผู้วิจัยได้ใช้สื่อวีดีทัศน์เรื่องสุดยอดนักคิดพลิกโลก อาเลสซันโดร วอลตากับแบตเตอรี่ ให้นักเรียนได้ทำการศึกษาการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตที่ค้นพบกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีเป็นครั้งแรก ซึ่งเป็นการค้นพบจากการตรวจสอบซ้ำ (peer review) การทดลองของ ลุยจิ กัลวานี (Luigi Galvani) ทำให้นักเรียนทราบว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นเปลี่ยนแปลงได้ถ้ามีประจักษ์พยานและหลักฐานใหม่หรือในประเด็นอื่นๆเช่น วิทยาศาสตร์เป็นกิจการของมนุษย์ที่รวมกันเป็นประชาคมเป็นการตรวจสอบซึ่งกันและกัน เป็นต้น นอกจากนั้นการศึกษาประวัติความรู้ทางวิทยาศาสตร์ยังมีส่วนช่วยลบล้างความเชื่อที่ว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการที่ดีที่สุด (Scientism) และลักษณะการยึดความคิดของตนเป็นหลัก (Dogmatism) ซึ่งมักพบตำราเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปและการศึกษาประวัติความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนสามารถเห็นตัวอย่างชีวิตและยุคสมัยของนักวิทยาศาสตร์ ช่วยให้ธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของวิทยาศาสตร์มีความเป็นนามธรรมน้อยลงและน่าสนใจมากขึ้นขึ้น ประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ยังช่วยเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหัวข้อและสาขาวิชาต่างๆทางวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน รวมทั้งเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาอื่นๆในการเรียนประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นถึงการบูรณาการและความไม่เป็นอิสระต่อกันของความรู้ต่างๆที่มนุษย์ใช้ในการแก้ปัญหา (Mathews, 1994 อ้างใน ปริณดา ลิมปานนท์, 2547: 57)

4. การจัดกิจกรรมแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการที่ช่วยส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพราะนักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง (Gallucci, 2009: 50-54) ดังนั้นจึงควรจัดกิจกรรมให้หลากหลายทั้งกิจกรรมการทดลอง การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้มีส่วนให้นักเรียนได้เรียนรู้ถึงกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายรูปแบบแต่เป็นระบบ ดังนั้นครูผู้สอนจึงควรสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนได้รู้ว่ากระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนตายตัว ทั้งนี้จากงานวิจัยของผู้วิจัยที่ประเด็นนี้อยู่ในเกณฑ์ต่ำอาจเพราะยังไม่สามารถจัดกิจกรรมให้นักเรียนเห็นเชิงประจักษ์ว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้นมีกระบวนการย้อนกลับหรือทำซ้ำได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ผลของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งที่มีต่อแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า

การวิจัยครั้งนี้เพื่อทำการศึกษาการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้าโดยครอบคลุม 10 แนวคิดได้แก่ ไฟฟ้าสถิต เซลล์ไฟฟ้าเคมี กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ ชนิดของตัวนำและความต้านทาน กฎของโอห์ม วงจรอนุกรมและขนาน อุปกรณ์ไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้าในบ้าน วงจรลัดและฟิวส์ กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า โดยผู้วิจัยได้ทำการวัดโดยใช้แบบวัดแบบปรนัย 4 ตัวเลือก

ผลของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีค่าเฉลี่ยแบบวัดเท่ากับ 12.88 และภายหลังการเรียนมีคะแนนความเข้าใจแนวคิดเฉลี่ยสูงขึ้นโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ24.51 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้คือ 60% หรือ 24 คะแนน สำหรับคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ในภาพรวมพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ 34.88% จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง รองลงมาคือพัฒนาในระดับต้น (32.56%) ระดับสูงมาก (18.66%) และระดับสูง (13.95%) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในแต่ละแนวคิดพบว่านักเรียนพัฒนาแนวคิดเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีมากที่สุดโดยมีอัตราการเพิ่มขึ้น 2.08 เท่า รองลงมามี 2 แนวคิดที่มีอัตราการพัฒนาเท่ากันคือเรื่องกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโมกับเรื่องวงจรลัดและฟิวส์ซึ่งมีอัตราการพัฒนาเท่ากับ 2.05 เท่า และสุดท้ายคือเรื่องไฟฟ้าสถิตที่มีอัตราการพัฒนา 2.00 เท่า ส่วนแนวคิดที่มีอัตราการพัฒนาได้น้อยที่สุด 3 อันดับได้แก่ เรื่องชนิดของตัวนำและความต้านทานเพิ่มขึ้นในอัตรา 1.61 เท่า ถัดมาคืออุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านและเรื่องกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่มีอัตราการเพิ่มขึ้น 1.77 เท่าและ 1.88 เท่า ตามลำดับ

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งสามารถพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้า ทั้งแนวคิดเรื่องไฟฟ้าสถิต เซลล์ไฟฟ้าเคมี กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ ชนิดของตัวนำและความต้านทาน กฎของโอห์ม วงจรอนุกรมและขนาน อุปกรณ์ไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้าในบ้าน วงจรลัดและฟิวส์ กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางโดยนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง มีกิจกรรมที่สนับสนุนให้นักเรียนได้คิด มีการใช้คำถามเพื่อสร้างความสนใจให้กับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นักเรียน มีการใช้ภาษาง่ายๆ ท้าทาย ยั่วยุให้นักเรียนตอบ ได้ถามสิ่งที่สงสัย และค้นหาคำตอบในประเด็นที่สงสัย ได้คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูล เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปราย รวมทั้งสรุปและประเมินสิ่งที่เรียนรู้จะส่งผลให้นักเรียนเข้าใจความหมายสิ่งที่ตนเองได้ศึกษาและเรียนรู้มากยิ่งขึ้น ทั้งนี้การส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ทักษะหาความรู้ด้วยตนเองจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ได้มากที่สุด มากกว่านั้นยังมีการใช้สื่อ เช่น ภาพเคลื่อนไหวหรือสื่อวีดีทัศน์ในการจัดการเรียนการสอนช่วยให้นักเรียนได้เห็นภาพในสิ่งที่เป็นนามธรรมหรือองค์ความรู้ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ เช่น โครงสร้างของอะตอม ปฏิกิริยาเคมี และการไหลของกระแสไฟฟ้าในไดนาโมกระแสตรงและกระแสสลับส่งผลให้นักเรียนเข้าใจและพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ในสิ่งที่นักเรียนเรียนรู้มากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม หลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ในบางแนวคิดได้ค่อนข้างต่ำ เช่นเรื่อง ชนิดของตัวนำไฟฟ้าและความต้านทาน อุปกรณ์ไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้าในบ้าน กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า ทั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ว่าอาจเกิดจากการที่เนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้ามีมากทำให้เวลาในการจัดการเรียนการสอนไม่เพียงพอ นักเรียนขาดทักษะที่ดีในการต่อวงจรไฟฟ้าและแก้ปัญหาทำให้ใช้เวลาในการทำกิจกรรมมากเกินไปทำให้บางครั้งต้องมีการรวบรัดจึงไม่สามารถให้นักเรียนได้อภิปรายได้เต็มที่ นอกจากนั้นนักเรียนบางกลุ่มบางคนขาดความร่วมมือในการทำกิจกรรมหรือขาดการปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อทั้งกิจกรรมที่ทำและกับเพื่อนผู้ร่วมทำงาน โดยนักเรียนกลุ่มนี้มักไม่ลงมือปฏิบัติและใช้ข้อสรุปจากเพื่อนร่วมกลุ่มทำให้นักเรียนกลุ่มนี้ขาดกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสม

ผลของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามกรอบแนวคิดของ Lederman ***et al.*** **(2002)**

การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในกรอบแนวคิดของ Lederman *et al.* (2002) ได้แก่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ (Tentativeness) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนประจักษ์พยานหลักฐาน (Empirical basis) ความเป็นอัตนัย (Subjectivity) มิติทางด้านสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (Social/cultural Embeddedness) ทฤษฎีและกฎ (Theories and Laws) จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) การสังเกตและการลงความเห็น (Observation and inference) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific process) และคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ ผลของการวิจัยพบว่า

การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นทุกประเด็นโดยค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 12.33 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 18.83 โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 62.77% มากกว่า 60% ที่กำหนดไว้ในการศึกษาครั้งนี้ เมื่อพิจารณาคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์พบว่านักเรียนส่วนใหญ่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

44.18% มีระดับการพัฒนาในเกณฑ์ปานกลาง ส่วนในแต่ละประเด็นพบว่าประเด็นที่สามารถพัฒนาได้มากที่สุดคือการตั้งอยู่บนประจักษ์พยานและหลักฐาน รองลงมาคือความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้และประเด็นความคิดสร้างสรรค์โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.14, 2.07 และ 2.05 ตามลำดับ

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะ 5 ขั้นตอนได้บูรณาการเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้เรื่องพลังงานไฟฟ้าและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน มีการหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับเนื้อหาเรื่องพลังงานไฟฟ้าให้นักเรียนได้เรียนรู้และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านการตอบคำถาม การอภิปรายการแสดงความคิดเห็น กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ ลงมือทำการทดลอง สำรวจหาข้อมูล ในทุกขั้นตอนการปฏิบัตินักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์ ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนได้รวบรวมข้อมูลผ่านทักษะการสังเกตทั้งโดยตรงและโดยอ้อม เช่น จากเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า มีการแปลความหมายของมูลจากหลักฐานที่มีอยู่เพื่อสร้างคำอธิบาย นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนร่วมชั้นและครูทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน รวมทั้งเข้าใจขั้นตอนกระบวนการที่ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนั้นนักเรียนยังได้ศึกษาประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนทราบว่าประชาคมวิทยาศาสตร์มีการตรวจสอบความรู้ซึ่งกันและกัน (peer review) และความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ถ้ามีการค้นพบหลักฐานหรือประจักษ์พยานใหม่หรือการที่นักวิทยาศาสตร์ตีความจากหลักฐานนั้นในมุมมองที่แตกต่างออกไป ซึ่งการอภิปรายและเชื่อมโยงประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับเนื้อหาวิชาเหล่านี้มีผลให้นักเรียนเรียนรู้และพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ในทุกประเด็น

ส่วนบางประเด็นที่มีการพัฒนาค่อนข้างน้อยได้แก่ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์(คำถามข้อที่ 2) การสังเกตและการลงความเห็นข้อมูล (ข้อที่ 7) และประเด็นมิติทางด้านสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ตามลำดับ โดยที่ประเด็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นักเรียนพัฒนาได้น้อยทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอยู่แล้วจากหนังสือเรียนที่มีลำดับการทำการทดลองแน่นอนตายตัวและมี 5 ขั้นตอน ดังนั้นการปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำการทดลองหรือกิจกรรมของครู เช่น การนำรูปแบบของการทำนาย-การสังเกต-การอธิบาย(Prediction –observation - explanation) มาใช้หรือใช้กิจกรรมอื่นๆที่หลากหลายจะมีส่วนให้นักเรียนได้ปรับเปลี่ยนมุมมองต่อกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนประเด็นการสังเกตและการลงความเห็นข้อมูลนักเรียนอาจมีความรู้เกี่ยวกับคำว่า “สปีชีส์” ไม่เพียงพอทำให้ไม่สามารถประยุกต์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับคำถามในประเด็นนี้ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุดท้ายประเด็นมิติทางด้านสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์นักเรียนอาจสับสนระหว่างบทบาทของมิติทางสังคมและวัฒนธรรมกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีความชื่อที่ว่าวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานสามารถตรวจสอบได้ทำซ้ำได้และวิทยาศาสตร์มีความเป็นสากลที่ไม่ขึ้นกับความเชื่อและค่านิยมใดๆของสังคม ดังนั้นครูผู้สอนควรให้นักเรียนได้อภิปรายในประเด็นเหล่านี้ให้มากขึ้นและยกตัวอย่างที่มีความหลากหลายและตรงประเด็นมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งจะสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น ในอีกด้านหนึ่งผู้วิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มหนึ่งไม่สามารถพัฒนาจึงถูกจัดอยู่ในกลุ่มมีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเกิดจากนักเรียนไม่ให้ความสำคัญการการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งรู้สึกเหมือนเป็นการเพิ่มภาระงานให้กับตัวนักเรียนเองสังเกตได้จากว่านักเรียนไม่ค่อยเขียนแสดงความคิดเห็นหรือสะท้อนความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากนัก ผู้วิจัยจึงต้องชี้แจงถึงความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนในระหว่างจัดการเรียนกรสอนให้นักเรียนเข้าใจถึงความสำคัญมากขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่าการอภิปรายประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละแผนใช้เวลาได้ไม่มากนักเนื่องจากนักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมการทดลองค่อนข้างนานเนื่องจากนักเรียนขาดประสบการณ์ในการต่อวงจรไฟฟ้าทำให้ผู้วิจัยต้องใช้เวลาในการช่วยเหลือดูแลค่อนข้างมากการอภิปรายจึงถูกลดทอนลงเพราะถูกจำกัดด้วยเวลา อีกทั้งในแต่ละแผนยังมีประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องทำการบ่งชี้ค่อนข้างมากโดยมีประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและไม่ได้ทำการศึกษาแต่เสริมเพิ่มเติมให้นักเรียนได้เรียนรู้ซึ่งใน 1 แผน ผู้วิจัยต้องเชื่อมโยงและบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 3-4 ประเด็น จึงอาจมีผลต่อการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทำให้นักเรียนหลายคนไม่สามารถปรับเปลี่ยนมุมมองหรือมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นได้มากนัก

การนำไปใช้และการปฏิบัติการสอนที่ดีในการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งที่ช่วยในการพัฒนาแนวคิดและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งในหน่วยการเรียนรู้เรื่องพลังงานไฟฟ้าเพื่อพัฒนาทั้งแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง พลังงานไฟฟ้าและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่าแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนการสอนแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน/(5ES)

1. ขั้นสร้างความสนใจควรจัดสื่อการสอนหรือกิจกรรมที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจหรือท้าทายสติปัญญาเพื่อให้นักได้คิดหรือเกิดคำถาม คำถามที่ใช้ต้องเป็นคำถามที่กระตุ้นความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อยากรู้และต้องใช้คำถามที่เชื่อมโยงไปยังกิจกรรมในขั้นสำรวจอย่างเหมาะสมและต้องมีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนทุกครั้งเพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เก่ากับความรู้ใหม่

2. ขั้นสำรวจและค้นหาซึ่งนักเรียนต้องลงมือปฏิบัติด้วยตนเองครูควรออกแบบการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลายเพื่อให้นักเรียนเกิดความท้าทายและสนใจในการเรียนรู้ นอกจากนั้นครูผู้สอนควรคาดการณ์ถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นเพื่อเตรียมความพร้อมอธิบายให้นักเรียนรับทราบรวมทั้งวิธีแก้ไขเพื่อให้นักเรียนแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองโดยในแต่ละกลุ่มควรมีทั้งเด็กเก่ง ปานกลางและเด็กอ่อนเพื่อช่วยเหลือซึ่งกันและกันครูสามารถเสริมแรงด้วยการใช้คะแนนหรือรางวัลเพื่อให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมได้เร็วยิ่งขึ้น

3. ในขั้นอธิบายครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอข้อมูล ข้อสรุปและการลงความคิดเห็นของนักเรียนต่อนักเรียนทุกกลุ่มหรือมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน

4. ขั้นขยายความรู้ที่ครูผู้สอนต้องอธิบายเนื้อหาเพิ่มเติมให้กับนักเรียนในกรณีที่เป็นเนื้อหาเชิงนามธรรมไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาครูควรใช้สื่อที่หลาหลายเป็นภาพเคลื่อนไหวหรือวีดีทัศน์เพื่อให้นักเรียนเข้าใจง่ายขึ้น

5. ขั้นลงข้อสรุปและประเมินผลครูผู้สอนควรให้นักเรียนทำใบงานที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจง่ายขึ้นเช่น การวาดภาพประกอบการบรรยาย มากกว่านั้นครูควรตรวจใบงานและอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างละเอียดและให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้นักเรียนสามารถตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง

แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า มีแนวปฏิบัติดังนี้

1. ก่อนการจัดการเรียนการสอนครูควรศึกษาแนวคิดหรือกรอบแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้ดีเสียก่อนเพราะถ้าครูไม่เข้าใจกรอบแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก็จะไม่สามารถเชื่อมโยงประเด็นต่างๆของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับเนื้อหาวิชาได้

2. กำหนดจุดประสงค์ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้ชัดเจนในการจัดการเรียนการสอนโดยบูรณาการเข้ากับเนื้อหาวิชาซึ่งจากงานวิจัยพบว่าไม่ควรกำหนดประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละแผนมากเกินไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ควรจัดกระบวนการเรียนการสอนที่มีการศึกษาประวัติค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพราะสามารถช่วยพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ในหลายประเด็นทั้งนี้เพราะการศึกษาประวัติค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำให้เห็นกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์

4. ควรจัดกิจกรรมให้หลากหลายทั้งกิจกรรมการทดลอง การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล เพราะกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะมีส่วนส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1. ทั้งนี้ในการจัดการเรียนรู้สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งในหน่วยการเรียนรู้เรื่องพลังงานไฟฟ้าสามารถพัฒนาความเข้าใจทั้งแนวคิดวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น ดังนั้นครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในทุกระดับชั้นควรให้ความสำคัญกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยในการจัดการเรียนการสอนในทุกบทเรียนควรมีการบูรณาการการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาโดยมีการกำหนดผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง การกำหนดจุดประสงค์และออกแบบกิจกรรมให้สอดคล้องเพื่อเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมรวมทั้งมีการวัดผลและประเมินผลอย่างชัดเจนทั้งในด้านแนวคิดวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2. การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนในหน่วยการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าควรต้องมีการตรวจสอบความรู้เดิมให้กับนักเรียนเพื่อทำให้ครูทราบว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอย่างไรทำให้ครูสามารถออกแบบกิจกรรมเพื่อแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนนั้นได้ นอกจากนั้นกาจจัดกิจกรรมควรมีความหลากหลายที่นักเรียนได้มีการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง การปฏิบัติทดลอง การสำรวจตรวจสอบรวบรวมข้อมูล การสร้างแบบจำลอง การจำลองสถานการณ์ ให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านประสบการณ์จริงทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้และความเข้าใจได้อย่างยั่งยืนยาวนาน

3. เนื่องจากการทดลองเรื่องไฟฟ้าเป็นกิจกรรมที่ค่อนข้างใช้เวลาเนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ขาดทักษะในการต่อวงจรไฟฟ้าและการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น การใช้แอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์ ดังนั้นครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมภาคปฏิบัติให้นักเรียนได้ต่อวงจรไฟฟ้าและเครื่องมือต่างๆอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้นักเรียนเกิดความชำนาญและใช้อุปกรณ์ต่างๆได้อย่างเหมาะสม ในอีกทาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หนึ่งก่อนการปฏิบัติกิจกรรมครูควรเสนอแนะแนวทางหรือบอกปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับนักเรียนเพื่อนักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง

4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บางแนวคิดย่อยเช่นแนวคิดเรื่องกฎของโอห์มที่มีการทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์จากกราฟโดยมีการเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นกฎและทฤษฎี ซึ่งถ้ากิจกรรมนี้สามารถถูกนำไปใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งมีหน่วยการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าในวิชาฟิสิกส์จะสามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นนี้มากขึ้นทั้งนี้เป็นเพราะ (1) ความรู้พื้นฐานด้านคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์กราฟและความเข้าใจเกี่ยวกับกราฟเส้นตรงนักเรียนมีมากขึ้น (2) นักเรียนมีประสบการณ์ในการเรียนเกี่ยวกับกฎและทฤษฎีต่างๆทางวิทยาศาสตร์มาบ้างแล้วเช่นกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและทฤษฎีอะตอมที่นักเรียนได้มีโอกาสเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังนั้นการบ่งชี้เกี่ยวกับกฎของโอห์มและทฤษฎีอิเล็กตรอนที่ใช้อธิบายกฎของโอห์มจะง่ายต่อนักเรียนในการทำความเข้าใจและเชื่อมโยงความแตกต่างระหว่างองค์ความรู้ทั้งสอง นอกจากนั้นครูผู้สอนยังสามารถยกตัวอย่างทฤษฎีอะตอมและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันเพื่ออธิบายว่าทั้งกฎและทฤษฎีสามารถเปลี่ยนแปลงได้และเปลี่ยนได้อย่างไรได้อีกด้วย

5. ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนครูควรวิเคราะห์แนวคิดที่จะสอนว่านักเรียนมีความจำเป็นที่จะต้องมีความรู้พื้นฐานก่อนเรียนในแนวคิดนั้นๆอะไรบ้าง เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องกฎของโอห์มที่นักเรียนต้องมีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับกราฟและความชันของกราฟดังนั้นในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ต้องคำนึงถึงพื้นฐานความรู้ที่นักเรียนต้องมีด้วย

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. เนื่องจากความรู้พื้นฐานด้านคณิตศาสตร์เป็นปัจจัยที่สำคัญในการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาทางด้านฟิสิกส์ เช่น ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องพลังงานไฟฟ้า มีสูตรทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนต้องสามารถประยุกต์และนำไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สูตรของโอห์ม สูตรความต้านทาน เป็นต้น ดังนั้นในงานวิจัยครั้งต่อไปควรหากระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์และทักษะทางด้านการคำนวณไปพร้อมกันด้วย

2. ควรมีการสำรวจและหาสาเหตุแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในหน่วยการเรียนรู้เรื่องพลังงานไฟฟ้าของนักเรียนโดยการสัมภาษณ์เชิงลึกซึ่งงานวิจัยของไทยมีไม่ค่อยมากนักเพื่อเป็นข้อมูลในการคิดกิจกรรมและการจัดการเรียนรู้เพื่อแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ควรศึกษาว่านักเรียนที่มีผลการเรียนที่แตกต่างกัน (เด็กเก่ง ปานกลาง อ่อน) จะมีการพัฒนาการด้านแนวคิดวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แตกต่างกันหรือไม่ถ้าแตกต่างกันจะต่างกันอย่างไร ทั้งนี้เป็นเพราะการศึกษาในครั้งนี้พบว่านักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในระดับต่างๆ กัน

4. แม้ว่านักเรียนได้แสดงความคิดเห็นผ่านอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ว่านักเรียนรู้สึกสนุกและชอบที่ได้ทำการทดลองและได้ลงมือปฏิบัติในทุกๆเรื่องของการจัดการเรียนรู้แต่ควรมีการศึกษาอย่างจริงจังว่าการสอนที่มีการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งกับเนื้อหาวิชามีผลต่อเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หรือไม่หรือมีความรู้สึกต่อกิจกรรมที่เรียนรู้อย่างไร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กาญจนา มหาลี. 2553. **การพัฒนาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการสอนสอนแบบชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิด**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กิดานันท์ มลิทอง. 2540. **เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม.** กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

ไกรรักษ์ ชิติรัตน์. 2537. **มโนภาพที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดสระแก้ว.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาลัยเกษตรศาสตร์.

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์. 2553. “แนวคิดคลาดเคลื่อนของครูวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์” **วารสารวิทยาลัยการฝึกหัดครู.** 2(1): 10-20.

ขวัญฤทัย เที่ยงจันทราทิพย์. 2553. **การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบต่อมไร้ท่อและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาลัยเกษตรศาสตร์.

จารุณี วัยเจริญ. 2545. **ผลการเรียนโดยใช้บันทึกการเรียนรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อการเขียนบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิตติมา ดมหอม. 2553. ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต่อการพัฒนาแนวคิดและเจตคติต่อการเรียน เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาลัยเกษตรศาสตร์.

จำนง พรายแย้มแข. 2529. **เทคนิคการกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตเพื่อให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2552. วิธีหาแนวคิดของผู้เรียน เครื่องมือสำหรับครูวิทยาศาสตร์ในยุคปฏิรูปการศึกษา” **วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ มหาวิทยาลักเกษตรศาสตร์** 24(2): 1-10.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่นจิต แสนสุด. 2553. **การพัฒนาแนวคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนการสอนพันธุกรรมของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชื่นจิต แสนสุด. 2553. **การพัฒนาแนวคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนการสอนพันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไตรรัตน์ รัตนเดช. 2551. **การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทิศนา แขมมณี. 2553. **ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 13. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทัศนา ฉันทนาภิธาน. 2540. การศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่องโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการ เรียนวิทยาศาสตร์ กลุ่มโรงเรียนมัธยมศึกษาส่วนกลาง กลุ่ม 7. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิอร ไชยพรพัฒนา. 2549. **การเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์: การศึกษาแบบมอนติคาร์โล.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นุชนาท สิงหา, วิภารัตน์ เชื้อชวดชัยสิทธิ์ และ วารีรัตน์ แก้วอุไร. 2555. **ผลการใช้สืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการจัดแผนผังแนวคิด เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.** การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9: 1539-1546.

บรรจง สิทธิ. 2537. **ผลการใช้เทคนิคการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในวิชาชีววิทยา.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริณดา ลิมปานนท์. 2547. **การศึกษาการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรการสอนและเทคโนโลยีการศึกษา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประไพ การชัญกาศ. 2542. **การศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของครูชีววิทยาและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเขตการศึกษา 11.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาและการสอน (มัธยมศึกษา), มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ปราณี รามสูตร. 2528. **จิตวิทยาการศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์เจริญกิจ.

ผดุงยศ ดวงมาลา. 2523. **การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา.** สงขลา: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ. 2554. **ความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากการสังเคราะห์งานวิจัยโดย University of California Berkeley: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.** ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (อัดสำเนา)

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. 2550. วิธีการสอนแบบสืบเสาะและวิธีสอนแบบโครงงาน: ความเหมือนที่แตกต่าง**. วารสารหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยขอนแก่น** 1(7): 14-26.

ภพ เลาหไพบูลย์. 2540. **แนวการสอนวิทยาศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

มังกร ทองสุขดี. 2535. **การสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษา.** กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ราชกิจจานุเบกษา. 2550. เล่มที่ 124 ตอนที่ 47ก.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2542. **พจนานุกรมฉบับราชณฑิตยสถาน.** (0nline) http:// rirs3.royin.go.th/dictionary.asp, 10 มีนาคม 2554.

รุ่งทิวา จักร์กร. 2527. **วิธีการสอนทั่วไป. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน**, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา สุทธกูล. 2555. “การสำรวจและพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4.” **Princess of Naradhiwas University Journal** 11(8): 73-90.

วรรณดี จันทรวงศ์. 2547. **การใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักติวิซึม ที่มีต่อแนวคิดเรื่องสารประกอบไฮโดรคาร์บอนของนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยคริสเตียน.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. 2540. **Constructivism**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2532 “งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาในช่วง 14 ปีที่ผ่านมา(2519-2532)” **วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์** 6(11): 91-180.

วาสนา วินิจกุล. 2546. **การใช้วัฏจักรการเรียนรู้สำหรับการสอนฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย**วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิชัย วงษ์ใหญ่. 2532. “การเรียนการสอนความคิดรวบยอดและหลักการ.” **วารสารวิจัยทางการศึกษา** 3(7): 18-32.

_____. 2542. **พลังการเรียนรู้ในกระบวนทัศน์ใหม่.** กรุงเทพมหานคร: เอส อาร์ พริ้นติ้ง.

วีระพงศ์ ขำเหม. 2544. **โครงสร้างความรู้และการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ ชีวภาพ เรื่อง “ไฟฟ้าและเครื่องอำนวยความสะดวก” โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนแกลง “วิทยสถาวร” จังหวัดระยอง**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริลักษณ์ อ่างเงิน. 2548. **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการตัดสินใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นวงจรการเรียนรู้กับการสอนตามคู่มือครู.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2545. **มาตรฐานครูวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คอมแพคท์พริ๊น จำกัด.

_____. 2546. **การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.** กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. 2551. **วิทยาศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน** กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2551. **คู่มือครู แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์วัฒนพาณิช.

_____. 2544. **คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพมหานคร:องค์การค้าของคุรุสภา.

สมบัติ การจนารักพงศ์. 2549. **เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ที่เน้นพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง: กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: ธารอักษร.

สมโภชน์ อเนกสุข. 2553. **วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 4. ภาควิชาวิจัยและวัดผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบรูพา.

สราวุฒิ บุญยืน. 2542. **การศึกษารูปแบบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยวงจรการเรียนรู้เรื่องเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2544. **รายงานการวิจัยเพื่อพัฒนานโยบายการปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาไทย.** กรุงเทพมหานคร: สิ่งพิมพ์ สกศ.

สิรินภา กิจเกื้อกูล, นฤมล ยุตาคม และ อรุณี อิงคากุล. 2548. “ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.” **วิทยาสารเกษตรศาสตร์(สังคม)**. 26:133-145.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุจินต์ วิศวธีรานนท์. 2538. **ระเบียบการเรียนการสอน**. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

สุทธิดา จำรัส และ นฤมล ยุตาคม. 2551. “ความเข้าใจและการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในเรื่องโครงสร้างอะตอมของครูผู้สอนวิชาเคมี.” **วารสารเกษตรศาสตร์(สังคม)** 29: 228-239.

_____ และ พรทิพย์ ไชยโส. 2552. “ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.” **วารสารวิจัย มข.** 14(4): 360-374.

สุธาวัลย์ มีศรี. 2550. “ผลของโปรแกรมฝึกอบรมครูวิทยาศาสตร์เพื่อเสริมสร้างความรู้ด้านการสอนเรื่องธรรมชาติของวิทยาศาสตร์”. **วารสารวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มศว.** 2(1): 101-110.

สุพจน์ โคตรโสภา. 2551. **ผลการใช้การเรียนแบบร่วมมือแบบเกมการแข่งขันเป็นทีมร่วมกับวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.** วิทยานิพนธ์ศึกษาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

สุภางค์ จันทวานิจ. 2553. **วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 18. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรยศ ทรัพย์ประกอบ. 2553. **ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์หลักสูตรการผลิตครู 5 ปี**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรางค์ โค้วตระกูล. 2550. **จิตวิทยาการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิมล ว่องวาณิช. 2553. การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อวยพร เรืองตระกูล. 2544. **การพัฒนาและวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Abd-El-Khalick, F. 2002. "Rutherford's enlarged: A content-embedded activity to teach about nature of science." **Physics Education** 37(1): 64-68.

_____ and, N.G. Lederman. 2001. The Influence of History of Science Course on students' view of Nature of science. **Journal of research in science teaching.** 37(10): 1057-1095.

_____. R.L. Bell and N.G. Lederman. 1997. The Nature of science and instructional Practice: Making the Unnatural Natural. **Science Education**. 82: 417-434.

Akerson, V. L., F. Abd-El-Khalick and N. G. Lederman. 2000. "Influence of reflective explicit activity – based on element teachers' conceptions of nature of Science". **Journal Research in Science Teaching**. 37(4): 295-371.

American Association for the advancement of Science. 1990. **Science For All Americans.** Available Source: http://www. Project2061.org/publications/ sfaa/online/sfaatoc.htm, July 3, 2008.

Atwood, R. K. and V. A. Atwood. 1996. "Preservice Elementary teachers' Conceptions of Causes of Seasons." **Journal of Research in Science Teaching** 33 (May 1996): 553-563.

Beaty, W.J. 1995. Misconceptions spread by K-6 textbooks: "Electricity" (Online). http://amasci.com/miscon/elect.himl. May 16, 2005.

Bell, R.L.,L. M. Blair, B. A. Crawford, and N.G. Lederman. 2003. "Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' and scientific inquiry." **Journal of Research in Science Teaching** 40(5): 487-509.

Brigit, V. M. and E. L. Anton. 1999. "Effect of learning Cycle and Traditional Text on Comprehension of Science Concepts by Students at Differing Reasoning Levels" **Journal of Research in Science Teaching** 36: 23-37.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Cobern, W.W. 2000. The Nature of Science and the Role of Knowledge and Belief. **Science and Education**, 9(3): 219-246.

Chambers. D.W. 1983. Stereotypic images of scientist: The Draw- A-Scientist Test. **Science Education**. 67(2): 255-265.

Crowther, D. T., N. G. Lederman and J. S. Lederman. 2005. "Understanding the true meaning of nature of science" **Science and Children** 43(2): 50-52.

Dass, P. M. 2005. "Understanding the nature of science enterprise (NOSE) through a discourse with its history: the influence of an understanding 'History of sciences' course." **International Journal of Science and Mathematics Education** 3: 87-115.

De-Cecco, J. W. 1968. **The Psychology of learning and Instruction Education Psychology.** Englewood cliffs, New jersey : Practice-Hall, Inc.

Dewey, J. 1916. **Democracy and Education: an Introduction to the Philosophy of Education**. New York: Macmillan.

Driver, R., E. Guesne, and A. Tiberghien. 1985. **Children' Ideas and the Learning of Science.** Milton Keynes, England: Open University Press.

Fieldman, R. S. 1987. **Understanding Psychology.** New York: McGraw-Hill Inc.

Flick, L. B. and N. G. Lederman. 2006. **Scientific Inquiry and Nature of Science.** Netherlands: Springer.

Gallucci, K. 2009. "Learning About the Nature of Science With Case Studies." **Journal of College Science Teaching**. 38(5) : 50-54.

Garnett, P.J, and M. W. Hackling. 1995. "Students' Alternative Conceptions in Chemistry: A review of Research and Implication for Teaching and Learning" **Studies Science Education** 25 (2): 69-95.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Griffiths, A. K. and K. R. Preston. 1992. “Grade-12 Students’ misconceptions Relating to Fundamental Characteristics of Atom and Molecules.” **Journal of Research in Science Teaching** 27(11): 611-628.

Gussarsky, E., and M. Gorodetsky. 1990. “On the concept “Chemical Equilibrium”: The Associative Framework.” **Journal of Research in Science Teaching** 27 (3): 197-204.

Ho-Wisniewski, E. 2008. **Pre-Post VNOS Results.** Technical memorandum imsa office Research and evolution. Illinois Mathematics and Science Academic. (Online). https://www3.imsa.edu/system /files/ VNOS+summary+112508.Pdf. March 10, 2011.

Hüseyin KÜÇÜKÖZER* and Sabri KOCAKÜLAH*. 2007. “Secondary School Students’ Misconceptions about Simple Electric circuit.” **Journal of TURKISH SCIENCE EDUCATION.** 4(1): 101-115.

Kanjanawasee, S. 1989. **Alternative Strategies for Policy Analysis: An Assessment of School Effects on Students’ Cognitive and Affective Mathematics Outcomes in Lower Secondary Schools in Thailand.** Doctoral Dissertation. Los Angeles: University of California.

Kavin, D. Finson , John B. Beaver and Bonnie I. Cramond.1995. Development and Field Test of a checklist for the Draw- A-Scientist Test. **School Science and Mathematics.** 95(4) :195-204.

Khishfe, R. 2008. “The Development of Seventh Grader’s Views of Nature of Science” **Journal of Research in science teaching** 45(4): 470-496.

_____ and F. Abd-EI-Khalick. 2002. “Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry –oriented instruction on sixth graders’ view of nature of science” **Journal of research in Science Teaching** 39(7):551-578.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Khishfe, R and N. Lederman. 2006. "Teaching Nature of Science within a Controversial Topic: Integrated versus Nonintegrated". **Journal of research in Science Teaching.** 43: 396-418.

Lawson A. E. 1988. "The Acquisition of Biological Knowledge During Childhood: Cognitive Conflict or Tubula Rasa?" **Journal of research in Science Teaching.** 25(3): 185-199.

_____. 2000. A learning cycle approach to introducing osmosis. **The American Biology Teacher.** 58(1): 38-42.

Lederman, N.G. 1992. "Student and teachers' conception about the nature of science: A view of research." **Journal of research in Science Teaching.** 29(4): 331-353.

Lederman, N.G. and R.S Schwartz. 2001. Pre-service Teachers' Understanding and Teaching of Nature of Science" **An Intervention Study. Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**. 1(2): 35-60.

Lederman, N. G., F. Abd-El-Khalick, R. L. Bell and R. S. Schwartz. 2002. "View of nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learner's Conceptions of Nature of Ccience" **Journal of Research in Science Teaching**. 39(3): 497-521.

_____ and M. O'Malley. 1990. "Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change" **Science Education** 74(2): 225-239.

Liangkrilas, J. 2009. **Development of Level 4 Biology Students' Understanding of the Nature of Science in the Context of the Unit on Respiration: Explicit and Reflective Inquiry-based Approach**. Doctor of Philosophy (Science Education), Science Education Kasetsart University.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lillian C. McDermott and Peter S. Shaffer. 1992. “Research as a guide for curriculum Development: An example from introductory electricity Part I: Investigation of student understanding.” **American Association Physics Teachers**: 994-1003

Lisa, R. L. 1998. The Conceptual Development of Sixth Grades within Learning Cycle Model Instruction.” **Journal of Research in Science Teaching** 28(5): 171-192.

Lonsbury, J. G. and J. D. Ellis.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): 111.

McComas, W., M. 1996. “Ten myths of science: Reexamining what we think we know.” **School Science & Mathematics** 96: 1-14.

McComas, W. F., M. P. Clough, and H. Almazroa. 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 Rationales and Strategies**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 3-39.

Moss, M. D., E. Abrams and J. Robb. 2001. “Examining students conceptions of nature of Science.” **International Journal of Science Education** 23(8): 771-790.

Murcia, K. and R. Schibeci. 1999. Primary students teachers’ conceptions of the nature of science.” **International Journal of Science Education** 21(11): 1123-1140.

National Research Council. 1996. “**National Science Educational Standard**” Washington, DC: Academic Press.

_____. 2008. **National Science Education Standards** (online).htp://www.nap.edu /reading room/books/nses/., June 3, 2010.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Osborne, R. and P. Freyberg. 1985. “Learning in Science.” The Implications of Children’s Science. Hong Kong: Heinemann.

Pinar, D. A. and C. Tekkya. 2008. Promoting Students’ Learning in Genetic with the Learning cycle.” **Journal of Experiment Education** 76(3): 256 -280.

Rotbain, Y.,G. Marbach-Ad, and R. Stavy. 2007. Using a computer Animation to Teach High School Molecular Biology.” **Journal of Science Education and Technology** 15(2): 192-202.

Schwartz, R. S., N.G. Lederman and B. A. Crawford. 2004. “Developing views of nature of science in an authentic context: an explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry” **Science Teacher Education** 88(4): 610-645.

Shipstone, D. M., C.V. Rhöneck, C. Kärrqvist, J. Dupin S. Johsua and P. Licht. 1988. “A Study of student’ understanding of Electricity in Five European Cuntries. International” **Journal of Science Education** 10(3): 303-316.

Yip, D.Y. 2006. “Using history to promote understanding of nature of science in science teachers.” **Teaching Education** 17(2): 157-166.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ผศ.ดร. ชาตรี ฝ่ายคำตา	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ดร.เอกรัตน์ ศรีตัญญู	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. ดร.เอกภูมิ จันทรขันตี	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. ผศ.สมศักดิ์ เตชะโกสิต	อาจารย์กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ประจำโรงเรียนสาธิตแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา
5. อาจารย์เบญจพร สาภักดี	อาจารย์กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ประจำโรงเรียนสาธิตแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา
6. อาจารย์เทวัญ ดีจรัส	อาจารย์กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์โรงเรียนสตรีสมุทรปราการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

ตารางวิเคราะห์แบบวัดแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 แสดงการวิเคราะห์แบบวัดแนวคิด ดัชนีความยาก –ง่ายและค่าอำนาจจำแนก

ข้อที่	*p*	r	ข้อที่	*p*	r
1	0.57	0.26	21	0.51	0.74
2	0.74	0.44	22	0.63	0.52
3	0.59	0.59	23	0.35	0.33
4	0.67	0.44	24	0.39	0.33
5	0.67	0.52	25	0.69	0.48
6	0.31	0.33	26	0.61	0.63
7	0.52	0.63	27	0.70	0.51
8	0.51	0.59	28	0.40	0.63
9	0.63	0.67	29	0.61	0.33
10	0.63	0.52	30	0.43	0.48
11	0.48	0.52	31	0.41	0.52
12	0.41	0.54	32	0.50	0.48
13	0.41	0.54	33	0.46	0.26
14	0.37	0.74	34	0.48	0.44
15	0.59	0.52	35	0.50	0.33
16	0.59	0.44	36	0.52	0.67
17	0.63	0.59	37	0.74	0.44
18	0.46	0.48	38	0.67	0.44
19	0.52	0.37	39	0.41	0.44
20	0.80	0.41	40	0.48	0.30
$\overline{X}$ = 22.169 KR-20 = 0.829 σ=16.909					

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

แบบวัดแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบวัดแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3[1]

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดแนวคิดชุดนี้ เป็นรูปแบบปรนัย จำนวน 40 ข้อประกอบด้วยแนวคิด เรื่องดังนี้

1) ไฟฟ้าสถิต	2 ข้อ
2) เซลล์ไฟฟ้าเคมี	3 ข้อ
3) กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม	2 ข้อ
4) กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์	4 ข้อ
5) ชนิดของตัวนำและความต้านทานไฟฟ้า	4 ข้อ
6) กฎของโอห์ม	5 ข้อ
7) วงจรอนุกรมและขนาน	7 ข้อ
8) อุปกรณ์และการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน	5 ข้อ
9) วงจรลัดและฟิวส์	5 ข้อ
10) กำลังไฟฟ้าและการคิดค่าไฟ	3 ข้อ

2. คำตอบของนักเรียนไม่มีผลต่อคะแนนในชั้นเรียน แต่จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง พลังงานไฟฟ้า

3. แบบวัดนี้ ให้เวลาในการตอบ 1 ชั่วโมง

---

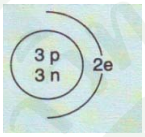
[1]เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ให้ใช้เพื่อประโยชน์ทางการศึกษา หากต้องการใช้ในการวิจัย ให้ขออนุญาตผู้วิจัยเป็นลายลักษณ์ และอ้างอิงในแผนการจัดการเรียนรู้ (ภาคผนวก ช)และแผนการสอนระยะยาว (ภาคผนวก ฉ) ด้วย

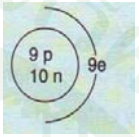
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

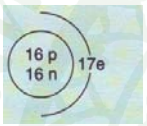
ชื่อ.....นามสกุล

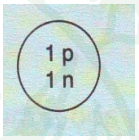
แบบวัดแนวคิดเรื่อง พลังงานไฟฟ้า

1). จากภาพอะตอมภาพใดที่แสดงสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า(เมื่อ p คือโปรตอน , n คือ นิวตรอน และ e คืออิเล็กตรอน)

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

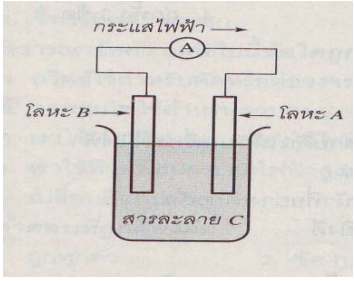
2) นำแผ่นพลาสติก A ถูกับเศษผ้าแล้วแขวนให้อยู่นิ่ง จากนั้นนำแผ่นพลาสติกชนิดเดียวกันถูกับเศษผ้าแล้วนำมาจ่อใกล้แผ่นพลาสติก A ที่แขวนไว้ อยากทราบว่าจะเกิดอะไรขึ้นกับแท่งพลาสติก A สอง

ก. แผ่นพลาสติกทั้งสองดูดกัน
ข. แผ่นพลาสติกทั้งสองผลักกัน
ค. แผ่นพลาสติกทั้งสองดูดกันแล้วจึงผลักให้ห่างจากกัน
ง. ไม่เกิดอะไรขึ้นกับแผ่นพลาสติกทั้งสอง

3) การทำงานของแบตเตอรี่เป็นการเปลี่ยนรูปพลังงานอย่างไร

ก. พลังงานเคมีเปลี่ยนเป็นพลังงานกล
ข. พลังงานกลเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า
ค. พลังงานเคมีเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า
ง. พลังงานศักย์เปลี่ยนเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า

4) จากรูป ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลจากโลหะ B ผ่านแอมมิเตอร์ ไปโลหะA ข้อใด**ไม่ถูกต้อง**



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก. A แตกตัวเป็นไอออนได้มากกว่า B

ข. กระแสอิเล็กตรอนไหลจาก A ไป B

ค. สารละลาย C แตกตัวให้ไอออนได้

ง. B เป็นขั้วบวกเพราะมีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า

5) จากข้อที่ 4) จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรเมื่อ

A ใช้ขั้วไฟฟ้าเป็นโลหะ B ทั้งคู่

B นำขั้วไฟฟ้า A และ B ที่จุ่มในสารละลาย C มาแตะกัน

C ศักย์ไฟฟ้าขั้ว A และ B เท่ากัน

D สลับขั้วไฟฟ้า A และ B

E ยกขั้วไฟฟ้า A หรือ B ออกจากสารละลาย

คำตอบที่ถูกต้องคือ

ก. ข้อ A , B และ C

ข. ข้อ B ,C และ D

ค. ข้อ A , B , C และ E

ง. ข้อ A , B , C , D และ E

6) กรณีใดก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ก. วางขดลวดทองแดงให้อยู่ในสนามแม่เหล็ก

ข. เคลื่อนขดลวดทองแดงระหว่างขั้วแม่เหล็กเหมือนกัน

ค. ดึงแท่งแม่เหล็กออกจากขดลวดทองแดง

ง. ผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดทองแดงที่อยู่ระหว่างแท่งแม่เหล็ก

7) เมื่อต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอย่างง่ายเข้ากับเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าถ้าต้องการให้เข็มของเครื่องวัดเบนไปมากขึ้น จะต้องใช้วิธีการดังต่อไปนี้

A เคลื่อนแท่งแม่เหล็กให้เร็วขึ้น

B เพิ่มจำนวนรอบของขดลวด

C ใช้สายไฟที่ต่อกับขดลวดให้ยาวขึ้น

D วางขั้วแม่เหล็กให้ห่างกันมากขึ้น

วิธีการใดถูกต้อง

ก. ข้อ A และ B เท่านั้น

ข. ข้อ A และ C เท่านั้น

ค. ข้อ A , B และ C เท่านั้น

ง. ข้อ A , B และ D เท่านั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8) ถ้าประจุไฟฟ้า 80 คูลอมบ์ ไหลผ่านจุดๆหนึ่งในวงจรไฟฟ้าทุกๆ 5 วินาที กระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรนี้กี่แอมแปร์

ก. 16 แอมแปร์
ข. 75 แอมแปร์
ค. 85 แอมแปร์
ง. 400 แอมแปร์

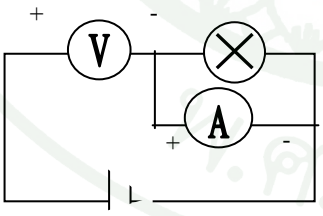
9) ข้อใดตรงกับสมบัติของไฟฟ้ากระแสตรง

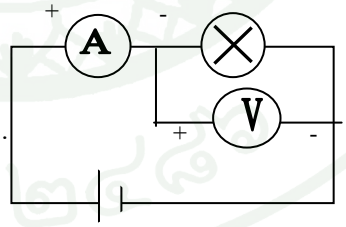
ก. มีทิศทางการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา
ข. มีทิศการไหลจากขั้วลบผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าไปยังขั้วบวกในทิศทางเดียว
ค. มีทิศการไหลจากขั้วบวกผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าไปยังขั้วลบในทิศทางเดียว
ง. มีทิศการไหลจากขั้วบวกผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าไปยังขั้วลบและไหลจากขั้วลบผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าไปยังขั้วบวก

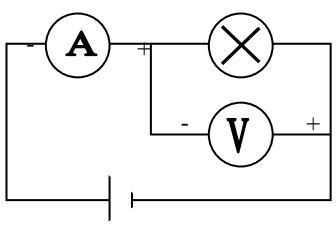
10) ข้อใดเป็นลักษณะของไฟฟ้ากระแสสลับ

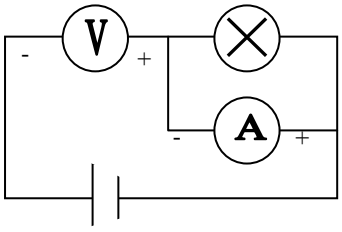
ก. กระแสไฟฟ้าจะกลับทิศทางในทันทีที่ปลดหลอดไฟ
ข. กระแสไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าเข้าสู่เครื่องใช้ทีละสาย
ค. กระแสไฟฟ้าไหลออกจากเครื่องใช้ไฟฟ้ามากกว่าที่ไหลเข้า
ง. กระแสไฟฟ้าไหลกลับไปกลับมาผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายรอบใน 1 วินาที

11) แผนภาพใดแสดงการต่อโวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์พร้อมกันได้อย่างถูกต้อง

ก.


ข.


ค


ง.


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

12) ค่าความต้านทานของเส้นลวดเส้นหนึ่งจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณใดต่อไปนี้

ก. แปรผันตรงกับความยาวของเส้นลวดและพื้นที่ภาคตัดขวางของเส้นลวด

ข. แปรผักผันกับกับความยาวของเส้นลวดและพื้นที่ภาคตัดขวางของเส้นลวด

ค. แปรผันตรงกับความยาวแต่แปรผกผันกับพื้นที่ภาคตัดขวางของเส้นลวด

ง. แปรผกผันกับความยาวแต่แปรผันตรงกับพื้นที่ภาคตัดขวางของเส้นลวด

13) ลวดตัวนำในข้อใดที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้มากที่สุดในกรณีที่ทำจากวัสดุเดียวกัน

ก. ลวดตัวนำมีขนาดเล็กแต่ยาว

ข. ลวดตัวนำมีขนาดเล็กและสั้น

ค. ลวดตัวนำมีขนาดใหญ่และยาว

ง. ลวดตัวนำมีขนาดใหญ่แต่สั้น

14) จากตาราง สารใดยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ดีที่สุด

	สารขนาดเดียวกัน	ความต้านทาน (โอห์ม) ที่อุณหภูมิ 20 ^{o}C
ก	ทองเหลือง	7.5
ข	นิโครม	109
ค	แมงกานิส	48
ง	เหล็กกล้า	20

15) ลวดตัวนำ A ยาว 1 เมตร มีความต้านทาน 1 Ω ลวดตัวนำ B ทำจากโลหะชนิดเดียวกับลวดตัวนำ A มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ A แต่มีความยาวเป็น 3 เท่า ลวดตัวนำ B มีค่าความต้านทานกี่โอห์ม

ก. 0.33 Ω

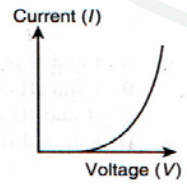
ข. 1 Ω

ค. 3 Ω

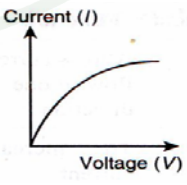
ง. 9 Ω

16) กราฟระหว่างกระแสไฟฟ้า(Current)และความต่างศักย์(Voltage)ในข้อใดสอดคล้องกับกฎของโอห์ม

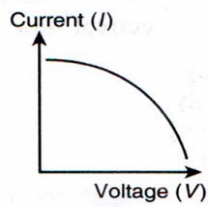
ก.



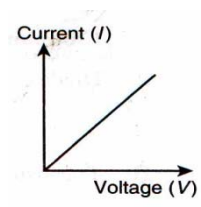
ข.



ค.



ง.



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

17) เมื่อความต่างศักย์ระหว่างปลายของลวดตัวนำเพิ่มเป็น 10 เท่าของค่าเดิม ข้อใดถูกต้อง

ก. ความต้านทานไฟฟ้าเป็น 1/ 10 เท่าของเดิม

ข. กระแสไฟฟ้าเป็น 1/ 10 เท่าของเดิม

ค. กระแสไฟฟ้าเป็น 10 เท่าของเดิม

ง. ความต้านทานไฟฟ้าเป็น 10 เท่าของเดิม

18) ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าคงที่แต่ความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนไปกระแสไฟฟ้าในวงจรจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

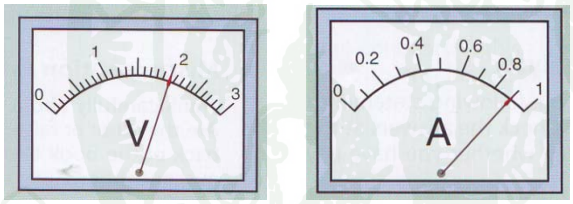
ก. มีค่าคงที่ตามความต่างศักย์

ข. มีค่ามากขึ้นถ้าความต้านทานมากขึ้น

ค. มีค่ามากขึ้นถ้าความต้านทานลดน้อยลง

ง. มีค่าน้อยลงถ้าความต้านทานลดน้อยลง

19) จากแผนภาพด้านล่างแสดงค่าที่อ่านได้ของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานและค่าความต่างศักย์ที่คร่อมตัวต้านทาน



ค่าความต้านทานของตัวต้านทานตัวนี้มีค่ากี่โอห์ม

ก. 2.2 Ω

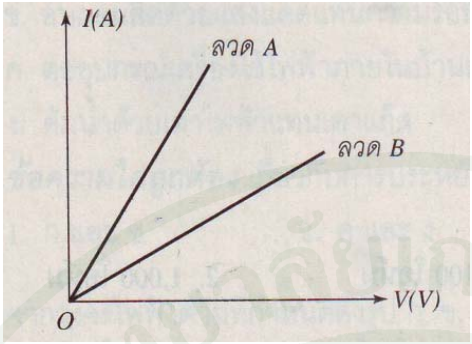
ข. 0.45 Ω

ค. 1.8 Ω

ง. 2.9 Ω

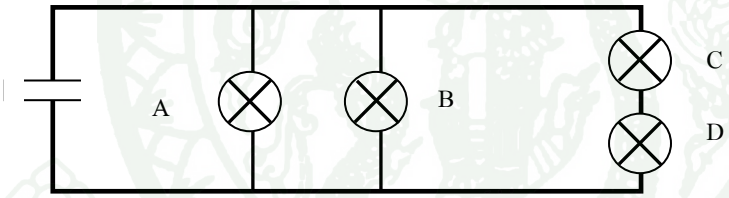
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

20) กราฟแสดงค่ากระแสไฟฟ้า (I) และความต่างศักย์ (V) ของตัวนำ A และ B ซึ่งทำจากโลหะคนละชนิดกันดังรูป ข้อใดสรุปได้ถูกต้องที่สุด



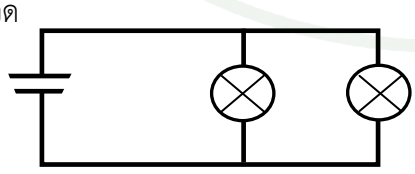
ก. ลวดตัวนำ A ยาวกว่าลวดตัวนำ B
ข. ลวดตัวนำ B มีพื้นที่หน้าตัดน้อยกว่าลวดตัวนำ A
ค. ลวดตัวนำ A มีความต้านทานมากกว่าลวดตัวนำ B
ง. ลวดตัวนำ A มีความต้านทานน้อยกว่าลวดตัวนำ B

21) หลอดไฟฟ้า A , B , C และ D ต่อเป็นวงจรดังรูป ข้อใดถูกต้อง



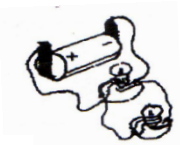
ก. A, B ต่อแบบอนุกรม C, D ต่อแบบขนาน
ข. A, B ต่อแบบขนาน C, D ต่อแบบอนุกรม
ค. A, C ต่อแบบอนุกรม B, D ต่อแบบขนาน
ง. A, D ต่อแบบอนุกรม C, B ต่อแบบขนาน

22) จากแผนภาพวงจรไฟฟ้าประกอบด้วยถ่านไฟฉาย 1 ก้อนและหลอดไฟเหมือนกันทุกประการ 2 หลอด



วงจรใดบ้างที่สามารถเขียนแผนภาพวงจรไฟฟ้าได้ตามรูป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

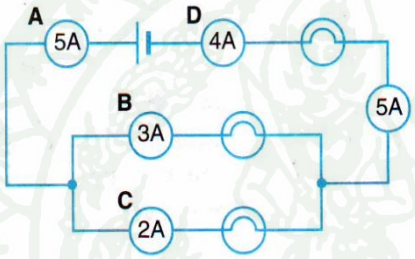
A 

B

C

ก. ข้อ A เท่านั้น
ข. ข้อ A และ B เท่านั้น
ค. ข้อ B และ C เท่านั้น
ง. ทั้งข้อ A , B และ C

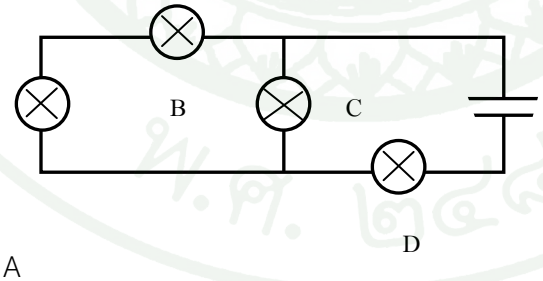
23) จากรูป แสดงค่าของกระแสไฟฟ้าตำแหน่งต่างๆที่อ่านได้จากแอมมิเตอร์



แอมมิเตอร์ตัวใดที่อ่านค่าผิด

ก. A
ข. B
ค. C
ง. D

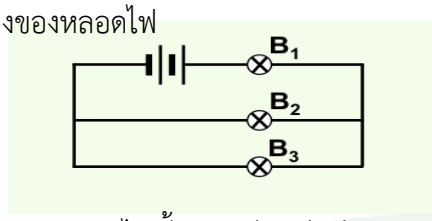
24) จากวงจรดังรูป หลอดไฟหลอดใดขาดแล้วทำให้หลอดไฟฟ้าหลอดอื่นๆดับทั้งหมด



ก. A
ข. B
ค. C
ง. D

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

25) หลอดไฟ B_1 , B_2 และ B_3 เหมือนกันทุกประการต่อเป็นวงจรดังรูป ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับความสว่างของหลอดไฟ



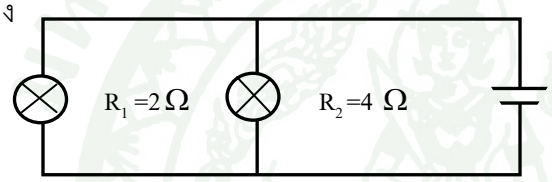
ก. หลอดไฟทั้งสามสว่างเท่ากัน

ข. หลอด B_2 และ B_3 สว่างเท่ากันและสว่างมากกว่า B_1

ค. หลอด B_2 และ B_3 สว่างเท่ากันและสว่างน้อยกว่า B_1

ง. หลอด B_1 สว่างกว่าหลอด B_2 และหลอด B_2 สว่างกว่าหลอด B_3

26) แบตเตอรี่ 6 โวลต์ต่อกับหลอดไฟธรรมดา 2 หลอดที่ความต้านทานไม่เท่ากัน ดังรูป ข้อใดถูกต้อง



เมื่อ V_1 คือความต่างศักย์คร่อม R_1 และ V_2 คือความต่างศักย์คร่อม R_2

ก. V_1 = 2 โวลต์ และ V_2 = 4 โวลต์

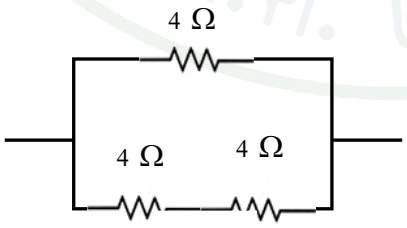
ข. V_1 = 3 โวลต์ และ V_2 = 3 โวลต์

ค. V_1 = 4 โวลต์ และ V_2 = 2 โวลต์

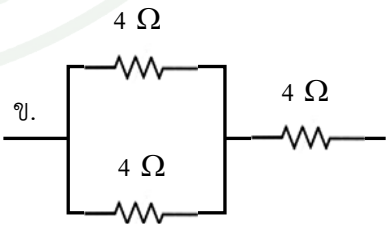
ง. V_1 = 6 โวลต์ และ V_2 = 6 โวลต์

27) วงจรใดมีค่าความต้านทานรวมเท่ากับ 6 โอห์ม

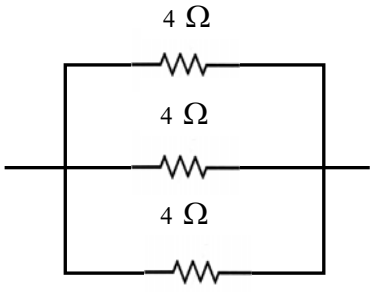
ก.



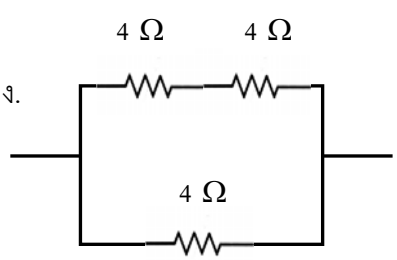
ข.



ค.



ง.



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

28) ในกรณีไฟฟ้ารั่วในอุปกรณ์ไฟฟ้าสายดินจะช่วยให้เกิดความปลอดภัยในการใช้ไฟฟ้าได้เพราะเหตุใด

ก. เพราะป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร

ข. เพราะถ้าเกิดไฟฟ้ารั่วกระแสไฟฟ้าจะไม่ผ่านร่างกาย

ค. เพราะทำให้ไฟฟ้าเดินได้ครบวงจร

ง. เพราะป้องกันไม่ให้เกิดกระแสไฟฟ้ารั่วเข้าสู่เครื่องใช้ไฟฟ้า

29) เต้ารับเต้าเสียบชนิด 3 ขา ดีกว่าเต้ารับเต้าเสียบชนิด 2 ขา เพราะเหตุใด

ก. กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ดีจึงใช้ไฟฟ้าน้อยกว่า

ข. สามารถป้องกันการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรได้

ค. สามารถป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วไหลเข้าสู่ร่างกายได้

ง. เพราะมีสายดินทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า

30) หลักการเลือกสายไฟในข้อใดไม่ถูกต้อง

ก. สายไฟฟ้าที่ดีควรมีความนำไฟฟ้ามาก

ข. สายไฟฟ้าที่ดีควรมีความต้านทานต่ำ

ค. สายไฟฟ้าควรมีจุดหลอมเหลวต่ำและมีความยาวมาก

ง. สายไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากควรขนาดใหญ่กว่าสายไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านน้อย

31) การใช้สวิตซ์ 2 ทางกับหลอดไฟฟ้าจะช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้งานจึงควรติดตั้งไว้ที่ใดจึงเหมาะสม

ก. ห้องนอน

ข. ห้องรับแขก

ค. บริเวณบันไดบ้าน

ง. ห้องน้ำ

32) ศึกษาข้อมูลต่อไปนี้

A. มีศักย์ไฟฟ้า 0 โวลต์

B. มีศักย์ไฟฟ้า 220 โวลต์

C. เป็นสายที่นำกระแสไฟฟ้ากลับออกไปให้ครบวงจร

D. เป็นสายที่นำกระแสไฟฟ้าเข้าสู่สะพานไฟฟิวส์และสวิตซ์ไปที่เครื่องใช้ไฟฟ้า

E. เป็นกระแสที่ไหลน้อยกว่าอีกสายหนึ่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อใดเป็นลักษณะของสายกลาง

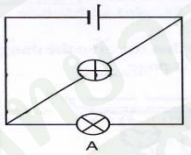
ก ข้อ A และ C

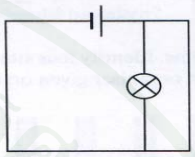
ข. ข้อ A และ D

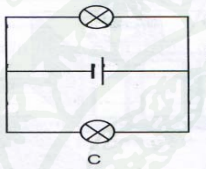
ค. ข้อ B และ D

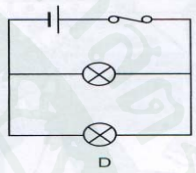
ง. ข้อ A , C และ E

33) วงจรใดแสดงการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร

ก. 

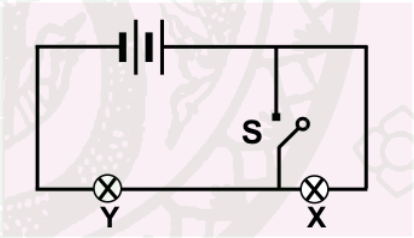
ข. 

ค. 

ง. 

34) หลอดไฟเหมือนกัน 2 หลอด หลอด X และ หลอด Y ต่อกันแบบอนุกรมตามรูป ความสว่างของหลอดทั้ง 2 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ถ้าสวิตซ์ S ปิด

	X	Y
ก.	สว่างมากขึ้น	สว่างมากขึ้น
ข.	สว่างน้อยลง	สว่างน้อยลง
ค.	สว่างมากขึ้น	ดับ
ง.	ดับ	สว่างมากขึ้น



35) ข้อใดกล่าวถึงฟิวส์**ไม่**ถูกต้อง

ก. เป็นอุปกรณ์สำหรับตัดวงจรไฟฟ้า

ข. เป็นโลหะผสมระหว่างตะกั่ว ดีบุกและบิสมัท

ค. ทำด้วยโลหะผสมที่มีจุดหลอมเหลวสูง

ง. ป้องกันไฟไหม้อันเนื่องมาจากไฟฟ้าลัดวงจร

36) บ้านหลังหนึ่งใช้ฟิวส์ 15 แอมแปร์ ถ้าใช้หลอดไฟซึ่งเขียนข้างหลอดว่า 220 V 110 W นำมาต่อแบบขนานจะต่อได้กี่หลอด ฟิวส์จึงจะไม่ขาด

ก. 20 หลอด ข. 40 หลอด

ค. 60 หลอด ง. 80 หลอด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

37) บ้านหลังหนึ่งใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าดังนี้ หม้อหุงข้าว 1200 วัตต์ 1 ใบ ตู้เย็น 150 วัตต์ 1 หลัง หลอดฟลูออเรสเซนต์ 40 วัตต์ 2 หลอด เตารีด 700 วัตต์ 1 อัน บ้านหลังนี้ควรใช้ฟิวส์ขนาดเท่าใดจึงจะเหมาะสม

ก. 5 แอมแปร์ ข. 10 แอมแปร์

ค. 15 แอมแปร์ ง. 30 แอมแปร์

38) หลอดไฟ A และ B เขียนกำกับว่า 220 V, 60 W และ 220 V, 75 W ตามลำดับ เมื่อใช้หลอดทั้งสองต่อกับความต่างศักย์ 220 V กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟทั้งสองเป็นอย่างไร

ก. หลอดไฟที่มีกำลังไฟฟ้ามากกว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากที่สุด

ข. หลอดไฟทั้งสองมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเท่ากันเพราะต่อกับความต่างศักย์เท่ากัน

ค. หลอดไฟที่มีวัตต์ต่ำกว่ามีกระแสไฟฟ้าผ่านมากที่สุด

ง. หลอดไฟที่มีวัตต์สูงกว่ามีกระแสไฟฟ้าผ่านน้อยที่สุด

39) เครื่องใช้ไฟฟ้าอันหนึ่งเขียนว่า 240 V, 40 W เครื่องใช้ไฟฟ้าอันนี้มีกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ไหลผ่านกี่แอมแปร์

ก. 0.17 แอมแปร์ ข. 0.29 แอมแปร์

ค. 9.6 แอมแปร์ ง. 20 แอมแปร์

40) หลอดไฟธรรมดาขนาด 60 W จำนวน 2 หลอดและหลอดวาวแสงขนาด 40 W จำนวน 2 หลอด เปิด 10 ชั่วโมงต่อวัน ใน 1 เดือน (30 วัน) จะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ากี่หน่วยและต้องจ่ายค่าไฟฟ้าเท่าไร(ค่าไฟฟ้าหน่วยละ4 บาท)

ก. 42 หน่วย 168 บาท

ข. 60 หน่วย 240 บาท

ค. 74 หน่วย 296 บาท

ง. 100 หน่วย 400 บาท

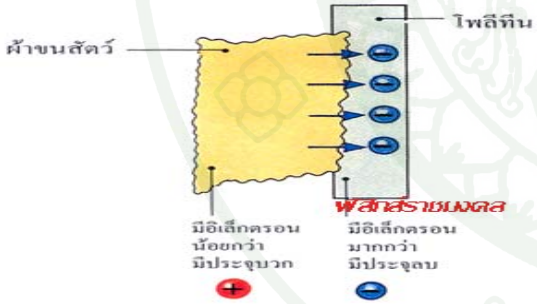
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ง

กรอบแนวคิดและแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับ พลังงานไฟฟ้า

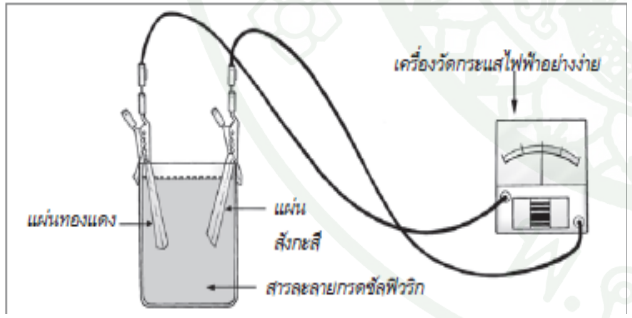
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 แนวคิดวิทยาศาสตร์และแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่อง พลังงานไฟฟ้า

แนวคิด	กรอบแนวคิดวิทยาศาสตร์	แนวคิดคลาดเคลื่อน	ที่มาแนวคิดคลาดเคลื่อน
ไฟฟ้าสถิต	อะตอมของธาตุแต่ละชนิดประกอบด้วยโปรตอนที่เป็นประจุไฟฟ้าบวกและอิเล็กตรอนที่เป็นประจุไฟฟ้าลบในจำนวนที่เท่ากัน ซึ่งทำให้ธาตุนั้นมีสภาพเป็นกลาง วัตถุทุกชนิดเมื่ออยู่ในสภาพเป็นกลางจะไม่แสดงอำนาจไฟฟ้าออกมา หรือไม่มีประจุไฟฟ้า แต่ถ้านำวัตถุ 2 ชนิดมาเสียดสีกัน จะเกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้า ทำให้วัตถุ 2 ชนิด แสดงอำนาจไฟฟ้าออกมาได้ เช่น การถูแท่งพลาสติกกับผ้าขนสัตว์อิเล็กตรอนจากผ้าจะถ่ายเทมายังผ้าขนสัตว์ทำให้แท่งพลาสติกมีจำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าโปรตอนจึงแสดงอำนาจไฟฟ้าเป็นลบ ส่วนผ้าที่สูญเสียอิเล็กตรอนจะมีจำนวนโปรตอนมากกว่าอิเล็กตรอนจึงแสดงอำนาจไฟฟ้าบวก  http//www.rmutphysics.com **รูปที่ 1** แสดงการเกิดอำนาจไฟฟ้าจากการขัดถูกันระหว่างผ้าขนสัตว์และแท่งโพลีทีน	- วัตถุที่มีอำนาจไฟฟ้าบวกเกิดจากมีโปรตอนเกิน - อนุภาคโปรตอนเคลื่อนที่จากวัตถุหนึ่งมายังอีกวัตถุหนึ่งทำให้วัตถุนี้มีอำนาจไฟฟ้าบวกเมื่อนำวัตถุ 2 ชนิดมาขัดถูกัน - ประจุไฟฟ้าบวกหมายถึงประจุไฟฟ้าที่สูญเสียอิเล็กตรอน - ประจุไฟฟ้าบวก(ไอออนบวก)ไม่สามารถเคลื่อนที่ - วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าจะมีอำนาจในการดูดวัตถุอื่นที่มีประจุเท่านั้น - การสูญเสียอิเล็กตรอนของวัตถุเป็นการหายไปโดยไม่เป็นตามหลักการอนุรักษ์ - ไฟฟ้าสถิตเกิดจากแรงเสียดทาน -อะตอมทุกตัวมีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับโปรตอน -ไฟฟ้าสถิตเกิดจากการสร้างประจุจากอิเล็กตรอน	-จากประสบการณ์ผู้วิจัย -จากประสบการณ์ผู้วิจัย -William J. Beaty, 1995 -William J. Beaty, 1995 -William J. Beaty, 1995 -จากประสบการณ์ผู้วิจัย -William J. Beaty, 1995 -William J. Beaty, 1995 -William J. Beaty, 1995

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แนวคิด	กรอบแนวคิดวิทยาศาสตร์	แนวคิดคลาดเคลื่อน	ที่มาแนวคิดคลาดเคลื่อน
ไฟฟ้าสถิต	คุณสมบัติของประจุไฟฟ้ามี 2 ประการ คือ 1. ประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันผลักกัน ส่วนประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันจะดูดกัน 2. อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าจะดูดอนุภาคที่ไม่มีประจุไฟฟ้า		
เซลล์ไฟฟ้าเคมี	**เซลล์ไฟฟ้าเคมี** เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า ส่วนประกอบของเซลล์ไฟฟ้าเคมี ได้แก่ แผ่นโลหะที่ต่างกัน 2 ชนิดทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าขั้วบวกและขั้วลบสารละลายที่นำไฟฟ้าได้ (อิเล็กโทรไลต์) ซึ่งจะมีไอออนบวกและไอออนลบโดยจะต้องจุ่มแผ่นโลหะทั้ง 2 ชนิดลงในสารละลายที่นำไฟฟ้าได้ ดังรูป  รูปที่ 2 แสดงการต่ออุปกรณ์การทดลองในเซลล์ไฟฟ้าเคมี **หลักการของเซลล์ไฟฟ้าเคมี** มีดังนี้จุ่มแผ่นโลหะต่างกัน 2 ชนิด เช่นแผ่นทองแดงและแผ่นสังกะสี ลงในสารละลายกรดซัลฟิวริกที่เป็นสารละลาย	- ขั้วแคโทดคือขั้วลบและขั้วแอโนดคือขั้วบวก - น้ำบริสุทธิ์เป็นตัวนำที่ดี - ภายในถ่านไฟฉายเป็นแหล่งเก็บสะสมประจุอิเล็กตรอน - แผ่นทองแดงเป็นขั้วลบ แผ่นสังกะสีเป็นขั้วบวก - กระแสไฟฟ้าไหลจากแผ่นสังกะสีไปยังแผ่นทองแดง ในขณะที่กระแสอิเล็กตรอนไหลทิศตรงข้าม - แผ่นทองแดงมีศักย์ต่ำกว่าแผ่นสังกะสี	-จากประสบการณ์ผู้วิจัย -จากประสบการณ์ผู้วิจัย -Furry Elephant -จากประสบการณ์ผู้วิจัย -จากประสบการณ์ผู้วิจัย -จากประสบการณ์ผู้วิจัย

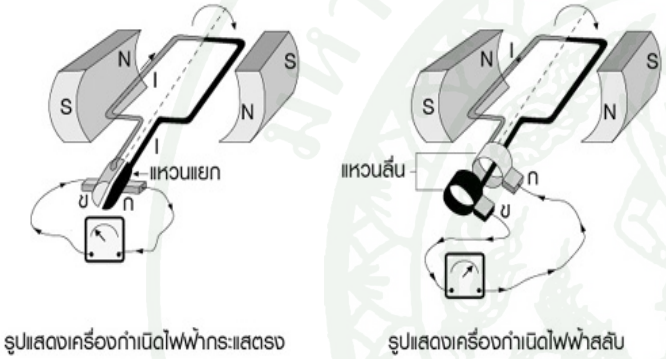
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แนวคิด	กรอบแนวคิดวิทยาศาสตร์	แนวคิดคลาดเคลื่อน	ที่มาแนวคิดคลาดเคลื่อน
	โลหะต่างชนิดกันจะแตกตัวให้อิเล็กตรอนได้ต่างกัน ดังนั้นเมื่อต่อแผ่นโลหะทั้งสองเข้าด้วยกันแผ่นสังกะสีจะแตกตัวให้เป็นไอออนและให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่า จะมีศักย์ไฟฟ้าต่ำ เรียกว่า ขั้วลบ ส่วนแผ่นทองแดงเป็นโลหะที่เสียอิเล็กตรอนยากกว่าจะมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า เรียกว่า ขั้วบวก ทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนจากสังกะสีไปสู่ทองแดง ขณะเดียวกันก็เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าสวนทางกับการไหลของกระแสอิเล็กตรอนจากทองแดงไปสู่สังกะสี จนกระทั่งขั้วไฟฟ้าทั้งสองมีประจุไฟฟ้าเท่ากัน จึงหยุดการเคลื่อนที่ ตัวอย่างของเซลล์ไฟฟ้าเคมีได้แก่ ถ่านไฟฉาย ถ่านอัลคาไลน์ ถ่านลิเทียม และแบตเตอรี่		
กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม	**กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ**หมายถึงกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำโดยสนามแม่เหล็กเมื่อมีสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงผ่านขดลวดตัวนำอาจโดยวิธีเคลื่อนแท่งแม่เหล็กผ่านขดลวดหรือโดยการหมุนขดลวดตัดสนามแม่เหล็กก็จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในลวดตัวนำนั้น **ไดนาโม(dynamo)** เป็นเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้าเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า **หลักการทำงานของไดนาโม** ไดนาโมมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ แม่เหล็ก 2 ขั้ว (ขั้ว NและS) สำหรับทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ขดลวดไฟฟ้าพันรอบแกนเหล็กอ่อนสำหรับหมุนตัดสนามแม่เหล็ก วงแหวนเชื่อมอยู่ที่ปลายขดลวดเพื่อหมุนแปรงขดลวด แปรงจะครูดกับวงแหวนซึ่งจะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป	- แม่เหล็กมี 2 ขั้วคือขั้วบวกและขั้วลบ	-จากประสบการณ์ผู้วิจัย

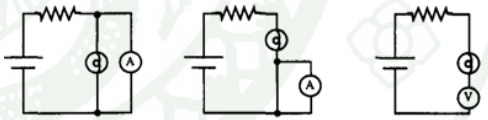
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แนวคิด	กรอบแนวคิดวิทยาศาสตร์	แนวคิดคลาดเคลื่อน	ที่มาแนวคิดคลาดเคลื่อน
	 รูปแสดงเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง รูปแสดงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสลับ ภาพที่ 3 ไดนาโมไฟฟ้ากระแสตรงและไดนาโมกระแสสลับ (www.myfirstbrain.com) ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นกับปัจจัยต่างๆดังนี้ - จำนวนรอบของขดลวด - กำลังขั้วของแท่งแม่เหล็ก - ความเร็วของการเคลื่อนที่ของขดลวดหรือแท่งแม่เหล็ก - พื้นที่ของขดลวดถ้ามีพื้นที่มากก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าได้มาก		
กระแสไฟฟ้าและความ	ความต่างศักย์ไฟฟ้าคือ ความแตกต่างของพลังงานไฟฟ้าระหว่างจุด 2 จุด ซึ่งทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นโดยกระแสไฟฟ้าจะไหลจากจุดที่มีพลังงานสูง	- ไม่สามารถจำได้ว่าแบตเตอรี่มีความต่างศักย์คงที่ระหว่างขั้วบวกและขั้วลบแต่คิดว่าแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าคงที่	-Lillian C. McDermott and Peter S. Shaffer, 1992.

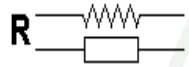
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แนวคิด	กรอบแนวคิดวิทยาศาสตร์	แนวคิดคลาดเคลื่อน	ที่มาแนวคิดคลาดเคลื่อน
ต่างศักย์	(ศักย์ไฟฟ้าสูง)ไปยังจุดที่มีระดับพลังงานไฟฟ้าต่ำ(ศักย์ไฟฟ้าต่ำ) และจะหยุดไหลเมื่อศักย์ไฟฟ้าทั้งสองจุดเท่ากัน เราสามารถวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า โวลต์มิเตอร์ (voltmeter) ซึ่งมีหน่วยวัดเป็นโวลต์ เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ V กระแสไฟฟ้าเกิดจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า อาจเป็นประจุไฟฟ้าบวกหรือประจุไฟฟ้าลบ เราสามารถวัดกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า แอมมิเตอร์(ammeter) ซึ่งมีหน่วยวัดเป็นแอมแปร์ (ampere)	-เมื่อมีกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำอิเล็กตรอนภายในตัวนำจะกระโดดจากอะตอมหนึ่งไปยังอีกอะตอมหนึ่ง -กระแสไฟฟ้าไหลจากขั้วลบไปยังขั้วบวก -กระแสไฟฟ้าคือการไหลของพลังงาน -กระแสไฟฟ้าไหลออกจากขั้วด้านหนึ่งของแบตเตอรี่กลับไปยังอีกขั้วหนึ่งของแบตเตอรี่ -ไม่สามารถเขียนแผนภาพการต่อแอมมิเตอร์กับโวลต์มิเตอร์ได้ถูกต้องดังรูป  **ภาพที่ 4** การต่อเครื่องวัดในวงจรไฟฟ้าของนักเรียน -ระบุความแตกต่างระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าไม่ได้	-William J. Beaty, 1995 -William J. Beaty, 1995 -William J. Beaty, 1995 -William J. Beaty, 1995 -Lillian C. McDermott and Peter S. Shaffer, 1992. -Lillian C. McDermott and Peter S. Shaffer, 1992.
ชนิดของตัวนำและความต้านทาน	**ความต้านทานไฟฟ้า** (Resistance)เป็นสมบัติของตัวนำไฟฟ้าที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้มากหรือน้อยต่างกันถ้ากระแสไฟฟ้าผ่านได้มากแสดงว่าตัวนำไฟฟ้ามีความต้านทานน้อย ถ้ากระแสไฟฟ้าผ่านได้น้อยแสดงว่าตัวนำไฟฟ้ามีความต้านทานไฟฟ้ามาก ความต้านทานมีหน่วยเป็นโอห์ม ใช้	- หลอดไฟฟ้าขนาดใหญ่ มีความต้านทานมาก ให้แสงสว่างมาก เพราะเข้าใจว่าเมื่อความต้านทานมากกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานแสงได้มากขึ้น	-Furry Elephant

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แนวคิด	กรอบแนวคิดวิทยาศาสตร์	แนวคิดคลาดเคลื่อน	ที่มาแนวคิดคลาดเคลื่อน
	สัญลักษณ์ Ω และสัญลักษณ์ของตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าคือ  **ปัจจัยที่มีผลต่อความต้านทาน** สารที่ใช้เป็นตัวนำไฟฟ้าทุกชนิดจะมีความต้านทานด้วยแต่จะมีความต้านทานไฟฟ้ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ 1.ชนิดของสารที่ใช้เป็นตัวนำ พวกโลหะส่วนใหญ่เป็นตัวนำที่ดีคือมีความต้านทานน้อย เช่น เงิน ทองแดง เหล็ก ส่วนอโลหะส่วนใหญ่จะเป็นฉนวนไฟฟ้า เช่น พลาสติก พีวีซี ยาง ไม้ ยกเว้นแกรไฟต์ จะเป็นอโลหะเพียงชนิดเดียวที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี 2. ความยาวของตัวนำ ความต้านทานไฟฟ้าจะเป็นสัดส่วนโดยตรงของความยาว ยิ่งยาวมากความต้านทานไฟฟ้าจะยิ่งมาก 3. พื้นที่หน้าตัดของตัวนำความต้านทานไฟฟ้าเป็นสัดส่วนผกผันหรือส่วนกลับกับพื้นที่หน้าตัดคือ ยิ่งพื้นที่หน้าตัดมาก ความต้านทานไฟฟ้าจะยิ่งน้อย จากปัจจัยข้อที่ 1 -3 สามารถแสดงความสัมพันธ์ในรูปสมการได้ ดังนี้ $$R = \frac{\rho L}{A}$$ เมื่อ R คือ ความต้านทานไฟฟ้าของตัวนำไฟฟ้า หน่วยเป็นโอห์ม(Ω) L คือ ความยาวของตัวนำหน่วยเป็นเมตร(m) A คือ พื้นที่ภาคตัดขวาง หน่วยเป็นตารางเมตร(m^2)	- ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ช้าลงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านไส้หลอดเนื่องจากไส้หลอดมีขนาดเล็กกว่าสายไฟ - หลอดไฟฟ้าทุกชนิดมีความต้านทานเท่ากัน - ลวดตัวนำหนาจะมีความต้านทานต่ำกว่าเพราะประจุไฟฟ้ามีที่ว่างให้เคลื่อนที่มากขึ้น	-จากประสบการณ์ผู้วิจัย -จากประสบการณ์ผู้วิจัย -Furry Elephant

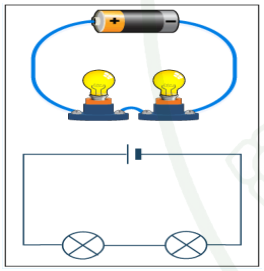
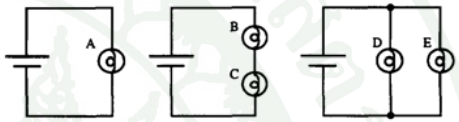
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แนวคิด	กรอบแนวคิดวิทยาศาสตร์	แนวคิดคลาดเคลื่อน	ที่มาแนวคิดคลาดเคลื่อน
	ρ คือ สภาพต้านทานของตัวนำ หน่วยเป็นโอห์ม-เมตร (Ω-m) 4. อุณหภูมิ อุณหภูมิของโลหะตัวนำจะมีผลให้ความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปด้วย คือเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความต้านทานไฟฟ้าจะมากขึ้น		
กฎของโอห์ม	**กฎของโอห์ม** เกออร์ก ซีโมน โอห์มนักฟิสิกส์ชาวเยอรมันได้ศึกษาทำการทดลองและตั้งเป็นกฎของโอห์ม (Ohm's law) กล่าวว่า "เมื่ออุณหภูมิของตัวนำคงที่ อัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายตัวนำทั้งสองกับกระแสไฟฟ้าของตัวนำอันหนึ่งย่อมคงที่เสมอ" นั่นคือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายของตัวนำใดๆ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกันกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านในช่วงเวลาหนึ่งในตัวนำนั้นๆและค่าคงที่นั้นคือ ความต้านทานไฟฟ้า ทั้งนี้อุณหภูมิต้องไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า V /I = k (ค่าคงที่) = R หรือ V = IR โดยที่ V คือความต่างศักย์ มีหน่วยเป็นโวลต์ I คือกระแสในวงจรหน่วยเป็นแอมแปร์ และ R คือความต้านทานในวงจร หน่วยเป็นโอห์ม หรือ โวลต์/แอมแปร์	- กราฟระหว่างความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า ถ้ากำหนดให้กระแสไฟฟ้าเป็นแกน y ความต่างศักย์เป็นแกน x ค่าความชันคือความต้านทาน -นักเรียนไม่เข้าใจความหมายของคำว่าแปรผันตรงหรือแปรผกผันจึงไม่สามารถระบุความสัมพันธ์ของสองตัวแปรได้	-จากประสบการณ์ผู้วิจัย -จากประสบการณ์ผู้วิจัย

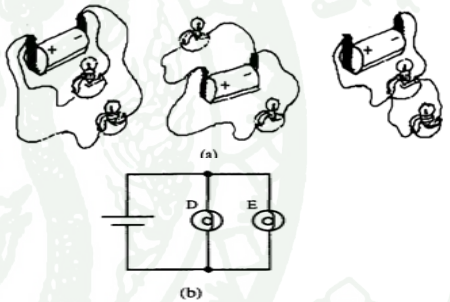
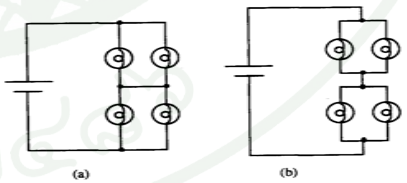
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แนวคิด	กรอบแนวคิดวิทยาศาสตร์	แนวคิดคลาดเคลื่อน	ที่มาแนวคิดคลาดเคลื่อน
วงจรอนุกรมและวงจรขนาน	**วงจรอนุกรมและวงจรขนาน**มี 2 แบบ ดังต่อไปนี้ **1. การต่อแบบอนุกรม** เป็นการต่อเรียงลำดับกันไปในวงจรไฟฟ้า เช่น หลอดไฟฟ้าหลอดที่ 1 ต่อกับหลอดที่ 2 ตามลำดับ ดังรูปแล้วนำไปต่อเข้ากับแหล่งกำเนิด การต่อวงจรแบบอนุกรมจะมีทางเดินของกระแสไฟฟ้าได้ทางเดียวเท่านั้น ถ้าเกิดเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือหลอดไฟฟ้าตัวใดตัวหนึ่งเปิดวงจรหรือขาด จะทำให้วงจรทั้งหมดไม่ทำงาน  http// www.hornook.com **ภาพที่ 5** วงจรอนุกรม คุณสมบัติที่สำคัญของวงจรอนุกรม 1. กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านหลอดไฟฟ้าเท่ากันและมีทิศทางเดียวกันตลอดทั้งวงจรเขียนในรูปสมการได้ดังนี้ $\sum I = I_1 = I_2$ โดยที่ $\sum I$ คือกระแสรวมของวงจร I_1 คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟฟ้าหลอดที่ 1	 **ภาพที่ 6** การเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ - กระแสไฟฟ้าถูกใช้โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าดังนั้นเมื่อนำหลอดไฟฟ้า 2 หลอดต่อแบบอนุกรมหลอดไฟหลอดแรกจะสว่างกว่าหลอดที่ 2 เพราะหลอดแรกใช้ไฟฟ้าไปแล้วจึงเหลือไฟฟ้าบางส่วนเท่านั้นให้หลอดที่สองจากรูปที่ 6 นักเรียนจะระบุว่าหลอด B สว่างกว่า C -จากรูปที่ 6 นักเรียนเชื่อว่าความสว่างของหลอด A =B=D=E เพราะกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดพบหลอด A B D E ก่อน ส่วนหลอด C กระแสไฟฟ้าเหลือน้อยลงเพราะอยู่ถัดจากหลอด B หลอด C จึงสว่างน้อยกว่า B D และE -ความสว่างแปรผันตรงกับจำนวนหลอดไฟโดยไม่ขึ้นกับชนิดของการต่อ -ไม่สามารถระบุว่าเป็นวงจรอนุกรมหรือวงจรขนานและไม่สามารถแยกแยะแผนภาพวงจรไฟฟ้าที่วาดขึ้นกับ	-Lillian C. McDermott and Peter S. Shaffer, 1992. -Lillian C. McDermott and Peter S. Shaffer, 1992. Hüseyin and Sabri, 2007. -Lillian C. McDermott and Peter S. Shaffer,

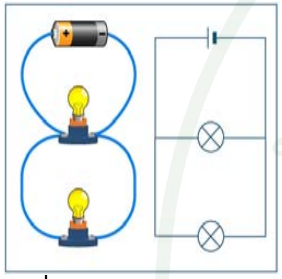
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แนวคิด	กรอบแนวคิดวิทยาศาสตร์	แนวคิดคลาดเคลื่อน	ที่มาแนวคิดคลาดเคลื่อน
	I_2 คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟฟ้าหลอดที่ 2 2. ความต้านทานรวมของวงจรจะมีค่าเท่ากับผลรวมของความต้านทานแต่ละตัวในวงจรรวมกัน เขียนในรูปสมการ $\sum R = R_1 + R_2$ โดยที่ $\sum R$ คือความต้านทานรวมของวงจร R_1 คือความต้านทานของหลอดไฟฟ้าหลอดที่ 1 R_2 คือความต้านทานของหลอดไฟฟ้าหลอดที่ 2 3. ความต่างศักย์ไฟฟ้าตกคร่อมส่วนต่างๆ ของวงจร เมื่อนำมารวมกันแล้วจะเท่ากับความต่างศักย์ไฟฟ้ารวมของวงจรเขียนสมการได้ดังนี้ $\sum V = V_1 + V_2$ โดยที่ $\sum V$ คือความต่างศักย์ไฟฟ้ารวมของวงจร V_1 คือความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมหลอดไฟฟ้าหลอดที่ 1 V_2 คือความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมหลอดไฟฟ้าหลอดที่ 2 **2. การต่อแบบขนาน** เป็นการต่อแบบรวบขั้วเข้าด้วยกันในวงจรไฟฟ้า เช่น การต่อหลอดไฟฟ้า 2 หลอดต่อกันแบบขนาน ดังรูป กระแสไฟฟ้าที่ไหลจะสามารถไหลได้หลายทาง ถ้าเกิดในวงจรมีเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวหนึ่งขาดหรือเปิดวงจร เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เหลือก็ยังสามารถทำงานได้	วงจรไฟฟ้าที่ต่อจริงๆได้ยกตัวอย่างเช่นรูปด้านล่าง นักเรียนระบุไม่ได้ว่าเป็นวงจรขนานทั้งหมดและมีภาพวงจรไฟฟ้าเขียนได้ดังรูปที่ 7  **ภาพที่ 7** วงจรไฟฟ้าจริงกับภาพวงจรไฟฟ้า -จากรูปที่ 8 นักเรียนระบุไม่ได้ว่าเป็นวงจรที่เหมือนกัน  **ภาพที่ 8** ภาพวงจรไฟฟ้าของหลอดไฟที่ต่อเหมือนกัน	1992. -Lillian C. McDermott and Peter S. Shaffer, 1992.

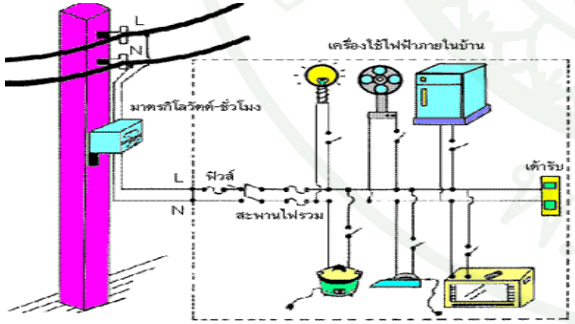
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แนวคิด	กรอบแนวคิดวิทยาศาสตร์	แนวคิดคลาดเคลื่อน	ที่มาแนวคิดคลาดเคลื่อน
	 http// www.hornook.com **ภาพที่ 9** วงจรขนาน คุณสมบัติที่สำคัญของวงจรขนาน 1. กระแสไฟฟ้ารวมของวงจรขนานจะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าย่อยที่ไหลในแต่ละสาขาของวงจรเขียนสมการได้ดังนี้ $\sum I = I_1 + I_2$ โดยที่ $\sum I$ คือกระแสรวมของวงจร I_1 คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟฟ้าหลอดที่ 1 I_2 คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟฟ้าหลอดที่ 2 2. ความต่างศักย์ไฟฟ้าตกคร่อมส่วนต่างๆ ของวงจรจะเท่ากับความต่างศักย์ไฟฟ้ารวมของวงจรเขียนสมการได้ดังนี้ $\sum V = V_1 = V_2$ โดยที่ $\sum V$ คือความต่างศักย์ไฟฟ้ารวมของวงจร V_1 คือความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมหลอดไฟฟ้าหลอดที่ 1 V_2 คือความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมหลอดไฟฟ้าหลอดที่ 2	-นักเรียนไม่สามารถหาความความต้านทานรวมเมื่อต่อวงจรแบบอนุกรมหรือขนาน	-Lillian C. McDermott and Peter S. Shaffer, 1992.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แนวคิด	กรอบแนวคิดวิทยาศาสตร์	แนวคิดคลาดเคลื่อน	ที่มาแนวคิดคลาดเคลื่อน
	3. ความต้านทานรวมของวงจรจะมีค่าน้อยกว่าความต้านทานตัวที่น้อยที่สุดที่ต่ออยู่ในวงจร เขียนสมการได้ดังนี้ $\sum 1/R = 1/R_1 + 1/R_2$ โดยที่ $\sum R$ คือความต้านทานรวมของวงจร R_1 คือความต้านทานของหลอดไฟฟ้าหลอดที่ 1 R_2 คือความต้านทานของหลอดไฟฟ้าหลอดที่ 2		
อุปกรณ์และวงจรไฟฟ้าในบ้าน	**วงจรไฟฟ้าในบ้าน**เริ่มจากมาตรไฟฟ้าต่อด้วยสายไฟ 2 สายโดยกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านสายที่ L ที่มีศักย์ไฟฟ้า 220 โวลต์ เรียกว่า สายมีศักย์ สายไฟจะต่อเข้าสู่สะพานไฟผ่านฟิวส์และสวิตซ์แล้วไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าทางเต้าเสียบ จากนั้นกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านสายไฟอีกเส้นหนึ่งคือสาย N ซึ่งมีค่าความศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ เรียกสายไฟเส้นนี้ว่า สายกลาง  **ภาพที่ 10** วงจรไฟฟ้าในบ้าน www.fangchanu.ac.th/teacher/electric/unit 3	- เปิดไฟคือวงจรเปิดมีกระแสไฟฟ้าไหล ปิดไฟคือวงจรปิดไม่มีกระแสไฟฟ้าไหล - สับสนระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้า - สับสนระหว่างหน้าที่ของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ	-จากประสบการณ์ผู้วิจัย -จากประสบการณ์ผู้วิจัย -จากประสบการณ์ผู้วิจัย

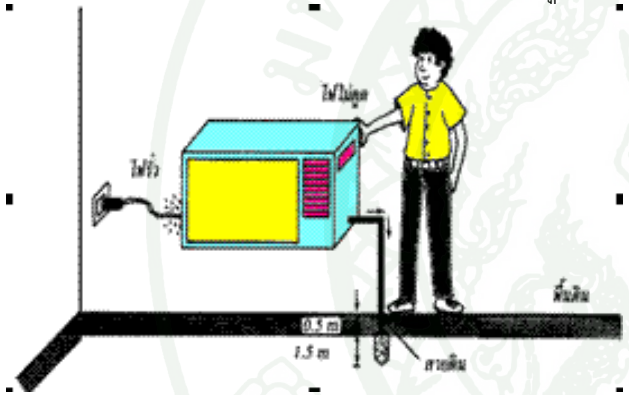
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แนวคิด	กรอบแนวคิดวิทยาศาสตร์	แนวคิดคลาดเคลื่อน	ที่มาแนวคิดคลาดเคลื่อน
	สะพานไฟ (Cut Out) เป็นอุปกรณ์สำหรับตัดหรือต่อวงจรไฟฟ้า ทำด้วยโลหะ มีฉนวนกระเบื้องหรือพลาสติกห่อหุ้มอยู่ มีคันจับยกขึ้นลงได้ ถ้าจะตัดวงจรไฟฟ้าก็ยกสะพานขึ้น และถ้าจะต่อวงจรไฟฟ้าก็สับคันยกลงในขั้ว ต่อให้แน่น **สวิตช์** (Switch) เป็นอุปกรณ์ตัดหรือต่อวงจรไฟฟ้าในส่วนที่ต้องการ ทำหน้าที่คล้ายสะพานไฟ โดยต่ออนุกรมเข้ากับเครื่องใช้ไฟฟ้า มี 2 ประเภท คือ 1.สวิตช์ทางเดียว สามารถปิด – เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้จากตำแหน่งเดียว 2.สวิตช์สองทาง สามารถปิด – เปิดหลอดไฟได้จาก 2 ตำแหน่ง **เต้ารับและเต้าเสียบ** (Plug) เป็นอุปกรณ์ที่จะนำกระแสไฟฟ้าเข้าสู่เครื่องใช้ไฟฟ้า เพื่อให้สามารถ ทำงานได้ ซึ่งเต้ารับจะติดตั้งกับอาคารสถานที่โดยต่อเชื่อมกับวงจรไฟฟ้า ส่วนเต้าเสียบจะมีสายไฟ ต่อเชื่อมกับเครื่องใช้ไฟฟ้า เต้าเสียบมี 2 แบบ คือ 1. แบบ 2 ขา จะใช้กับเต้ารับ 2 ช่อง 2. แบบ 3 ขา จะใช้กับเต้ารับ 3 ช่อง โดยขามี่ 3 จะเชื่อมต่อกับสายดินเพื่อช่วยป้องกันอันตรายกรณีที่มีกระแสไฟฟ้ารั่ว **สายดิน** ทำด้วยลวดทองแดงความต้านทานต่ำมากต่อกับตัวถังของเครื่องใช้ไฟฟ้าปลายหนึ่งอีกปลายหนึ่งต่อกับแท่งโลหะยาวประมาณ 1.5 เมตร ฝังดินไว้ เมื่อมีไฟรั่วเข้าตัวถังของเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าจะ		

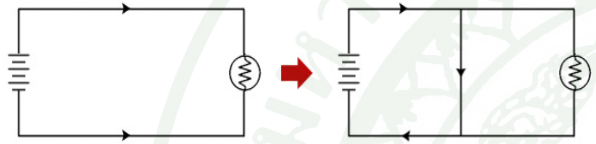
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แนวคิด	กรอบแนวคิดวิทยาศาสตร์	แนวคิดคลาดเคลื่อน	ที่มาแนวคิดคลาดเคลื่อน
	ไม่ไหลผ่านตัวเราแต่ลงดิน เพราะตัวเรามีความต้านทานสูง กระแสไฟที่รั่วจะเลือกไหลลงดินผ่านทางสายดินทำให้เราปลอดภัยจากไฟฟ้าดูด  **ภาพที่ 11** สายดิน www.fangchanu.ac.th/teacher/electric/unit 3		
วงจรลัดและฟิวส์	**ไฟฟ้าลัดวงจร**เกิดจากตัวนำในสายไฟที่ไม่มีฉนวนหุ้มมาสัมผัสกันหรือเกิดจากตัวนำที่มีความต้านทานน้อยมากมาพาดในวงจรไฟฟ้า ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านทางที่สัมผัสกันโดยไม่ผ่านทางที่มีความต้านสูงกว่ากระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านจุดที่เกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรได้สะดวกและไหลผ่านได้มากจนเกิดความร้อนขึ้นในวงจรส่วนนี้เป็นสาเหตุให้เกิดไฟลุกไหม้ได้	- การเลือกขนาดของฟิวส์เช่นเลือกขนาดฟิวส์พอดีกับกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้า - ไม่สามารถระบุได้ว่าวงจรลัดมีลักษณะอย่างไร - ไม่สามารถระบุได้ว่าเมื่อเกิดวงจรลัดแล้วกระแสไฟฟ้าจะไม่ไหลผ่านหลอดไฟหลอดใด	-จากประสบการณ์ผู้วิจัย -จากประสบการณ์ผู้วิจัย -จากประสบการณ์ผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แนวคิด	กรอบแนวคิดวิทยาศาสตร์	แนวคิดคลาดเคลื่อน	ที่มาแนวคิดคลาดเคลื่อน
	 **ภาพที่12** วงจรลัด(Short circuit) www.myfirstbrain.com **ฟิวส์**(fuse)เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรไฟฟ้ามากเกินไปและช่วยป้องกันไฟไหม้จากไฟฟ้าลัดวงจร โดยเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลเข้าวงจรมากเกินไปหรือเมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจรขึ้นฟิวส์จะร้อนและหลอมละลายขาดออกจากกัน ฟิวส์เป็นโลหะผสมระหว่างตะกั่วและดีบุกและมีบิสมัทผสมอยู่ด้วย สมบัติของฟิวส์ที่สำคัญคือมีจุดหลอมเหลวต่ำ สัญลักษณ์ของฟิวส์คือ	- เข้าใจผิดว่าคำว่าลัดวงจรหมายถึงวงจรที่มีเส้นทางที่สั้นที่สุด - ฟิวส์มีความต้านทานสูงจึงลุกไหม้และหลอมละลายได้ - วงจรลัดทำให้เกิดไฟไหม้เนื่องจากกระแสไหลมาชนกัน -ฟิวส์ป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร	-จากประสบการณ์ผู้วิจัย -จากประสบการณ์ผู้วิจัย -จากประสบการณ์ผู้วิจัย -จากประสบการณ์ผู้วิจัย
กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า	**กำลังไฟฟ้า (Electric power)** คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในหนึ่งหน่วยเวลา เขียนสมการได้ดังนี้ $P = \frac{W}{t}$ เมื่อ P คือกำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นจูลต่อวินาที (J/s)หรือวัตต์ (W) W คือพลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นจูล (J) t คือเวลามีหน่วยเป็น วินาที (s)	- ใช้หน่วยของกำลังไฟฟ้าและหน่วยของเวลาผิดเมื่อนำมาใช้คำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าในหน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมง (Unit) - นักเรียนสับสนระหว่างความหมายของกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้านักเรียนคิดว่ากำลังกับพลังงานเป็นตัวเดียวกัน	-จากประสบการณ์ผู้วิจัย -จากประสบการณ์ผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

แนวคิด	กรอบแนวคิดวิทยาศาสตร์	แนวคิดคลาดเคลื่อน	ที่มาแนวคิดคลาดเคลื่อน
	เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดจะใช้พลังงานไฟฟ้าต่างกัน ซึ่งเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีวัตต์สูงจะใช้พลังงานไฟฟ้าหรือกินไฟมากกว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดอื่น เครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดจะมีฉลากตัวเลขกำกับไว้ด้วย เช่น หม้อหุงข้าวเครื่องหนึ่งมีตัวเลขกำกับไว้ 220 V 610 W ตัวเลข 220 V หมายความว่าใช้ต่อกับความต่างศักย์220 V ตัวเลข 610 W หมายความว่า ใช้กำลังไฟฟ้า 610 W หรือใช้พลังงานไฟฟ้า 610 จูล ในเวลา 1 วินาที เมื่อทราบศักย์ไฟฟ้าและกำลังของเครื่องใช้ไฟฟ้า สามารถคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆได้จากสมการ $P = IV$ หรือ $I = \frac{P}{V}$ เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)หรือ แอมแปร์.โวลต์ V คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้ามีหน่วยเป็น โวลต์(V) I คือ กระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็น แอมแปร์(A) **การคิดเงินค่าพลังงานไฟฟ้า** คือ การคิดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาหนึ่ง หน่วยของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้คิดเป็นหน่วย หรือ ยูนิต(Unit) โดยที่ 1 หน่วย เท่ากับ 1 กิโลวัตต์ –ชั่วโมง ดังนั้น จำนวนหน่วย = กิโลวัตต์ × ชั่วโมง หรือ จำนวนหน่วย = $\frac{\text{วัตต์}}{1000} \times \text{ชั่วโมง}$ และเงินค่าพลังงานไฟฟ้า = จำนวนหน่วย × ราคาต่อหน่วย	- นักเรียนเข้าใจความหมายของกำลังไฟฟ้าผิดโดยนำมาเปรียบเทียบกับกำลังวังชาหรือแรงในชีวิตประจำวัน -นักเรียนระบุความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าไม่ได้	-จากประสบการณ์ผู้วิจัย -จากประสบการณ์ผู้วิจัย

ที่มา:หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก จ

แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบวัดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ VNOS –Form C
สำหรับนักเรียนระดับชั้นศึกษาปีที่ 3[1]

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ VNOS –Form C ชุดนี้เป็นแบบอัตนัยจำนวน 10 ข้อ สร้างและพัฒนาโดย Lederman ในประเด็นดังต่อไปนี้

1.ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ (Tentativeness)

2.ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนประจักษ์พยาน (Empirical basis)

3.ความเป็นอัตนัย (Subjectivity)

4.ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity)

5.มิติทางด้านสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (Social/cultural Embeddedness)

6.การสังเกตและการลงความเห็น (Observation and inference)

7.ทฤษฎีและกฎ (Theories and Laws)

8.กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific methods)

และ 9.คุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ (เพิ่มเติม)

2. คำตอบของนักเรียนไม่มีผลต่อคะแนนในชั้นเรียน แต่จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งต่อการความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์รายวิชาวิทยาศาสตร์

3. แบบวัดนี้ ให้เวลาในการตอบ 1 ชั่วโมง

---

[1]เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ให้ใช้เพื่อประโยชน์ทางการศึกษา หากต้องการใช้ในการวิจัย ให้ขออนุญาตผู้วิจัยเป็นลายลักษณ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่อ.....นามสกุล..... ชั้น ม.3 / ..... เลขที่.....

แบบวัดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง : .ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเข้าใจของนักเรียนในเวลา 60 นาที

1.ตามความเข้าใจของนักเรียน นักเรียนคิดว่าวิทยาศาสตร์คืออะไรและวิทยาศาสตร์แตกต่างจากศาสตร์อื่นๆ (เช่น ศาสนา ปรัชญา รัฐศาสตร์ สังคมศาสตร์) อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. การทดลองคืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. นักเรียนคิดว่าความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ได้มาจากการทดลองเท่านั้นใช่หรือไม่

(ก)ถ้านักเรียนตอบใช่ จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ

(ข)ถ้านักเรียนตอบไม่ใช่ จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์ตั้งขึ้นมาแล้ว เช่น ทฤษฎีอะตอม ทฤษฎีวิวัฒนาการ สามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่

- ถ้านักเรียนเชื่อว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ให้นักเรียนอธิบายว่าเพราะเหตุใด พร้อมยกตัวอย่างประกอบ

- ถ้านักเรียนเชื่อว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้

(ก) ให้นักเรียนอธิบายว่าเพราะเหตุใดทฤษฎีนั้นจึงเปลี่ยนแปลงได้

(ข) ให้นักเรียนอธิบายว่าเมื่อทฤษฎีมีการเปลี่ยนแปลงได้ทำไมเราจึงต้องเรียนทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างประกอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. นักเรียนคิดว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (Scientific theory)แตกต่างจากกฎทางวิทยาศาสตร์ (Scientific laws) หรือไม่ อย่างไรให้ยกตัวอย่างและอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. หนังสือวิทยาศาสตร์บางเล่มนำเสนอว่าอะตอมประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง ซึ่งประกอบด้วยโปรตอน (เป็นอนุภาคที่มีประจุบวก) และนิวตรอน (เป็นอนุภาคที่เป็นกลาง) และมีอิเล็กตรอน (อนุภาคที่เป็นลบ) ที่โคจรอยู่รอบๆนิวเคลียสนั้น นักวิทยาศาสตร์แน่ใจได้อย่างไรว่าโครงสร้างอะตอมเป็นเช่นนั้น หลักฐานอะไรหรือหลักฐานประเภทใดที่นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อว่าอะตอมมีลักษณะเช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. นักวิทยาศาสตร์นิยาม “สปีชีส์” ว่าเป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเหมือนๆกันและสามารถให้ลูกที่ไม่เป็นหมันนักวิทยาศาสตร์มีความมั่นใจมากน้อยเพียงใดว่าลักษณะเหล่านี้เป็นลักษณะของสปีชีส์ นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ใช้ประจักษ์พยานหรือวิธีการใดในการนิยามคำว่า “สปีชีส์”

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8. นักวิทยาศาสตร์ได้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการสูญพันธุ์ของไดโนเสาร์ไว้ 2สมมติฐาน คือ

สมมติฐานที่ 1 เสนอโดยนักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่งอธิบายว่ามีอุกกาบาตขนาดใหญ่พุ่งชนโลกเมื่อ 65 ล้านปีและนำไปสู่การสูญพันธุ์ของไดโนเสาในที่สุด

สมมติฐานที่ 2 เสนอโดยนักวิทยาศาสตร์อีกกลุ่มหนึ่งเสนอว่ามีภูเขาไฟระเบิดอย่างรุนแรงครั้งใหญ่เป็นเหตุให้เกิดการสูญพันธุ์ของไดโนเสาร์

เพราะเหตุใดนักวิทยาศาสตร์ทั้งกลุ่มที่ใช้แหล่งข้อมูลเดียวกันจึงเสนอสมมติฐานที่แตกต่างกัน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

9. บางคนกล่าวว่าวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับสังคมและวัฒนธรรมโดยได้รับอิทธิพลจากความคิด ความเชื่อ ค่านิยม ปรัชญาและบรรทัดฐานทางสังคมและวัฒนธรรมนั้นๆ บางคนเห็นตรงข้าม กล่าวคือ วิทยาศาสตร์มีความเป็นสากลไม่ขึ้นอยู่กับความคิด ความเชื่อ ค่านิยม ปรัชญา และบรรทัดฐานทางสังคมและวัฒนธรรม

(ก) ถ้านักเรียนเชื่อว่าวิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลมาจากความเชื่อ ค่านิยม ทางสังคมและวัฒนธรรม

จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ

(ข) ถ้านักเรียนเชื่อว่าวิทยาศาสตร์เป็นอิสระจากความเชื่อค่านิยม ทางสังคมและวัฒนธรรม

จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10.ในการทำการทดลองหรือสืบเสาะหาคำตอบของนักวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในระหว่างการทำงานหรือไม่

- ถ้า *ใช่* ขั้นตอนใดในการสำรวจตรวจสอบที่นักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ (เช่น การวางแผน การออกแบบการทดลอง , การเก็บข้อมูล หรือ หลังการเก็บข้อมูล) ให้นักเรียนอธิบายพร้อมยกตัวอย่างว่าทำไมนักวิทยาศาสตร์จึงต้องใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์

- ถ้า***ไม่ใช่***นักเรียนเชื่อว่านักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในระหว่างการทำงาน ให้นักเรียนอธิบายพร้อมยกตัวอย่าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

11. ให้นักเรียนวาดภาพนักวิทยาศาสตร์ตามความเข้าใจของนักเรียน ในพื้นที่ที่กำหนดให้

(1) ให้นักเรียนบรรยายภาพว่า ภาพนักวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนวาดกำลังทำงานอะไรอยู่ ให้บรรยายมาอย่างน้อย 2 ประโยค

.....

.....

(2) ให้นักเรียนเขียนคำ 3 คำ ที่เกิดขึ้นในใจเมื่อนึกถึงนักวิทยาศาสตร์

.....

.....

(3) นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์จะทำอะไรในวันหยุด ให้เขียนมาอย่างน้อย 3 รายการ

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างโครงการสอนระยะยาว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 โครงการสอนระยะยาวการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า

แผนที่	จำนวนคาบ	Scientific Inquiry Process with Explicit Approach for Teaching NOS..				
		ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	**ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore)**	**ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain)**	**ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Extend)**	**ขั้น 5 ขั้นประเมิน (Evaluate)**
1 ไฟฟ้าสถิต	2	ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยนักเรียนใช้ลูกโป่งออกแรงดูดกระดาษฟรอยด์ชิ้นเล็กๆที่อยู่บนโต๊ะ	นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มตรวจสอบคุณสมบัติของประจุไฟฟ้าโดยการนำแท่งพอลีทีนและแท่งอะซิเตตถูกับผ้าขนสัตว์	นักเรียนสรุปคุณสมบัติของประจุไฟฟ้าและการเกิดอำนาจไฟฟ้าจากการถูกันของวัตถุและเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในองค์ประเด็น *1.การอ้างอิงหลักฐานเชิงประจักษ์พยาน* *2.จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์* นักเรียนดูภาพเคลื่อนไหวการเคลื่อนย้ายประจุบนลูกโป่งกับผ้าขนสัตว์ของ *PhET*	นักเรียนอภิปรายประวัติและข้อค้นพบของ *เบนจามิน แฟลงคลิน* เรื่องประจุไฟฟ้าในอากาศเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น *3. คุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์* *4. มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของการทำงานของนักวิทยาศาสตร์*	นักเรียนเขียนแบบจำลองการเกิดอำนาจไฟฟ้าจากการนำวัตถุ 2 ชนิดมาถูกันและทำใบงานที่ 1.1 และนักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

แผนที่	จำนวนคาบ	Scientific Inquiry Process with Explicit Approach for Teaching NOS				
		ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	**ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore)**	**ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain)**	**ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Extend)**	**ขั้น 5 ขั้นประเมิน (Evaluate)**
2 เซลล์ไฟฟ้าเคมี	3	ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยกิจกรรมการต่อเซลล์ไฟฟ้าจากผลไม้	นักเรียนทำการตรวจสอบเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีโดยใช้แผ่นทองแดงและแผ่นสังกะสีจุ่มลงในสารละลายกรดซัลฟิวริกและสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแผ่นทองแดงและแผ่นสังกะสีและสังเกตเข็มของเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า	สรุปผลการทำกิจกรรมโดยนักเรียนมีการตรวจสอบผลของกิจกรรมและเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็น *1.การการตรวจสอบซ้ำ(peer review) ในประชาคมนักวิทยาศาสตร์** *2.การสังเกต การมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และการอ้างอิงหลักฐานเชิงประจักษ์พยาน*	ดูวีดีทัศน์เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีในถ่านไฟฉายและแบตเตอรี่และวีดีทัศน์เกี่ยวกับประวัติการค้นพบไฟฟ้าจากปฏิกิริยาเคมีคนแรกโดย *อเลสซานโดร วอลตา* เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น *3.ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้* *4. การตรวจสอบซ้ำในประชาคมนักวิทยาศาสตร์**	นักเรียนทำใบงานที่ 1.2 นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้

หมายเหตุ: * เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงว่าประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ไม่ได้อยู่ในกรอบของ Lederman และไม่ทำการวัดผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

แผนที่	จำนวนคาบ	Scientific Inquiry Process with Explicit Approach for Teaching NOS.				
		ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	**ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore)**	**ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain)**	**ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Extend)**	**ขั้น 5 ขั้นประเมิน (Evaluate)**
3 กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและไดนาโม	3	ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยใช้ภาพการผลิตไฟฟ้าโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากเขื่อนและพลังงานลม แล้วตั้งประเด็นคำถามว่า -เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทนี้ทำงานอย่างไร -เหมือนหรือต่างกันอย่างไรกับเซลล์ไฟฟ้าเคมี	นักเรียนทำกิจกรรมเรื่องกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและอภิปรายที่มาของการทดลองของ*ไมเคิล ฟาราเดย์* แล้วให้นักเรียนตั้งปัญหาและสมมติฐานจากการทดลองเพื่อเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น *1.ความหมายของสมมติฐาน* นักเรียนทำกิจกรรมเรื่องไดนาโมเพื่อศึกษาอัตราเร็วในการหมุนขดลวด	นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลและส่งตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียนและสรุปผลจากกิจกรรมนำมาเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น *2.การสังเกต และลงข้อความคิดเห็น* *3.การอ้างอิงหลักฐานเชิงประจักษ์พยาน*	นักเรียนดูวีดีทัศน์หลักการทำงานของไดนาโมกระแสตรงและกระแสสลับและสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับประโยชน์ อภิปรายผลกระทบที่เกิดจากการสร้างเขื่อนหรือการใช้เชื้อเพลิงต่างๆ เช่น ถ่านหินและเชื่อมโยงเข้าสู่ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น *4. มิติทางสังคมและวัฒนธรรมในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์*	นักเรียนสืบค้นประวัติของไมเคิล ฟาราเดย์และให้บันทึกคุณลักษณะของไมเคิล ฟาราเดย์ *5.คุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์* ลงในอนุทินการเรียนรู้และทำใบงานเรื่องที่ 1.3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

แผนที่	จำนวนคาบ	Scientific Inquiry Process with Explicit Approach for Teaching NOS.				
		ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	**ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore)**	**ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain)**	**ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Extend)**	**ขั้น 5 ขั้นประเมิน (Evaluate)**
4 กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์	2	ครูทบทวนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับถ่านไฟฉาย นักเรียนสังเกตตัวเลขบนถ่านไฟฉาย ครูตั้งประเด็นคำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจดังนี้ - ค่าตัวเลขในหน่วยโวลต์หมายถึงอะไร -ปริมาณนี้สามารถวัดได้อย่างไร -ปริมาณนี้มีผลอย่างไรกับกระแสไฟฟ้า	นักเรียนทำการทดลองศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนถ่านไฟฉายและความต่างศักย์ของถ่านไฟฉาย รวมทั้งหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนถ่านไฟฉายกับกระแสไฟฟ้า	นักเรียนร่วมกันสรุปผลของกิจกรรมเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น *1.การสังเกต การลงข้อความคิดเห็นและการมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์* นักเรียนศึกษาวิธีการวัดกระแสไฟฟ้ารวมทั้งร่วมกันอภิปรายคุณสมบัติและการนำไปใช้เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์	ครูอธิบายการเกิดกระแสไฟฟ้าตามทฤษฎีอิเล็กตรอน โดยนิยามของกระแสไฟฟ้าสามารถเขียนในรูปสมการดังนี้ $I = Q/t$ และครูให้ตัวอย่างโจทย์การคำนวณจำนวน ครูเชื่อมโยงทฤษฎีอิเล็กตรอนกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น *2.ความเป็นอัตนัย* *3. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้*	นักเรียนวาดภาพการต่อโวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์เข้ากับวงจรไฟฟ้าโดยใช้สัญลักษณ์ในใบงานที่ 1.4 นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

แผนที่	จำนวนคาบ	Scientific Inquiry Process with Explicit Approach for Teaching NOS.				
		ขั้นที่ 1 **ขั้นสร้างความสนใจ** (Engage)	**ขั้นที่ 2** **ขั้นสำรวจและค้นหา** (Explore)	**ขั้นที่ 3** **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป** (Explain)	**ขั้นที่ 4** **ขั้นขยายความรู้** (Extend)	**ขั้น 5** **ขั้นประเมิน** (Evaluate)
5 ชนิดของตัวนำและความต้านทาน	3	นักเรียนจับคู่เขียนชื่อตัวนำและฉนวนที่นักเรียนทราบและครูนำสายไฟแบบต่างๆให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อสังเกต	นักเรียนทำการทดลอง เรื่อง ความต้านทานไฟฟ้าของลวดตัวนำ นักเรียนตรวจสอบผลการทดลองระหว่างกันและเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็น *1. การตรวจสอบซ้ำในประชาคมนักวิทยาศาสตร์**	นักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการทดลองโดยครูเชื่อมโยงกิจกรรมการทดลองของนักเรียนกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น *2.วิธีการทางวิทยาศาสตร์* โดยได้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์จากข้อสรุป $R = \frac{\rho L}{A}$ สามารถเชื่อมโยงประเด็น *3.กฎและทฤษฎี*	นักเรียนค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับการวัสดุที่นำมาใช้ทำสายไฟ ชนิดของสายไฟฟ้า การนำสายไฟฟ้าไปใช้และตัวเลขของสายไฟมีความหมายว่าอย่างไรจากนั้นเชื่อมโยงเข้าสู่ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น *4.ความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**	นักเรียนทำแบบฝึกหัดการคำนวณในใบงานที่ 1.5 นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้

หมายเหตุ: * เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงว่าประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ไม่ได้อยู่ในกรอบของ Lederman และไม่ทำการวัดผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

แผนที่	จำนวนคาบ	Scientific Inquiry Process with Explicit Approach for Teaching NOS.				
		ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	**ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore)**	**ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain)**	**ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Extend)**	**ขั้น 5 ขั้นประเมิน (Evaluate)**
6 กฎของโอห์ม	3	ครูทบทวนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้า ความต้านทาน และความต่างศักย์ เช่นความหมายและหน่วยต่างๆและตั้งคำถามกับนักเรียนว่าปริมาณทั้งสามมีความสัมพันธ์กันอย่างไร	นักเรียนทำการทดลอง เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน โดยนักเรียนต้องบันทึกข้อมูลแล้วนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า นักเรียนคำนวณหาความชันกราฟเพื่อได้ค่าความต้านทาน	นักเรียนร่วมกันสรุปข้อมูลที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าจนได้สมการ V = IR เชื่อมโยงเข้าสู่ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น *1.วิธีการทางวิทยาศาสตร์*	นักเรียนฝึกทำโจทย์สถานการณ์ต่างๆเกี่ยวกับการคำนวณและเชื่อมโยงเข้าสู่ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น *2.กฎและทฤษฎี* โดยยกตัวอย่างกฎของโอห์มและทฤษฎีอิเล็กตรอน	นักเรียนทำแบบฝึกหัดการคำนวณกฎของโอห์มในใบงานที่ 1.6 และนักเรียนค้นประวัติของ *เกออร์ก ซีมอน โอห์ม* เพื่อเชื่อมโยงประเด็น *คุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์* โดยให้แสดงถึงอุปนิสัยและบุคลิกลักษณะนักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

แผนที่	จำนวนคาบ	Scientific Inquiry Process with Explicit Approach for Teaching NOS.				
		ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	**ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore)**	**ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain)**	**ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Extend)**	**ขั้น 5 ขั้นประเมิน (Evaluate)**
7 วงจรอนุกรมและวงจรขนาน	3	ครูสาธิตการการต่อไส้ดินสอกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ไส้ดินสอจะเปล่งแสงเพื่อเชื่อมโยงกับประวัติการทำงานของ ทอมัส แอลวา เอดิสัน ในประเด็น *1.คุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์* นักเรียนร่วมกันคิดว่าถ้ามีหลอดไฟสองหลอดจะสามารถต่อได้กี่แบบ	นักเรียนทำการทดลองต่อหลอดไฟแบบอนุกรมและขนาน ตอนที่ 1 เปรียบเทียบความสว่าง ตอนที่ 2 วัดความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าของแต่ละหลอดและทั้งวงจร	นักเรียนร่วมกันสรุปและอภิปรายผลและเชื่อมโยงเข้าสู่ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น *2.นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์*	ครูอธิบายความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการต่อความต้านทานไฟฟ้าแบบผสม พร้อมทั้งวาดภาพการต่อความต้านทานไฟฟ้าแบบผสม นักเรียนคำนวณหาความต้านทานรวมของการต่อความต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานและแบบผสมและเชื่อมโยงกับประเด็น *3.กฎและทฤษฎี*	นักเรียนทำแบบฝึกหัดการคำนวณในใบงาน 1.7 นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

แผนที่	จำนวนคาบ	Scientific Inquiry Process with Explicit Approach for Teaching NOS.				
		ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore)	ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain)	ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Extend)	ขั้น 5 ขั้นประเมิน (Evaluate)
8 อุปกรณ์ไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน	2	ครูตรวจสอบความรู้เดิมเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าครบวงจร วงจรปิดและวงจรเปิด และนักเรียนเขียนอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านที่นักเรียนทราบ	นักเรียนทำกิจกรรม สังเกตการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน โดยนักเรียนสังเกตความสว่างของหลอดไฟเมื่อ -ยกสะพานไฟค้างไว้ -เมื่อนักเรียนกดสวิตช์ทั้ง 2 ตัวพร้อมกัน -ต่อฟิวส์สลับขั้วไขว้กัน	นักเรียนสรุปผลเกี่ยวกับหน้าที่ของสะพานไฟ สวิตช์ และการต่อฟิวส์ในวงจรไฟฟ้า และเชื่อมโยงกิจกรรมกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น *1.การสังเกต และลงข้อความคิดเห็น* *2. การตรวจสอบซ้ำในประชาคมนักวิทยาศาสตร์**	นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าในบ้านและการส่งกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้ามายังบ้านเรือนที่อยู่อาศัย	นักเรียนวาดวงจรไฟฟ้าในบ้านโดยมีอุปกรณ์ไฟฟ้าตามที่กำหนด ในใบงานที่ 1.8 และตอบคำถามในใบงาน1.9 นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

แผนที่	จำนวนคาบ	Scientific Inquiry Process with Explicit Approach for Teaching NOS.				
		ขั้นที่ 1 **ขั้นสร้างความสนใจ** (Engage)	**ขั้นที่ 2** **ขั้นสำรวจและค้นหา** (Explore)	**ขั้นที่ 3** **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป** (Explain)	**ขั้นที่ 4** **ขั้นขยายความรู้** (Extend)	**ขั้น 5** **ขั้นประเมิน** (Evaluate)
9 วงจรลัดและคุณสมบัติของฟิวส์	3	ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยนำภาพข่าวไฟไหม้และให้นักเรียนอภิปรายว่าสาเหตุใดที่ก่อให้เกิดไฟไหม้ และใช้แผนภาพการต่ออุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านให้นักเรียนคิดว่าส่วนใดที่อาจเป็นสาเหตุของไฟไหม้และจะมีวิธีป้องกันอย่างไร	นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม ตอนที่ 1 สังเกตไฟฟ้าลัดวงจร ตอนที่ 2 คุณสมบัติของฟิวส์	นักเรียนสรุปผลของกิจกรรมและเชื่อมโยงเข้าสู่ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น *1.ความเป็นอัตนัย* *2. การอ้างอิงจากหลักฐานและประจักษ์พยาน* *3.วิธีการทางวิทยาศาสตร์*	นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับอันตรายที่เกิดจากไฟฟ้าลัดวงจร การป้องกันไม่ให้ไฟฟ้าลัดวงจร รวมถึงการเลือกใช้ฟิวส์และเชื่อมโยงเข้าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น *4.นักวิทยาศาสตร์อาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ*	นักเรียนตอบคำถามในห้องเรียนและทำใบงานที่ 1.10 นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

แผนที่	จำนวนคาบ	Scientific Inquiry Process with Explicit Approach for Teaching NOS.				
		ขั้นที่ 1 **ขั้นสร้างความสนใจ** (Engage)	**ขั้นที่ 2** **ขั้นสำรวจและค้นหา** (Explore)	**ขั้นที่ 3** **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป** (Explain)	**ขั้นที่ 4** **ขั้นขยายความรู้** (Extend)	**ขั้น 5** **ขั้นประเมิน** (Evaluate)
10 กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า	2	ครูตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนโดยให้นักเรียนจับคู่เขียนชื่อพลังงานที่รู้ให้ได้มากที่สุด และกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยนำภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ เช่น หลอดไฟธรรมดา หลอดฟลูออเรสเซนต์ กาต้มน้ำ โทรทัศน์และตั้งประเด็นในการอภิปรายเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ	นักเรียนสำรวจตัวเลขของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในอาคารโรงเรียน (ครูจัดแบ่งห้องให้นักเรียนออกไปสำรวจ)และบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้ -ชื่อเครื่องใช้ไฟฟ้า -การเปลี่ยนรูปพลังงาน -ตัวเลขความต่างศักย์ -ตัวเลขกำลังไฟฟ้า เชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็น *1. การตรวจสอบซ้ำในประชาคมนักวิทยาศาสตร์*	นักเรียนร่วมกันสรุปผลของกิจกรรมเพื่อบอกความหมายกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และเชื่อมโยงกิจกรรมกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น *2.วิธีการทางวิทยาศาสตร์*โดยบ่งชี้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องได้มาจากการการทดลอง	ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าตามความสัมพันธ์ $P = W/t$ หรือ $W = P \times t$ และ $P = IV = IR^2 = V^2/R$ ร่วมกันอภิปรายวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าและให้นักเรียนนำใบเสร็จค่าไฟจากบ้าน จำนวน 5 เดือนเพื่ออภิปรายแนวทางในการประหยัดและเชื่อมโยง	นักเรียนนำบิลค่าไฟที่บ้านมาแสดงการคำนวณค่าไฟจากบ้านตนเองและทำแบบฝึกหัดและใบงานที่ 1.11 นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

แผนที่	จำนวนคาบ	Scientific Inquiry Process with Explicit Approach for Teaching NOS.				
		ขั้นที่ 1 **ขั้นสร้างความสนใจ** (Engage)	**ขั้นที่ 2** **ขั้นสำรวจและค้นหา** (Explore)	**ขั้นที่ 3** **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป** (Explain)	**ขั้นที่ 4** **ขั้นขยายความรู้** (Extend)	**ขั้น 5** **ขั้นประเมิน** (Evaluate)
					ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น *2. ผลกระทบจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** *3.มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของนักวิทยาศาสตร์*	

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เอียงคือประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยทำการอภิปราย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ช

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9

วิชา พื้นฐานวิทยาศาสตร์ **รหัสวิชา ว33102**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พลังงานไฟฟ้า **ชั้น: ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**

เรื่อง วงจรลัดและคุณสมบัติของฟิวส์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน:3 คาบ

เวลา : 150 นาที

<u>มาตรฐานการเรียนรู้</u>

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงานผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

1. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า ความต้านทานและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. สังเกตและอภิปรายการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้านอย่างถูกต้องปลอดภัยและประหยัด

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหารู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

1. ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

2. สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลาย ๆ วิธี

3. เลือกเทคนิควิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย โดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม

4. รวบรวมข้อมูล จัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ

5.วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของประจักษ์พยานกับข้อสรุป ทั้งที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับสมมติฐาน และความผิดปกติของข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>จุดประสงค์การเรียนรู้</u>

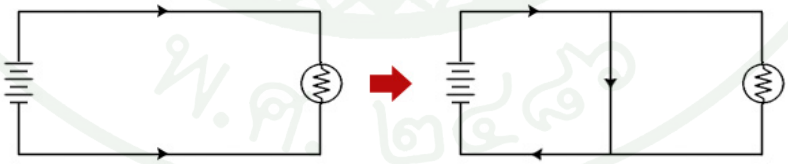
1. บอกสาเหตุของการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรได้(K)
2. บอกคุณสมบัติของฟิวส์ได้(K)
3. ทำการทดลองเพื่อหาสาเหตุการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรได้(P)
4. ทำการทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติของฟิวส์ได้(P)
5. เลือกขนาดของฟิวส์ให้เหมาะสมกับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ได้(P)
6. มีความกระตือรือร้น ใฝ่รู้ที่จะหาคำตอบ สามารถแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่มและสามารถสื่อสารเพื่ออธิบายความคิดหรือความรู้แก่ผู้อื่นได้ (A)
7. อภิปรายและสะท้อนความเข้าใจประเด็นความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

- ความเป็นอัตนัยและการถูกเหนี่ยวนำตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
- ด้านการอ้างอิงหลักฐานเชิงประจักษ์พยาน
- วิธีการทางวิทยาศาสตร์
- วิทยาศาสตร์ต้องอาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์

<u>แนวคิดหลัก</u>

<u>วงจรลัด(Short Circuit)</u>

ไฟฟ้าลัดวงจรเกิดจากตัวนำในสายไฟที่ไม่มีฉนวนหุ้มมาสัมผัสกันหรือเกิดจากตัวนำที่มีความต้านทานน้อยมากมาพาดในวงจรไฟฟ้า ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านทางที่สัมผัสกันโดยไม่ผ่านทางที่มีความต้านสูงกว่า กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านจุดที่เกิดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรได้สะดวกและไหลผ่านได้มากจนเกิดความร้อนขึ้นในวงจรส่วนนี้มากเป็นสาเหตุให้เกิดไฟลุกไหม้ได้



ภาพที่ 1 วงจรลัด(Short circuit) www.myfirstbrain.com

<u>ฟิวส์(Fuse)</u>

ฟิวส์(fuse) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรไฟฟ้ามากเกินไปและช่วยป้องกันไฟไหม้อันเนื่องมาจากไฟฟ้าลัดวงจร โดยเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลเข้าวงจรมากเกินไปหรือเมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจรขึ้นฟิวส์จะร้อนและหลอมละลายขาดออกจากกัน

ฟิวส์เป็นโลหะผสมระหว่างตะกั่ว(Pb)และดีบุก(Sn)และมีบิสมัท(Bi)ผสมอยู่ด้วย สมบัติของฟิวส์ที่สำคัญคือมีจุดหลอมเหลวต่ำ สัญลักษณ์ของฟิวส์คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>แนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับไฟฟ้าลัดวงจร(Short circuit)และฟิวส์</u>

- การเลือกขนาดของฟิวส์เช่นเลือกขนาดฟิวส์พอดีกับกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้า
- ไม่สามารถระบุได้ว่าวงจรลัดมีลักษณะอย่างไร
- ไม่สามารถระบุได้ว่าเมื่อเกิดวงจรลัดแล้ว กระแสไฟฟ้าจะไม่ไหลผ่านหลอดไฟหลอดใด
- เข้าใจผิดว่าคำว่าลัดวงจรหมายถึงวงจรที่มีเส้นทางที่สั้นที่สุด

<u>ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์</u>

ความเป็นอัตนัยและการถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The Subjective and Theory-laden Nature of Scientific Knowledge) วิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลและถูกขับเคลื่อนโดยทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ซึ่งได้รับการยอมรับในเวลานั้น กล่าวคือ การตั้งคำถามวิธีการสืบเสาะหาคำตอบ การตีความหมายข้อมูล มักถูกเหนี่ยวกับโดยกฎและทฤษฎีดังกล่าวอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้และทำให้วิทยาศาสตร์ก้าวหน้าไปภายใต้กรอบแนวคิดเดิมยกเว้นมีการตีความข้อมูลจากความเข้าใจที่แตกต่างจากเดิม เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ความอัตนัย อันหมายรวมถึง ค่านิยม ความเชื่อส่วนบุคคล ประสบการณ์การเดิมซึ่งคอยกำกับสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาและวิธีการที่ใช้

ด้านการอ้างอิงหลักฐานเชิงประจักษ์พยาน (The Empirical Nature of Scientific Knowledge) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนพื้นฐานหรือ/และได้มาจากการสังเกตปรากฏการณ์ในธรรมชาติ

วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific methods) นักวิทยาศาสตร์หาคำตอบในสิ่งที่สนใจโดยอาศัยความรู้เดิม ความคิดสร้างสรรค์ ความรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้มานั้นถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมาจากหลายรูปแบบ ประกอบด้วย การสังเกต การวิเคราะห์ การรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง แต่อย่างไรก็ตาม การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่มีแบบแผนหรือขั้นตอนที่ตายตัว

วิทยาศาสตร์ต้องอาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ (The Creative and Imaginative Nature of Scientific Knowledge) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกสร้างมาจากจินตนาการของมนุษย์และการใช้เหตุผลเชิงตรรกะ การสร้างสรรค์นี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสังเกตและการลงความเห็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ

<u>ความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์</u>

- ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการไม่ได้ถูกใช้ในทุกขั้นตอนของการแสวงหาความรู้ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองว่าในระหว่างเก็บข้อมูลและภายหลังจากการเก็บข้อมูลไม่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ
- ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการทดลองเพียงอย่างเดียว
- นักวิทยาศาสตร์จะสรุปข้อมูลออกมาเหมือนกันหากได้รับข้อมูลพื้นฐานชุดเดียวกัน
- วิทยาศาสตร์แตกต่างจากสาขาวิชาอื่นตรงที่ยากและซับซ้อนกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>กระบวนการจัดการเรียนรู้</u>

ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) (15 นาที)

1. ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยนำภาพข่าวไฟไหม้บ้านหรือโรงงานและแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้านมาติดบนกระดานดำให้นักเรียนดู แล้วตั้งประเด็นคำถามให้นักเรียนสืบค้นดังต่อไปนี้

- จากแผนภาพนักเรียนคิดว่าไฟไหม้น่าจะเกิดจากสาเหตุใด ***(ไฟฟ้าลัดวงจร การปล่อยธูปหรือเทียนทิ้งไว้ก่อให้เกิดไฟไหม้ได้)***

- สายไฟที่ชำรุดจนกระทั่งฉนวนหุ้มฉีกขาดมีผลต่อไฟไหม้หรือไม่ ถ้ามีเกี่ยวข้องอย่างไร ***(มีผลเพราะฉนวนที่หุ้มฉีกขาดทำให้ลวดทองแดงอาจมาสัมผัสกันก่อให้เกิดความร้อนและไฟไหม้)***

- นักเรียนเคยได้ยินคำว่า “ไฟฟ้าลัดวงจร” หรือไม่ ไฟฟ้าลัดวงจรคืออะไรเกี่ยวข้องกับไฟไหม้อย่างไร ***(เคยเช่นเวลาได้ยินข่าวไฟไหม้มักจะได้ยินคำนี้เสมอ ไฟฟ้าลัดวงจรคือการที่สายไฟที่ไม่มีฉนวนหุ้มมาแตะสัมผัสกันทำให้กระแสไฟฟ้าไม่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ไหลผ่านตำแหน่งที่สายไฟสัมผัสกันเป็นสาเหตุของความร้อนและไฟไหม้ได้)***

- นักเรียนคิดว่าจะป้องกันการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรได้อย่างไร***(ใช้ฟิวส์ใส่ในเครื่องใช้ไฟฟ้า หมั่นตรวจสอบสายไฟเมื่อฉนวนหุ้มขาดต้องรีบเปลี่ยนในทันที)***

2. ครูแสดงตัวอย่างฟิวส์ชนิดต่างๆให้นักเรียนดูและตั้งคำถามดังต่อไปนี้

- นักเรียนคิดว่าฟิวส์จะสามารถป้องกันการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรได้อย่างไร ***(ฟิวส์หลอมละลายทำให้เกิดวงจรเปิด)***

- นักเรียนคิดว่าฟิวส์มีคุณสมบัติอย่างไร ***(หลอมละลายได้ง่าย)***

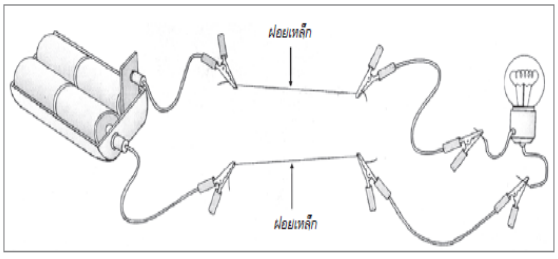
ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) (35 นาที)

3.นักเรียนแบ่งกลุ่มกลุ่มละ 4-5 คนเพื่อปฏิบัติกิจกรรมในใบกิจกรรมที่ 1.11 เรื่อง “สังเกตไฟฟ้าลัดวงจร” และ ใบกิจกิจกรรมที่ 1.12 เรื่อง “สังเกตสมบัติของฟิวส์ ”

กิจกรรม “สังเกตไฟฟ้าลัดวงจร”

4. ครูอภิปรายว่ากิจกรรมนี้เป็นการจำลองเหตุการณ์การเกิดไฟฟ้าลัดวงจรและแนะนำอุปกรณ์ต่างๆในกิจกรรมซึ่งทำหน้าที่แทนอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน

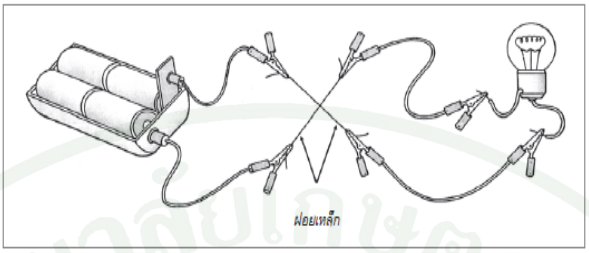
5. ครูให้นักเรียนศึกษาภาพวงจรไฟฟ้าที่แสดงเหตุการณ์จำลองการเกิดไฟฟ้าลัดวงจรดังภาพที่ 2 โดยที่ฝอยเหล็กจะต้องไม่สัมผัสกัน



ภาพที่ 2 วงจรไฟฟ้าเมื่อฝอยเหล็กยังไม่สัมผัสกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ครูให้นักเรียนทำนายว่าถ้านักเรียนนำฝอยเหล็กมาสัมผัสกันตามภาพที่ 3 นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นโดยให้นักเรียนเขียนคำทำนายในใบกิจกรรมที่ 1.11 ตารางบันทึกผลช่องP (Predict)



ภาพที่ 3 วงจรไฟฟ้าเมื่อฝอยเหล็กสัมผัสกัน

7. ครูให้นักเรียนทำการทดลองโดยนำฝอยเหล็กต่อเข้ากับหลอดไฟฟ้าและถ่านไฟฉาย 4 ก้อน และฝอยเหล็กจะต้องไม่สัมผัสกันตามรูปที่ 2 ให้นักเรียนสังเกตความสว่างของหลอดไฟและบันทึกผลลงในใบกิจกรรมที่ 1.11 ตารางบันทึกผลช่องO (Observe)

8. ครูให้นักเรียนนำฝอยเหล็ก 2 เส้นมาสัมผัสกันดังรูปที่ 3 แล้วสังเกตความสว่างของหลอดไฟฟ้า รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบริเวณส่วนที่ฝอยเหล็กสัมผัสกันนักเรียนบันทึกผลลงในใบกิจกรรมที่ 1.11 ตารางบันทึกผลช่องO (Observe)

กิจกรรม “ สังเกตสมบัติของฟิวส์ ”

9. ครูสาธิตการจัดเครื่องมือและให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนดังนี้

- จุดไฟตะเกียงแอลกอฮอล์ที่ตั้งอยู่ข้างที่กั้นลม จากนั้นใช้ไม้หนีบจับที่ปลายทั้งสองของฟิวส์ขนาดเล็ก แล้วนำไปลนไฟ โดยให้ฟิวส์อยู่ตรงกับเปลวไฟส่วนที่ร้อนที่สุด ให้ผู้ปฏิบัติจับเวลาตั้งแต่เริ่มนำฟิวส์ลนไฟจนกระทั่งฟิวส์ขาด และบันทึกผลการสังเกตในใบกิจกรรมที่ 1.12

- ดำเนินการเช่นเดียวกับขั้นที่ 1 แต่เปลี่ยนขนาดฟิวส์เป็นฟิวส์ขนาดใหญ่

- นำลวดทองแดง เบอร์ 26 และลวดเหล็ก เบอร์26 ซึ่งมีขนาดเท่ากับฟิวส์ขนาดใหญ่ไปลนไฟ ตามลำดับโดยใช้เวลาเท่ากับที่ทดลองได้ในขั้นตอนที่ 2 แล้วบันทึกผลในใบกิจกรรมที่ 1.12

10.นักเรียนและครูร่วมกันตรวจสอบแลกเปลี่ยนข้อมูลและตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 1.12

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป(Explain) (50 นาที)

กิจกรรม “สังเกตไฟฟ้าลัดวงจร”

11.นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลที่เกิดขึ้นเมื่อนำฝอยเหล็กสัมผัสกันโดยให้นักเรียนเขียนคำอธิบายลงในใบกิจกรรมที่ 1.11 ตารางบันทึกผลช่องE(Explain) โดยครูใช้คำถามในการร่วมอภิปรายดังต่อไปนี้

- กิจกรรมนี้แสดงแบบจำลองปรากฏการณ์ใด***(การเกิดไฟฟ้าลัดวงจร)***

- ถ่านไฟฉายและหลอดไฟแทนอุปกรณ์ใดในบ้าน***(ถ่านไฟฉายแทนแหล่งกำเนิดไฟฟ้า หลอดไฟแทนเครื่องใช้ไฟฟ้า)***

- ฝอยเหล็กแทนอุปกรณ์ใด ***(สายไฟที่ไม่มีฉนวนหุ้ม)***

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- เราใช้ฝอยเหล็กในกิจกรรมนี้เพราะอะไร***(ฝอยเหล็กเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีและลุกไหม้ได้ง่าย)***

- ถ้าไม่ใช้ฝอยเหล็ก นักเรียนคิดว่าจะใช้สิ่งอื่นแทนได้หรือไม่ อย่างไร***(ได้ โดยเลือกสิ่งที่เป็นโลหะที่นำไฟฟ้าได้ เช่น เส้นลวดทองแดงและสังกะสี)***

- เมื่อฝอยเหล็กต่อเข้ากับหลอดไฟฟ้าและถ่านไฟฉาย 4 ก้อนแต่ฝอยเหล็กยังไม่สัมผัสกัน หลอดไฟฟ้าสว่างหรือไม่***(สว่าง)***

- เมื่อฝอยเหล็กต่อเข้ากับหลอดไฟฟ้าและถ่านไฟฉาย 4 ก้อนและฝอยเหล็กสัมผัสกันหลอดไฟฟ้าสว่างหรือไม่ เพราะเหตุใด ***(ไม่สว่าง เพราะกระแสไฟฟ้าลัดวงจรผ่านฝอยเหล็กและเกิดความร้อนจนกระทั่งไฟลุกไหม้)***

- การต่อฝอยเหล็กให้สัมผัสกัน นักเรียนไม่ควรใช้มือจับฝอยเหล็กเพราะอะไร ***(เพราะฝอยเหล็กมีกระแสไหลผ่านปริมาณมากจนเกิดความร้อน)***

- คำว่า *“ลัดวงจร”* หมายถึงอะไร***(การที่กระแสไฟฟ้าไม่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า แต่กลับไหลเข้าสู่สายไฟฟ้าอีกเส้นหนึ่งที่มีความต้านทานต่ำโดยตรง)***

- นักเรียนจะสรุปการทดลองนี้ได้อย่างไร ***(ตัวนำไฟฟ้าที่ไม่มีฉนวนหุ้ม ถ้าสัมผัสกันจะทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรได้ และขณะที่เกิดไฟฟ้าลัดวงจรนั้นจุดที่เกิดจะมีความร้อนสูง อาจทำให้เกิดไฟไหม้ได้)***

12. ครูแสดงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น ***ความเป็นอัตนัยและการถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์*** โดยใช้คำถามต่อไปนี้

- นักเรียนคิดว่าในการตั้งสมมติฐานหรือการทำนาย(predict)ของนักเรียนแต่ละกลุ่มเหมือนกันหรือไม่***(ไม่เหมือนกัน)***

- นักเรียนคิดว่าปัจจัยใดที่ทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนสมมติฐานได้ไม่เหมือนกัน ***(นักเรียนแต่ละกลุ่มมีประสบการณ์หรือความรู้เดิมไม่เท่ากันจึงมีมุมมองหรือความเข้าใจที่ต่างกัน)***

- สมมุติว่ามีนักวิทยาศาสตร์อยู่ 2 กลุ่ม ได้รับข้อมูลจากการสังเกตเหมือนกันนักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์จะลงความเห็นหรือสร้างคำอธิบายได้เหมือนกันหรือไม่***(ไม่เหมือนกัน)***

- นักเรียนคิดว่าความรู้เดิมส่งผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์อย่างไร *บ้าง* ***(ทำให้นักวิทยาศาสตร์มองหรือคิด ตัดสินใจตามกรอบของความรู้เดิมหรือทฤษฎีเดิมเรียกว่าความเป็นอัตนัยหรือการถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ยกเว้นว่านักวิทยาศาสตร์จะตีความข้อมูลนั้นโดยมุมมองที่แตกต่างออกไป)***

- ครูให้นักเรียนเขียนภาพวงจรลัดโดยใช้สัญลักษณ์

- ครูแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่มให้ช่วยกันระดมสมองว่าจะสามารถสร้างคำอธิบายผลที่เกิดขึ้นได้อย่างไร“เหตุใดจุดที่ฝอยเหล็กสัมผัสกันจึงเกิดความร้อนจนเกิดไฟไหม้และทำไมหลอดไฟจึงไม่สว่าง” ***(นักเรียนอาจสร้างคำอธิบายไม่เหมือนกัน)***

- ครูอธิบายข้อเท็จจริงดังนี้ ***(เมื่อฝอยเหล็กยังไม่สัมผัสกันหลอดไฟสว่างเนื่องจากครบวงจรเนื่องจากฝอยเหล็กเป็นตัวนำไฟฟ้าจึงมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟ เมื่อฝอยเหล็กสัมผัสกันฝอยเหล็กจะร้อนและติดไฟเนื่องจากกระแสไฟฟ้าไม่ผ่านหลอดไฟจึงไม่สว่าง ฝอยเหล็กร้อน***

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนื่องจากฝอยเหล็กเป็นตัวนำที่มีความต้านทานต่ำมาก เมื่อวงจรไฟฟ้ามีความต้านทานต่ำ กระแสไฟฟ้าจำนวนมากจึงไหลผ่านฝอยเหล็กและเกิดความร้อนจนลุกไหม้)

- ครูเน้นย้ำว่าหากนักวิทยาศาสตร์ 2 กลุ่ม ได้รับข้อมูลพื้นฐานชุดเดียวกัน การลงความเห็นต่อข้อมูลนั้นของนักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มจะไม่เหมือนกันเนื่องจาก ค่านิยม ความเชื่อส่วนบุคคล ประสบการณ์การเดิม ของแต่ละคนไม่เหมือนกัน ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งอิทธิพลต่อสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สนใจและวิธีการที่ใช้การในการแสวงหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์

13. ครูแสดงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น ***ด้านการอ้างอิงหลักฐานเชิงประจักษ์พยาน*** โดยใช้คำถามต่อไปนี้

- นักเรียนคิดว่าทำไมเราถึงเชื่อว่ากระแสไฟฟ้าจะไม่ยอมไหลผ่านในเส้นทางที่มีความต้านทานสูงแต่กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านเส้นทางที่มีความต้านทานต่ำกว่ามากๆ ***(มีหลักฐานเชิงประจักษ์พยาน)***

- หลักฐานใดที่แสดงให้เห็นตามที่กล่าวมา ***(หลอดไฟไม่สว่างและฝอยเหล็กซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้าความต้านทานต่ำเกิดความร้อนจนลุกไหม้)***

- ครูเสริมว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากความรู้สาขาอื่นๆเพราะเป็นองค์ความรู้ที่ต้องมีประจักษ์พยานหลักฐานที่อ้างอิงได้

กิจกรรม “สังเกตสมบัติของฟิวส์”

14.นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปผลจากการปฏิบัติกิจกรรมและเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น ***วิธีการทางวิทยาศาสตร์*** ด้วยคำถามดังนี้

- กิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ประเภทใด***(การทดลอง)***

- กิจกรรมครั้งนี้นักเรียนกำหนดอะไรเป็นตัวแปรต้น ***(ชนิดของตัวนำไฟฟ้าได้แก่ ฟิวส์ ลวดเหล็ก และลวดทองแดง)***

- การทดสอบสมบัติของฟิวส์ นักเรียนต้องควบคุมเรื่องอะไร***(เวลาที่ใช้ในการลนฟิวส์จนหลอมเหลว)***

- การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาอะไร(ตัวแปรตาม) ***จุดหลอมเหลวของฟิวส์ ลวดเหล็กและลวดทองแดง)***

- จุดหลอมเหลวของฟิวส์ ลวดทองแดงและลวดเหล็กต่างกันหรือไม่ ***(ต่างกัน ฟิวส์มีจุดหลอมเหลวต่ำที่สุด)***

- ถ้าลวดทองแดง ลวดเหล็ก และฟิวส์ที่มีขนาดเท่ากันได้รับความร้อนในเวลาเท่ากันผลที่เกิดขึ้นคืออะไร***(ฟิวส์จะหลอมละลายก่อน)***

- ถ้านักเรียนใช้ลวดทองแดงหรือลวดเหล็กแทนฟิวส์ผลที่เกิดขึ้นคืออะไร(***กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้มาก แต่วงจรไฟฟ้าไม่ตัด อาจทำให้เกิดไฟไหม้ได้)***

- นักเรียนจะสรุปกิจกรรมนี้ได้อย่างไร ***(ลวดตัวนำที่นำมาใช้ทำฟิวส์ควรมีจุดหลอมเหลวต่ำเพื่อให้ฟิวส์หลอมละลายเมื่อได้รับความร้อนขณะที่มีกระแสไฟฟ้ามากเกินกว่าที่วงจรไฟฟ้าจะรับได้ ซึ่งเป็นการป้องกันอันตรายอันเกิดจากไฟฟ้าลัดวงจร)***

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

-นักเรียนคิดว่าการทดลองคืออะไรมีลักษณะสำคัญอย่างไร ***(เป็นวิธีการหนึ่งทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบสมมติฐานโดยต้องมีการกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและต้องมีการควบคุมตัวแปรอื่นให้คงที่)***

ขั้นขยายความรู้ (Extend) (40 นาที)

15. ครูให้ตัวอย่างวงจรลัดรูปแบบต่างๆและให้ตัวอย่างโจทย์การคำนวณหาความต้านทานรวมจากวงจรลัดในใบงานที่ 1.10 เรื่อ “วงจรลัดและฟิวส์”

16. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับอันตรายที่เกิดจากไฟฟ้ารั่ว ผลของกระแสไฟฟ้าที่มีต่อร่างกายการป้องกันจากการเกิดไฟฟ้ารั่ว ส่วนประกอบของฟิวส์ การหลอมละลายของฟิวส์ การเลือกขนาดและชนิดของฟิวส์ซึ่งหาได้จากสมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้ I=P/V

โดยที่ I คือกระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมแปร์

P คือกำลังไฟฟ้าหน่วยเป็น(วัตต์)

V คือความต่างศักย์ของเครื่องใช้ไฟฟ้าหน่วยเป็นโวลต์

17. ครูให้ตัวอย่างสถานการณ์การคำนวณเกี่ยวกับการเลือกขนาดของฟิวส์ในใบงานที่ 1.10

18. ครูแสดงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็น***วิทยาศาสตร์ต้องอาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์***โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

- ฟิวส์มีหลักการทำงานอย่างไร ***(ฟิวส์มีจุดหลอมเหลวต่ำ เมื่อกระแสเกินไหลผ่านฟิวส์จะทำให้ฟิวส์เกิดการหลอมละลายทำให้วงจรขาดกระแสไฟฟ้าไม่ไหลจึงไม่เกิดอันตราย)***

- นักเรียนช่วยกันระดมความคิดหาวิธีการอื่นๆเพื่อป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร นักเรียนทำได้หรือไม่ อย่างไร***(ขึ้นกับคำตอบของนักเรียนโดยให้เวลานักเรียน 10 นาทีไม่เน้นให้นักเรียนต้องตอบได้)***

- นักเรียนคิดว่าในการคิดค้นฟิวส์นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้จินตนาการหรือความคิดสร้างสรรค์หรือไม่ อย่างไร ***(ต้องใช้เพราะนักวิทยาศาสตร์มีความรู้เกี่ยวกับสารที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ การประยุกต์หลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในวงจรไฟฟ้าเพื่อความปลอดภัยต้องอาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของนักวิทยาศาสตร์เอง)***

- ครูบ่งชี้ว่าในกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่างๆนักวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์

- ครูเพิ่มเติมว่าในการการสร้างคำอธิบายในสิ่งที่เราไม่สามารถมองเห็นหรือสิ่งที่เกิดขึ้นแล้วของนักวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยทั้งจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์อย่างมาก เช่น การสร้างทฤษฎีการสูญพันธ์ของไดโนเสาร์ก็ต้องอาศัยจินตนาการโดยจินตนาการนั้นต้องตั้งอยู่บนเหตุและผลเชิงประจักษ์พยานที่มาสนับสนุน ทฤษฎีบิกแบงที่อธิบายการกำเนิดเอกภพ ทฤษฎีสัมพัทธ์ภาพที่เกิดจากการนั่งคิดจินตนาการของไอสไตน์เพียงอย่างเดียวแต่นักวิทยาศาสตร์คนอื่นนำทฤษฎีของเขามาสร้างระเบิดปรมาณูที่ให้พลังงานมหาศาลหรือแม้แต่ ด.ร อาจอง ที่นักเรียนรู้จักดีท่านสามารถคิดค้นขาของยานอวกาศให้ลงจอดบนดวงจันทร์ได้ก็อาศัยความคิดจินตนาการความคิดสร้างสรรค์โดยการไปนั่งสมาธิบนยอดเขา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- นักเรียนมีตัวอย่างอื่นๆอีกหรือไม่ที่บ่งบอกว่าการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยจินตนาการ***(ขึ้นกับคำตอบของนักเรียน)***

ขั้นประเมิน (Evaluate) (10 นาที)

19. ครูทดสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยการให้ตอบคำถาม เช่น

- สาเหตุหลักของไฟฟ้าลัดวงจรคืออะไร***(สายไฟเก่าหรือขาดจนกระทั่งลวดทองแดงสัมผัสกัน)***

- บอกวิธีการป้องกันไม่ให้ไฟฟ้าลัดวงจร***(ตรวจเช็คสายไฟสม่ำเสมอ เมื่อสายไฟเก่าหรือขาดให้เลิกใช้แล้วจัดการเปลี่ยนในภายหลัง)***

- ฟิวส์คืออะไร วงจรไฟฟ้าในบ้านควรเลือกใช้ฟิวส์แบบใด***(เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรไฟฟ้ามากเกินไปและช่วยป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร)***

- เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านหลังหนึ่งมีหลอดไฟฟ้า 60 w 6 ดวง หม้อหุงข้าว 1000 w เตารีดไฟฟ้า 750 w พัดลม 50 w โทรทัศน์ 100 w ควรใช้ฟิวส์ขนาด*เท่าใด* ***(จากสมการ I = P/V จะได้ว่า***

กระแสไฟฟ้าที่ผ่านหลอดไฟ 1 หลอด มีค่า I = 60 W/220V = 0.27 A
กระแสไฟฟ้าผ่านทหลอดไฟ 6 หลอด มีค่า 0.27 x 6 = 1.63 A
กระแสไฟฟ้าที่ผ่านหม้อหุงข้าว มีค่า I = 1000 W/220V = 4.54 A
กระแสไฟฟ้าที่ผ่านเตารีดไฟฟ้า มีค่า I = 750 W/220V = 3.41 A
กระแสไฟฟ้าที่ผ่านพัดลม มีค่า I = 50 W/220V = 0.23 A
กระแสไฟฟ้าที่ผ่านโทรทัศน์ มีค่า I = 100 W/220V = 0.45 A
รวมต้องใช้กระแสไฟฟ้าทั้งหมด 1.63 + 4.54 + 3.41 + 0.23 + 0.45 = 10.26 A
ตอบ ควรใช้ฟิวส์ขนาด 15 A)

20. ครูให้นักเรียนในกลุ่มประเมินการทำงานกลุ่มโดยใช้ “แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม”

21. ครูให้นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ในประเด็นต่างๆดังต่อไปนี้

- กิจกรรมในชั้นเรียน
- สิ่งที่ได้เรียนรู้
  - เนื้อหาเรื่อง“วงจรลัดและคุณสมบัติของฟิวส์”
  - ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
- ข้อสงสัยหรือประเด็นที่ยังไม่เข้าใจ
- ความรู้สึกต่อกิจกรรมการเรียนการสอน
- ข้อเสนอแนะสำหรับการสอนของครู

สื่อการเรียนการสอน

1. ใบกิจกรรมที่ 1.11 เรื่อง “สังเกตไฟฟ้าลัดวงจร”
2. ใบกิจกรรมที่ 1.12 เรื่อง “ สังเกตสมบัติของฟิวส์ ”

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ใบงาน 10 เรื่อง “วงจรลัดและฟิวส์”
4. กระบะถ่านไฟฉายพร้อมถ่าน 4 ก้อน 1 ชุด
5. หลอดไฟฟ้า 1.2 V 0.5 A พร้อมขั้ว 1 หลอด
6. สายไฟพร้อมคลิปหนีบปากจระเข้ ยาว 30 ซม.(2 เส้น/ชุด) 1 ชุด
7. ฝอยเหล็ก
8. ตะเกียงแอลกอฮอล์ 1 อัน
9. ที่กั้นลม 1 อัน
10.ไม้หนีบ 1 อัน
11.ฟิวส์ขนาดเล็ก 5 แอมแปร์ 1 อัน
12.ฟิวส์ขนาดใหญ่ 6 แอมแปร์ 1 อัน
13.ลวดทองแดง 1 เส้น
14.ลวดเหล็ก 1 เส้น
15.รูปแผนผังวงจรไฟฟ้าในบ้าน 1 รูป
16.แผงฟิวส์แบบต่างๆ 1 แผง
17.ภาพข่าวไฟไหม้บ้านหรือโรงงาน 2-3 ภาพข่าว

<u>แหล่งเรียนรู้</u>

1.หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน วิทยาศาสตร์ ม.3. ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 จัดทำโดยสำนักพิมพ์แม็ก

3. คู่มือครูรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. คู่มือครู แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยสำนักพิมพ์วัฒนพาณิช

5. บทความ research as a guide for curriculum development: An example from Introductory electricity. Part I : Investigation of students understanding โดย Lillian C McDermott and Peter S. Shatter

6. อินเตอร์เน็ต

http// www.myfirstbrain.com

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้</u>

การวัดผลประเมินผลด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การให้คะแนน
ด้านความรู้ความเข้าใจในแนวคิดเรื่องวงจรลัดและฟิวส์	1. ผลการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.11 และกิจกรรมที่ 1.12 และใบงาน 1.10 2. การเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้	1.ใบกิจกรรมที่ 1.11 และใบกิจกรรมที่ 1.12 และใบงาน 1.10 2. อนุทินสะท้อนการเรียนรู้	ใบกิจกกรม 1.11 และกิจกรรมที่ 1.12 คิดคะแนนตามเกณฑ์ดังนี้ - ทำใบกิจกรรมได้ครบถูกต้องทุกองค์ประกอบ 4 คะแนน - ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้อง 3 ใน 4 อยู่ในเกณฑ์ดี 3 คะแนน -ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้อง 2 ใน 4 อยู่ในเกณฑ์พอใช้ 2 คะแนน -ทำใบกิจกรรมได้ถูกต้อง 1 ใน 4 อยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง 1 คะแนน วิเคราะห์เชิงเนื้อหา(Content analysis)
ด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS)	1. การอภิปรายในชั้นเรียน 2. การเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้	1.อนุทินสะท้อนการเรียนรู้NOS 2.บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู	วิเคราะห์เชิงเนื้อหา(Content analysis)
ด้านทักษะกระบวนการ	1. สังเกตจากพฤติกรรมในการปฏิบัติงาน	1.บันทึกการจัดการเรียนรู้ของครู 2.แบบประเมินพฤติกรรมกลุ่มด้านทักษะกระบวนการ	นักเรียนได้คะแนนตามเกณฑ์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60
ด้านจิตวิทยาศาสตร์	1.สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในชั้นเรียน	1.แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่มด้านจิตวิทยาศาสตร์	นักเรียนได้คะแนนตามเกณฑ์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่มด้านทักษะกระบวนการ</u>

ชื่อสมาชิกในกลุ่ม ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบหมายเลขหน้าชื่อผู้ประเมิน

ระดับคะแนน 4 หมายถึง ดีมาก ระดับคะแนน 3 หมายถึง ดี

ระดับคะแนน 2 หมายถึง พอใช้ ระดับคะแนน 1 หมายถึง ต้องปรับปรุง

การประเมินครั้งที่.....เรื่อง .....วัน/เดือน/ปี.....

กลุ่มที่.....

1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

6.....

ตารางประเมินการทำงานกลุ่มด้านทักษะกระบวนการ

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน**			
	4	3	2	1
1. การทดลองตามขั้นตอนที่กำหนด				
2. การใช้อุปกรณ์และ/หรือเครื่องมือ				
3. การบันทึกผลการทดลอง				
4. การจัดทำข้อมูลและการนำเสนอ				
5. การสรุปผลการทดลอง				
6. การดูแลและการเก็บอุปกรณ์การทดลอง				

ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่มด้านจิตวิทยาศาสตร์</u>

ชื่อสมาชิกในกลุ่ม ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบหมายเลขหน้าชื่อผู้ประเมิน

ระดับคะแนน 4 หมายถึง ดีมาก ระดับคะแนน 3 หมายถึง ดี

ระดับคะแนน 2 หมายถึง พอใช้ ระดับคะแนน 1 หมายถึง ต้องปรับปรุง

การประเมินครั้งที่.....เรื่อง .....วัน/เดือน/ปี.....

กลุ่มที่.....

1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

6.....

ตารางประเมินการทำงานกลุ่มด้านจิตวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน**			
	4	3	2	1
1.มีความสนใจใฝ่รู้				
2.มีความใจกว้างร่วมแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น				
3.ความรับผิดชอบมุ่งมั่นและอดทน				
4. ความมีเหตุผล				
5. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์				
6. ความมีระเบียบ เรียบร้อย				
7. ความซื่อสัตย์				

ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบบันทึกอนุทินสะท้อนการเรียนรู้

กิจกรรมในชั้นเรียน

.....

.....

สิ่งที่ได้เรียนรู้

- **เนื้อหาเรื่องวงจรลัดและฟิวส์**

.....

.....

.....

.....

- **ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อสงสัยหรือประเด็นที่ยังไม่เข้าใจ

.....

.....

.....

ความรู้สึกต่อกิจกรรมการเรียนในภาพรวม

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะสำหรับการสอนของครู

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บันทึกการจัดการเรียนรู้ของครูแผนที่ 9 เรื่องวงจรลัดและฟิวส์

รายการที่บันทึก	กิจกรรมที่ใช้	ผลการใช้กิจกรรม	จุดเด่นในกิจกรรม	จุดด้อยที่ควรพัฒนา	แนวทางในการพัฒนา
ขั้นสร้างความสนใจ	…… …… …… ……	…… …… …… …… ……	…… …… …… …… ……	…… …… …… …… ……	…… …… …… …… ……
ขั้นสำรวจและค้นหา	…… …… …… …… ……	…… …… …… …… ……	…… …… …… …… ……	…… …… …… …… ……	…… …… …… …… ……
ขั้นอธิบายและ ลงข้อสรุป	…… …… …… …… …… ……	…… …… …… …… …… ……	…… …… …… …… …… ……	…… …… …… …… …… ……	…… …… …… …… …… ……

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รายการที่บันทึก	กิจกรรมที่ใช้	ผลการใช้กิจกรรม	จุดเด่นในกิจกรรม	จุดด้อยที่ควรพัฒนา	แนวทางในการพัฒนา
ขั้นขยายความรู้	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
ขั้นประเมิน	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
การบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความคิดเห็นอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางการแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นางสาวลลิตา มัณยานนท์)

...../...../.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบกิจกรรมที่ 1.11 เรื่อง สังเกตไฟฟ้าลัดวงจร

รายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน **รหัสวิชา ว33102** **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่** 3/.....**กลุ่มที่** .....
วันที่ ...../...../.....

1.ชื่อผู้ทำการทดลอง..... เลขที่ .....
2.....เลขที่ .....
3.....เลขที่ .....
4.....เลขที่ .....
5.....เลขที่ .....

จุดประสงค์การทดลอง : นักเรียนสามารถ

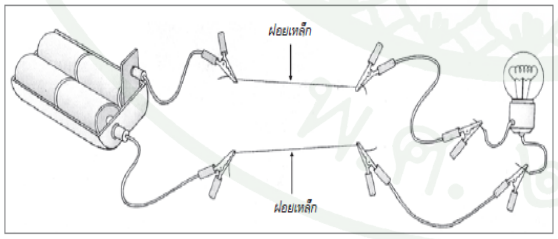
1. กำหนดปัญหาของการทดลองได้
2. ตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่กำหนดได้
3. ทำการทดลองและสรุปหาสาเหตุของการเกิดไฟฟ้าวงจรลัดได้
4. เห็นความสำคัญของอันตรายที่เกิดจากไฟฟ้าลัดวงจร

วัสดุอุปกรณ์

1.กล่องใส่ถ่านไฟฉายพร้อมถ่านไฟฉาย	1	ชุด
2.ฝอยเหล็กยาว 3 เซนติเมตร	2	เส้น
3.สายไฟพร้อมแจ็กและคลิปปากจระเข้	1	ชุด
4.หลอดไฟ	1	หลอด

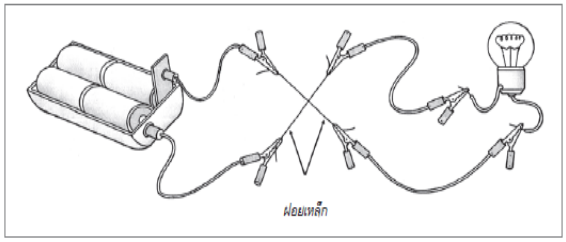
วิธีทำ

1 นำฝอยเหล็กต่อเข้ากับหลอดไฟฟ้าและถ่านไฟฉาย 4 ก้อน ทั้งนี้ฝอยเหล็กจะต้องไม่สัมผัสกัน ดังรูป แล้วสังเกตความสว่างของหลอดไฟฟ้า



ภาพที่ 1 วงจรไฟฟ้าเมื่อฝอยเหล็กยังไม่สัมผัสกัน

2. ต่อวงจรเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 1 แต่นำฝอยเหล็ก 2 เส้นมาสัมผัสกันดังรูป แล้วสังเกตความสว่างของหลอดไฟฟ้ารวมทั้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบริเวณส่วนที่ฝอยเหล็กสัมผัสกัน



ภาพที่ 2 วงจรไฟฟ้าเมื่อฝอยเหล็กสัมผัสกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การบันทึกผลการศึกษา

P(Predict) นักเรียนทำนายผลที่จะเกิดขึ้น	O (Observe) นักเรียนสังเกตและ บันทึกผลการทดลอง	E (Explain) นักเรียนอธิบายผลการ ทดลองที่เกิดขึ้น
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบกิจกรรมที่ 1.12 เรื่อง สังเกตคุณสมบัติของฟิวส์

รายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน **รหัสวิชา ว33102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่** 3/.....**กลุ่มที่** .....

วันที่ ...../...../.....

1.ชื่อผู้ทำการทดลอง.....เลขที่ .....

2.ชื่อผู้ร่วมทำการทดลอง 1.....เลขที่ .....

2.....เลขที่ .....

3.....เลขที่ .....

4.....เลขที่ .....

5.....เลขที่ .....

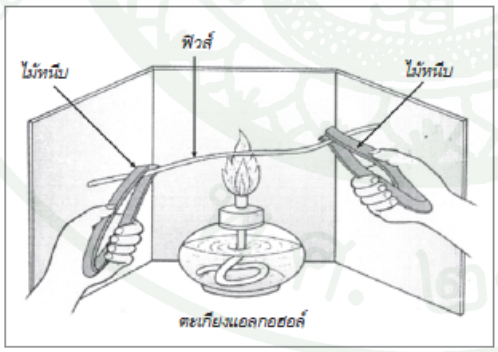
จุดประสงค์การทดลอง : นักเรียนสามารถ

1. กำหนดปัญหาของการทดลองได้
2. ตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่กำหนดได้
3. ทำการทดลองและสรุปคุณสมบัติของฟิวส์ได้
4. เลือกขนาดของฟิวส์ให้เหมาะสมกับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ได้

วัสดุอุปกรณ์

1. ฟิวส์ขนาดเล็ก 5 เซนติเมตร	1 อัน
2. ฟิวส์ขนาดใหญ่ 5 เซนติเมตร	1 อัน
3. ลวดทองแดง เบอร์ 26 ยาว 5 เซนติเมตร	1 เส้น
4. ลวดเหล็ก เบอร์ 26 5 เซนติเมตร	1 เส้น

วิธีทำ



ภาพที่ 1 ให้ความร้อนกับฟิวส์

1. จุดไฟที่ตะเกียงแอลกอฮอล์ที่ตั้งอยู่ข้างที่กั้นลม จากนั้นใช้ไม้หนีบจับที่ปลายทั้งสองของฟิวส์ขนาดเล็ก แล้วนำไปลนไฟโดยให้ฟิวส์อยู่ตรงกับเปลวไฟส่วนที่ร้อนที่สุด ให้ผู้ปฏิบัติจับเวลาตั้งแต่เริ่มนำฟิวส์ลนไฟจนกระทั่งฟิวส์ขาดและบันทึกผลการสังเกต

2. ดำเนินการเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 1 แต่เปลี่ยนขนาดฟิวส์เป็นฟิวส์ขนาดใหญ่

3. นำลวดทองแดง เบอร์ 26 และลวดเหล็ก เบอร์26 ซึ่งมีขนาดเท่ากับฟิวส์ขนาดใหญ่ไปลนไฟ ตามลำดับโดยใช้เวลาเท่ากับที่ทดลองได้ในขั้นตอนที่ 2 แล้วบันทึกผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำถามก่อนทำกิจกรรม

ปัญหา

1.ปัญหาของกิจกรรมนี้คืออะไร .....,,,,,,,

สมมติฐาน

2.....

.....

3. .....

.....

บันทึกผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามหลังกิจกรรม

แปลความหมายและสรุปผล

1. เมื่อใช้ฟิวส์ขนาดต่างกันการหลอมละลายต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

2. ฟิวส์ ลวดทองแดงและลวดเหล็กที่มีขนาดเท่ากัน เมื่อให้ความร้อนในเวลาเท่ากันจะใช้เวลาในการหลอมละลายเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

3. เมื่อฟิวส์ในบ้านขาดนักเรียนควรใช้ลวดเหล็กหรือลวดทองแดงแทนฟิวส์ที่ขาดหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

4. นักเรียนสามารถสรุปกิจกรรมนี้ได้อย่างไร

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่อ .....ห้อง....ม3/.....เลขที่.....

ใบงานที่ 1. 10 เรื่อง วงจรลัดและฟิวส์

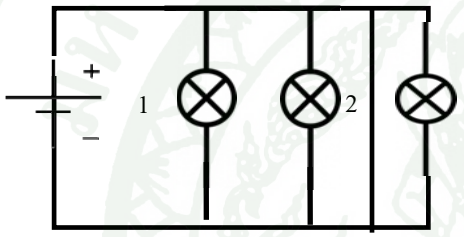
จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. วัสดุที่ใช้หุ้มสายไฟมีความต้านทานสูงหรือต่ำ .....

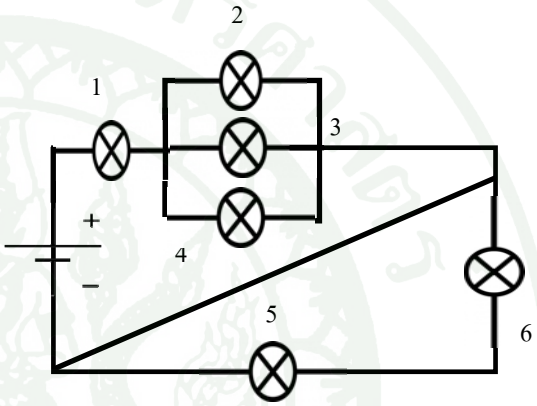
2. สายไฟในบ้านที่ไม่มีฉนวนหุ้มมาแตะกัน จะทำให้เกิด .....

.....

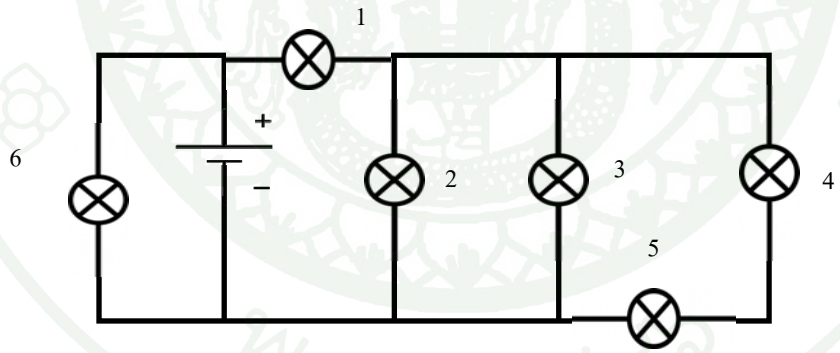
3. ให้ศึกษาวงจรต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม



วงจร A



วงจร B



วงจร C

3.1 วงจรใดที่เกิดไฟฟ้าลัดวงจร .....

3.2 วงจรใดที่หลอดไฟทุกดวงสว่างหมด .....

3.3 วงจรใดที่หลอดไฟทุกดวงไม่สว่าง .....

3.4 ถ้าเปลี่ยนหลอดไฟหลอดที่ 1 ในวงจร A , B และ C เป็นฟิวส์ วงจรใดที่ฟิวส์จะตัดกระแสไฟฟ้าในวงจรทันที

.....

4. ฟิวส์ทำหน้าที่ .....

.....

5. ฟิวส์มีสมบัติคือ .....ประกอบด้วยโลหะผสมคือ.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. ฟิวส์ต้องต่อกับวงจรแบบใด .....

7. ฟิวส์ที่ใช้ตามบ้านเรือนมีหลายขนาด ดังนี้ .....

8. ฟิวส์ขนาด 15 แอมแปร์หมายถึง .....

9. ถ้าในบ้านหลังหนึ่งมีเครื่องใช้ไฟฟ้าดังนี้ หลอดฟูลออเรสเซนต์ 40 วัตต์ 4 หลอด เตารีดไฟฟ้า 1,400 วัตต์ 1 อัน หม้อหุงข้าว 600 วัตต์ 1 ใบ ตู้เย็น 350 วัตต์ 1 หลัง พัดลม 80 วัตต์ 2 ตัว และทีวีสีขนาด 150 วัตต์ 2 เครื่อง บ้านหลังนี้ควรเลือกใช้ฟิวส์ขนาดเท่าใด (จงแสดงวิธีทำ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10. วงจรไฟฟ้าที่ใช้กับไฟ 220 โวลต์ ใช้ฟิวส์ที่ทนกระแสได้ 5 แอมแปร์ ถ้าหลอดไฟขนาด 60 วัตต์ ต่อขนานกันจะใช้ไฟได้กี่หลอดฟิวส์จึงจะไม่ขาด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ซ

ตารางคะแนนพัฒนาการสัมพันธ์เป็นรายบุคคลของแนวคิดวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 คะแนนก่อนและหลังเรียน คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เป็นรายบุคคลของแนวคิด

รหัส	คะแนน ก่อนเรียน (40 คะแนน)	คะแนน หลังเรียน (40 คะแนน)	คะแนนหลัง เรียน (เปอร์เซ็นต์)	คะแนน พัฒนาการ สัมพัทธ์(RG)	ระดับพัฒนาการ
001	6	13	32.5	20.59	ต้น
002	13	24	60.0	40.74	กลาง
003	15	30	75.0	60.00	สูง
004	13	22	55.0	33.33	กลาง
005	16	27	67.5	45.83	กลาง
006	17	21	52.5	17.39	ต้น
007	16	37	92.5	87.50	สูงมาก
008	9	33	82.5	77.42	สูงมาก
009	10	15	37.5	16.67	ต้น
010	19	38	95.0	90.48	สูงมาก
011	13	27	67.5	51.85	สูง
012	12	23	57.5	39.29	กลาง
013	29	38	95.0	81.81	สูงมาก
014	10	14	35.0	13.33	ต้น
015	9	10	25.0	03.23	ต้น
016	13	20	50.0	25.93	ต้น
017	14	34	85.0	76.92	สูงมาก
018	13	19	47.5	22.22	ต้น
019	19	30	75.0	52.38	สูง
020	9	16	40.0	22.58	ต้น
021	10	34	85.0	80.00	สูงมาก
022	16	33	82.5	70.83	สูง
023	8	21	52.5	40.62	กลาง
024	10	23	57.5	43.33	กลาง
025	8	23	57.5	46.87	กลาง
026	18	38	95.0	90.90	สูงมาก
027	12	17	42.5	17.86	ต้น
028	9	16	40.0	22.58	ต้น
029	14	25	62.5	42.31	กลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

รหัส	คะแนน ก่อนเรียน (40 คะแนน)	คะแนน หลังเรียน (40 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (เปอร์เซ็นต์)	คะแนน พัฒนาการ สัมพัทธ์(RG)	ระดับพัฒนาการ
030	8	23	57.5	46.88	กลาง
031	20	24	60.0	20.00	ต้น
032	6	15	37.5	26.47	กลาง
033	15	21	52.5	24.00	ต้น
034	9	20	50.0	35.48	กลาง
035	13	28	70.0	55.55	สูง
036	13	35	87.5	81.48	สูงมาก
037	13	26	65.0	48.15	กลาง
038	7	27	67.5	60.61	สูง
039	12	25	62.5	46.43	กลาง
040	15	25	62.5	40.00	กลาง
041	13	18	45.0	18.51	ต้น
042	16	21	52.5	20.83	ต้น
043	14	25	62.5	42.31	กลาง
เฉลี่ย	12.88	24.51	61.28		
S.D	4.30	7.23			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ฌ

ตารางคะแนนพัฒนาการสัมพันธ์เป็นรายบุคคลธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 คะแนนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียน และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ในเป็นรายบุคคล

รหัส	คะแนนก่อนเรียน (30 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (30 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (เปอร์เซ็นต์)	คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์(RG)	ระดับพัฒนาการ
001	14	18	60.00	25.00	ต้น
002	15	16	53.33	06.67	ต้น
003	13	22	73.33	52.94	สูง
004	10	17	56.67	35.00	กลาง
005	15	25	83.33	66.67	สูง
006	13	16	53.33	17.65	ต้น
007	14	22	73.33	50.00	กลาง
008	12	20	66.67	44.44	กลาง
009	5	9	30.00	16.00	ต้น
010	19	25	83.33	54.54	สูง
011	13	19	63.33	35.29	กลาง
012	10	15	50.00	25.00	ต้น
013	19	24	80.00	45.45	กลาง
014	3	11	36.67	29.63	กลาง
015	6	13	43.33	29.17	กลาง
016	10	20	66.67	50.00	กลาง
017	18	24	80.00	50.00	กลาง
018	15	19	63.33	26.67	กลาง
019	16	25	83.33	64.29	สูง
020	13	17	56.67	23.53	ต้น
021	13	23	76.66	58.82	สูง
022	15	24	80.00	60.00	สูง
023	14	19	63.33	31.25	กลาง
024	10	17	56.67	35.00	กลาง
025	8	15	50.00	31.82	กลาง
026	14	24	80.00	62.50	สูง
027	7	12	40.00	21.74	ต้น
028	12	16	53.33	22.22	ต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

รหัส	คะแนน ก่อนเรียน (30 คะแนน)	คะแนน หลังเรียน (30 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (เปอร์เซ็นต์)	คะแนน พัฒนาการ สัมพัทธ์(RG)	ระดับพัฒนาการ
029	14	21	70.00	43.75	กลาง
030	10	16	53.33	30.00	กลาง
031	12	17	56.67	27.78	กลาง
032	11	16	53.33	26.32	กลาง
033	10	15	50.00	25.00	ต้น
034	9	14	46.67	23.81	ต้น
035	11	21	70.00	52.63	สูง
036	16	26	86.67	71.43	สูง
037	18	21	70.00	25.00	ต้น
038	14	23	76.67	56.25	สูง
039	13	16	53.33	17.65	ต้น
040	15	22	73.33	46.67	กลาง
041	8	18	60.00	45.45	กลาง
042	12	16	53.33	22.22	ต้น
043	11	21	70.00	52.63	สูง
เฉลี่ย	12.33	18.83	62.77		
S.D	3.52	4.14			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวลลิตา มัณยานนท์
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 21 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2517
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์ศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน	2540 – ปัจจุบัน ครูผู้สอนโรงเรียนอัสสัมชัญสมุทรปราการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์