



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์ศึกษา

การศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

The Development of Integrated Science Process Skills of Grade 8 Students Using the
Inquiry Method

นามผู้วิจัย นางสาวจรินทร์ จันทร์เพ็ง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์เสารัตน์ ภัทรจิตินันท์, ศศ.ม.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ศุภกิจ อาชีวะวานิช, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(อาจารย์สิทธิกร สุมาลี, ศษ.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

The Development of Integrated Science Process Skills of Grade 8 Students
Using the Inquiry Method

โดย

นางสาวจรินทร์ จันทรเพ็ง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จรินทร์ จันทรเพ็ง 2556: การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ปริญญา
ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์เสารัตน์ ภักฐิณันท์, ศศ.ม.
172 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และ 2) ศึกษาแนวทางการ
จัดการเรียนรู้ ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งใน สำนักงานเขต
พื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 10 จังหวัดเพชรบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 จำนวน
1 ห้องเรียน จำนวน 33 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการ
วิจัยคือ 1) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 2) แบบบันทึกผลการปฏิบัติ
กิจกรรมของนักเรียน 3) แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนโดยครู และ 4) แบบบันทึก
หลังสอนของครู สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ การทดสอบค่าที และการวิเคราะห์เชิง
เนื้อหา

ผลการวิจัยพบว่า 1) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนหลังเรียน
สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 2) การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะ
หาความรู้ครูต้องใช้รูปแบบกิจกรรมและสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย เหมาะสมกับวัย และให้นักเรียน
เป็นผู้ลงมือปฏิบัติในทุกขั้นตอน เน้นกระบวนการกลุ่ม โดยครูมีบทบาทสำคัญในการเตรียมสื่อ
การเรียนรู้กระตุ้นความสนใจ เปิดโอกาสให้นักเรียนทบทวนความรู้ ขยายความคิด ครูให้ข้อมูล
สะท้อนกลับแก่นักเรียน และให้คำแนะนำช่วยเหลือ

Jarintorn Junping 2013: The Development of Integrated Science Process Skills of Grade 8 Students Using the Inquiry Method. Master of Education (Science Education), Major Field: Science Education, Department of Education. Thesis Advisor: Associate Professor Sawrarat Patarathitinant, M.A. 172 pages.

The purposes of this research were to (1) develop of integrated science process skills of Grade 8 students using the inquiry method; and (2) find the approach to learn using the inquiry method effected to the integrated science process skills for Grade 8 students.

The study group of this research was a class of 33 Grade 8 students who studied in the second semester of the 2011 academic year at a secondary school in the Secondary Education Service Area Office 10 in Phetchaburi province. The study group was selected through cluster sampling. The instruments of this research were created by the researcher that (1) they were the integrate science process skills test (2) the record of students' performance (3) the observation record of students' behavior; and (4) the after-teaching record of teacher. The statistics used in data analysis were mean, t-test and content analysis.

The results of the research study indicated that (1) the integrated science process skills of the students was higher than before and significantly at the .01 level; and (2) the learning by using the inquiry method, teachers have to use variety of activities and learning materials that appropriate to the students' age and group process; besides, teachers have the important roles in providing the materials, previewing, encouraging students to think and giving them feedbacks and suggestion.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์เสารัตน์ ภัทรจิตินันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร. ศุภกิจ อาชีวะวานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาทุ่มเทเวลา ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์ ในการทำวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. พงษ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ ประธานการสอบ และอาจารย์ ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก ทรงคุณวุฒิ ภายนอกที่ได้ให้คำแนะนำในการสอบสัมภาษณ์ขั้นสุดท้าย ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน และอาจารย์ ดร. ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง ที่ได้ให้คำแนะนำในการตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย และขอขอบคุณ ผู้บริหาร คณาจารย์ และนักเรียนทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ นิสิตสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ที่ให้กำลังใจ คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของบิดามารดา และครูอาจารย์ผู้วางรากฐานทางการศึกษา อบรมสั่งสอน ให้ความรู้ และเป็นแบบอย่างที่ดีของผู้วิจัย

จรินทร์ จันทรเพ็ง

มีนาคม 2556

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(6)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
คำถามการวิจัย	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	7
การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้	8
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	18
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	29
กลุ่มที่ศึกษา	29
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	29
การเก็บรวบรวมข้อมูล	32
การวิเคราะห์ข้อมูล	34
บทที่ 4 ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์	35
ผลการวิจัย	35
ข้อวิจารณ์	67
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	69
สรุปผลการวิจัย	69
ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	73

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก	79
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ	80
ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือการวิจัย	82
ภาคผนวก ค สูตรทางสถิติที่ใช้ในการวิจัย	134
ภาคผนวก ง การตรวจคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	138
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	172

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ยุทธศาสตร์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยใช้วัฏจักร การสืบเสาะหาความรู้	14
2	จำนวนข้อของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ	30
3	เรื่องและจำนวนคาบของหน่วยการเรียนรู้ สารและสมบัติของสาร	33
4	ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้น บูรณาการ โดยรวมก่อนเรียนและหลังเรียน	35
5	ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการรายทักษะก่อนเรียนและหลังเรียน	36
6	ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมทั่วไปของนักเรียนและทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ ที่เกิดเมื่อครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการ สืบเสาะหาความรู้	37
7	พฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกด้านทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์เมื่อทำกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ ช่วงแรก และช่วงหลัง	64

ตารางผนวกที่

1	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบปรนัย	139
---	--	-----

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
2	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบอัตโนมัติ	141
3	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้	142
4	ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบปรนัย	153
5	ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบอัตโนมัติ	155
6	คะแนนนักเรียนที่ทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบปรนัย จำนวน 20 ข้อ จำนวนนักเรียน 30 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ	156
7	จำนวนคนที่ทำข้อสอบถูกในแต่ละข้อจากการทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบปรนัย จำนวน 20 ข้อ จำนวนนักเรียน 30 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ	157
8	คะแนนนักเรียนที่ทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบอัตโนมัติ จำนวน 16 ข้อ จำนวนนักเรียน 30 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ	158

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
9	จำนวนคนที่ทำข้อสอบถูกในแต่ละข้อจากการทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบอัตโนมัติ จำนวน 16 ข้อ จำนวนนักเรียน 30 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ	159
10	แสดงคะแนนการทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวมก่อนเรียนและหลังเรียน	160
11	แสดงคะแนนทักษะการตั้งสมมติฐานก่อนเรียน และหลังเรียน	162
12	แสดงคะแนนทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการก่อนเรียน และหลังเรียน	164
13	แสดงคะแนนทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรก่อนเรียน และหลังเรียน	166
14	แสดงคะแนนทักษะการทดลองก่อนเรียน และหลังเรียน	168
15	แสดงคะแนนทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปก่อนเรียน และหลังเรียน	170

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

1

วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

13



บทที่ 1

บทนำ

ความรู้ในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วมาก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องสอนให้นักเรียนได้รู้วิธีการที่จะเรียนรู้ (Learn how to learn) มากกว่าเนื้อหาความรู้ ดังจะเห็นได้จากแนวการจัดการเรียนรู้ที่กระทรวงศึกษาธิการ (2551: 1) ระบุว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติอย่างจริงจัง หลากหลาย เหมาะสมกับ ระดับชั้น

วิทยาศาสตร์มิได้มุ่งเฉพาะแต่ตัวเนื้อหาความรู้ แต่ยังครอบคลุมไปถึงกระบวนการแสวงหาความรู้ การใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นสิ่งสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับความเห็นของ วรณทิพา รอดแรงกล้า (2544: ค) ที่ว่า การสอนวิทยาศาสตร์ควรให้ผู้เรียนได้รับทั้งผลิตผลทางวิทยาศาสตร์ คือตัวเนื้อหาความรู้ และควรปลูกฝังกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้แก่ผู้เรียนไปด้วยในเวลาเดียวกัน ดังนั้นจุดมุ่งหมายของการศึกษาคควรเน้นให้ผู้เรียนรู้จักและใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ต่าง ๆ การได้มาซึ่งกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ถือว่าเป็นคุณค่าสูงสุดของการเรียนวิทยาศาสตร์ เพราะไม่เพียงแต่ผู้เรียนจะใช้ทักษะเหล่านี้เพื่อได้มาซึ่งความรู้ ความเข้าใจทางเนื้อหาวิชาเท่านั้น ผู้เรียนยังใช้ทักษะดังกล่าวเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายนอกห้องเรียนอีกด้วย ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเป็นทักษะที่จำเป็นที่ใช้ในการแก้ปัญหา

สภาพการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันพบว่าครูบางส่วนยังมีพฤติกรรมการสอนแบบเดิม คือ สอนแบบบรรยายความรู้ นักเรียนเป็นผู้ฟังและจดจำความรู้ในเนื้อหา มากกว่าการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติเพื่อปลูกฝังให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เป็นเพราะ ครูขาดความเข้าใจวิธีการจัดกระบวนการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจน กิจกรรมที่จัดขึ้นไม่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่ส่งเสริมให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ครูสอนให้นักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองโดยครูเป็นผู้ตัดสินใจทั้งหมดตั้งแต่การเลือกหัวข้อ ตั้งคำถาม จัดวัสดุอุปกรณ์ ออกแบบการทดลอง วิเคราะห์และสรุปผล จึงทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ต่ำ (เสมียน คำเพราะ, 2548: 2) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ นันทกา คันธิยงค์ (2547: 3-4)

ที่กล่าวว่า ในส่วนที่เกี่ยวกับวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอน พบว่ายังยึดครูเป็นศูนย์กลางโดยใช้การบรรยายเป็นส่วนใหญ่ นักเรียนมีโอกาสปฏิบัติกิจกรรมและฝึกการแก้ปัญหา ร่วมกันน้อยมาก แทบไม่มีปฏิสัมพันธ์กันในขณะที่การเรียนการสอนดำเนินอยู่ ส่งผลให้นักเรียนขาดการช่วยเหลือกันในการเรียนรู้เนื้อหาวิชาและขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนไม่กล้าแสดงออกไม่กล้าถามเมื่อไม่เข้าใจโดยเฉพาะนักเรียนที่เรียนช้าจะขาดความเชื่อมั่นในตนเองและคิดว่าตนไม่มีความสามารถที่จะเรียนวิทยาศาสตร์ได้ ทำให้ขาดความพยายาม แรงจูงใจในการเรียนลดน้อยลง และนักเรียนจะมีปัญหามากขึ้นตามลำดับ เมื่อเรียนบทเรียนที่ซับซ้อนขึ้นจนในที่สุดนักเรียนเหล่านี้จะเบื่อและไม่ชอบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาข้อมูลการประเมินผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ช่วงชั้นที่ 3 (มัธยมศึกษาปีที่ 3) ปีการศึกษา 2552-2553 ของสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในโรงเรียนที่ผู้วิจัยได้ปฏิบัติการสอน พบว่า คะแนนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในมาตรฐาน ว 8.1 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยเพียง 36.20 และ 34.01 จากคะแนนเต็ม 100 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าคะแนนดังกล่าวมีแนวโน้มลดลง

จากการศึกษา วิเคราะห์งานวิจัย พบว่าการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ มีผลทำให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น ดังจะเห็นได้จากผลการศึกษาของของ Tuan *et.al.* (2005: 551) พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสอดคล้องกับผลการศึกษา ของพรรัตน์ กิ่งมะลิ (2552: 61) และวาชีนี บุญญาพวงส์ (2552: 84) พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด ฝึกปฏิบัติ เน้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ลงมือปฏิบัติ ค้นพบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการสอนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้สามารถใช้วิธีการและเครื่องมือที่หลากหลาย (Seok, 2009: 555-557) โดยมีกระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ที่สำคัญ 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) 5) ขั้นประเมิน (Evaluation) (สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550: 18-19)

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

คำถามการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเป็นอย่างไรหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
2. แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
2. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มที่ศึกษา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนแห่งหนึ่งใน สำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษา เขต 10 จังหวัดเพชรบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 33 คน ซึ่งได้มา โดยการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน
2. ระยะเวลาในการวิจัย คือภาคเรียนที่ 2 เริ่มตั้งแต่วันที่ 3 มกราคม 2555 - 17 มีนาคม 2555
3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ซึ่งประกอบด้วย เนื้อหา ย่อย ๆ ดังนี้

3.1 การจำแนกสาร

3.2 การเกิดปฏิกิริยาเคมี

3.3 ปฏิกิริยาที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี

นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Method) หมายถึง รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนสามารถใช้วิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นพบความรู้หรือประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีความหมายด้วยตนเอง โดยการลงมือปฏิบัติโดยครูผู้สอนจะเป็นเพียงผู้ทำหน้าที่จัดกิจกรรมและอำนวยความสะดวกให้นักเรียน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550: 18-19)

1. **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรือความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่มเรื่องที่นำเสนออาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจจะจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์เพื่อกระตุ้น ชั่วๆ หรือท้าทายให้นักเรียนตื่นเต้น สงสัย อยากรู้ อยากเห็น หรือขัดแย้ง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา การศึกษาค้นคว้า หรือการทดลอง แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือปัญหาที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะศึกษา
2. **สำรวจและค้นหา (Exploration)** นักเรียนดำเนินการสำรวจ ค้นหา และรวบรวมข้อมูล วางแผนกำหนดการสำรวจตรวจสอบ หรือออกแบบการทดลอง ลงมือปฏิบัติ เช่น สังเกต วัด ทดลอง รวบรวมข้อมูล หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ
3. **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์ แปลผล สรุปและอภิปราย พร้อมทั้งนำเสนอผลงานในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นรูปวาด ตาราง แผนผัง โดยมีการอ้างอิงความรู้ประกอบการให้เหตุผล มีการลงข้อสรุปที่ถูกต้อง
4. **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ เพื่อให้ นักเรียนมีความรู้ลึกซึ้ง หรือขยายกรอบความคิดกว้างขึ้น หรือเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่หรือนำไปสู่การศึกษา ค้นคว้า ทดลองเพิ่มขึ้น เช่น ตั้งประเด็นเพื่อให้นักเรียนชี้แจง หรือร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ชักถามให้นักเรียนชัดเจนหรือกระจ่างในความรู้ที่ได้ นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม เช่น อธิบายและขยายความรู้เพิ่มเติมที่มีความละเอียดมากขึ้น ยกตัวอย่าง สถานการณ์ อธิบาย เชื่อมโยง

ความรู้ที่ได้อย่างเป็นระบบละเอียดและสมบูรณ์ ประยุกต์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในเรื่องอื่น ๆ หรือ สถานการณ์อื่น ๆ เพื่อนำไปสู่องค์ความรู้ใหม่

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) ให้นักเรียนได้ระบุสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งด้านกระบวนการและ ผลผลิต เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ที่ได้ โดยให้นักเรียนได้วิเคราะห์วิจารณ์ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน อภิปราย ประเมิน ปรับปรุง เพิ่มเติมและสรุป ถ้ายังมีปัญหาให้ศึกษา ทบทวนใหม่อีกครั้ง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills) หมายถึง ความสามารถของ ผู้เรียนในการสืบเสาะหาความรู้ผ่านการปฏิบัติการ และการฝึกฝนอย่างเป็นระบบ จนเกิด ความ คล่องแคล่วชำนาญในการสืบเสาะหาความรู้วัดโดยเน้นทักษะขั้นบูรณาการ 5 ทักษะตามกรอบความคิด ของสมาคมอเมริกันส่งเสริมความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of science – AAAS) ดังนี้ (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2551: 4-6)

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulation Hypothesis) หมายถึง ความสามารถในการคิดหา คำตอบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน สิ่งที่ ต้องคำนึงในการตั้งสมมติฐานคือ การบอกชื่อตัวแปรต้นซึ่งอาจมีผลต่อตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้ง ขึ้นสามารถบอกให้ทราบถึงการออกแบบการทดลองความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ สามารถหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิม

2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally) หมายถึง ความสามารถ ในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจ ตรงกัน และสามารถสังเกตหรือวัดได้ โดยให้คำอธิบายเกี่ยวกับการทดลองและบอกวิธีวัดตัวแปรที่ เกี่ยวกับการทดลองนั้นความสามารถที่แสดงว่าผู้เรียนเกิดทักษะแล้ว คือ กำหนดความหมายและ ขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตได้ และวัดได้

3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling variables) หมายถึง ความสามารถในการชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ควบคุมในสมมติฐานหนึ่งๆ ความ สามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

4. ทักษะการทดลอง (Experimenting) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบสมมติฐาน โดยการทดลอง เริ่มตั้งแต่ การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ตลอดจนการใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง และการบันทึกผลการทดลองซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัดและอื่นๆ ได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้องความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ การออกแบบการทดลองโดย กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสมโดยคำนึงถึงตัวแปรต้นตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมด้วย ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสมบันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

5. ทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป (Interpreting data and Making conclusion) การตีความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมายข้อมูล หรือบรรยายลักษณะ หรือสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ บางครั้งอาจต้องอาศัยทักษะอื่นๆ ด้วยเช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น การลงข้อสรุปหมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะการลงข้อสรุปคือ บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะ และสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้แนวทางสำหรับครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในสาระและระดับอื่นๆ ต่อไป

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้ารวบรวม เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

1.1 ความหมายการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

1.2 ความสำคัญของการเรียนสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

1.3 ลำดับขั้นของการเรียนสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

1.4 บทบาทและหน้าที่ของผู้สอนเมื่อใช้การเรียนสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

1.5 ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

1.6 ข้อจำกัดของแบบสืบเสาะหาความรู้

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3 การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.4 ลักษณะของข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ความหมายการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการคิด ความสามารถในการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และรูปแบบการสอนที่หลากหลาย ซึ่งการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการเสริมสร้างพัฒนาผู้เรียน โดยมีนักการศึกษา หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ศึกษาให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้สรุปได้ดังนี้

ทิสนา แยมมณี (2554: 43); ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551: 43); สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 41) และ Yager and Akçay (2010: 112) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่คล้ายคลึงกันไว้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยวิธีให้นักเรียนเป็นผู้ปฏิบัติ เรียนรู้ ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง หรือสร้างความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการเรียนโดยการแก้ปัญหาจากกิจกรรมที่เกิดขึ้น ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง มีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้โดยวิธีการเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และเปลี่ยนแนวคิดจากการที่เป็นผู้รับความรู้มาเป็นผู้แสวงหาความรู้และใช้ความรู้ เพื่อพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และสอดคล้องกับ Wu and Hsieh (2006: 1289) กล่าวว่าวิธีสืบเสาะหาความรู้ยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการที่หลากหลาย เช่น การออกแบบ การสำรวจข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปผล การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ โดยครูเป็นผู้วางแผนการจัดการเรียนรู้ หรือเป็นผู้อำนวยความสะดวก นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ พยายามค้นหาคำตอบด้วยตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ความสำคัญของการเรียนสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เน้นความสำคัญที่ผู้เรียนมากโดยเฉพาะความสามารถในการศึกษาค้นคว้าของผู้เรียน การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ได้รับความนิยมมากในการสอนทุกวิชา และทุกระดับชั้นการศึกษา เพราะเป็นวิธีการที่ช่วยให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถติดตามความรู้ซึ่งขยายตัวอย่างกว้างขวางกับสถานการณ์ในสังคมที่ผันผวนอย่างรวดเร็วได้ทันต่อเหตุการณ์ อาทิ สุจริต และคณะ (2541 อ้างใน เบญจมาภรณ์ กลิ่นพูน, 2547: 10) และการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการที่ทำให้นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างกว้างขวางได้ทำงานร่วมกัน มีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นในสังคม เป็นวิธีการที่สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ (ทิศนา เขมมณี, 2554: 40-44)

จากความสำคัญข้างต้น สรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ นิยมสอนมากในทุกวิชา เป็นวิธีการที่ทำให้นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

ลำดับขั้นตอนของการเรียนสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

พันธ์ ทองชุมนุม (2547: 54) ได้กล่าวถึงการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่า เป็นวิธีสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง กิจกรรมสำคัญของการสอนโดยวิธีนี้คือ การอภิปรายผลและการทดลอง โดยแบ่งขั้นตอนได้ดังนี้

1. การอภิปรายนำเข้าสู่การทดลอง
2. การทดลอง
3. การอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลอง

การอภิปรายถือว่าเป็นกิจกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่งที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ความคิดของตนเอง กิจกรรมการอภิปรายเพื่อนำเข้าสู่การทดลองและอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลอง เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนจำเป็นต้องอาศัยความรู้เกี่ยวกับการใช้คำถาม เพื่อให้ผู้เรียนได้รู้จักคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์ที่สร้างขึ้นกับเรื่องที่จะทดลองและการสรุปผล ส่วนการทดลองถือว่าเป็นหัวใจของการ

สอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อจะเป็นการนำไปสู่การฝึกผู้เรียนให้มีทักษะกระบวนการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นตอนที่สำคัญและจะขาดไม่ได้คือ จะต้องมีการนำเข้าสู่บทเรียน จุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนเกิดความพร้อมที่จะเรียน สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เกิดความสนใจกระตือรือร้น ดังนั้นเราถือว่าการนำเข้าสู่บทเรียนเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการสอน ในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้จะมีลำดับขั้นตอนการสอน ดังนี้

1. สร้างสถานการณ์หรือปัญหาจากเนื้อหาให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่จะสอน การสร้างสถานการณ์หรือปัญหาจากเนื้อหานี้ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อกระตุ้นหรือท้าทายให้นักเรียนคิด และแก้ปัญหา การนำเข้าสู่บทเรียนนี้ทำได้หลายวิธี ความสำคัญอยู่ที่ผู้สอนจะเลือกหรือปรับวิธีการนำเข้าสู่บทเรียนในเชิงของปัญหาได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่มีอยู่แล้วในบทเรียนได้มากน้อยเพียงใด อย่างไรก็ตามมีข้อที่ควรคำนึงถึงอยู่ประการหนึ่งคือ การใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่อยู่ใกล้ตัวจะเป็นการดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ดีกว่าการใช้สถานการณ์ไกลตัวผู้เรียน

2. ใช้คำถามในการอภิปรายเพื่อนำไปสู่แนวทางในการหาคำตอบของปัญหาข้างต้น การใช้คำถามจะต้องอาศัยสถานการณ์หรือปัญหาที่สร้างขึ้นเป็นหลัก โดยใช้คำถามเป็นชุดต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน ชุดของคำถามต้องสามารถนำนักเรียนไปสู่การคาดคะเนคำตอบที่อาจเป็นไปได้ในที่สุด คำตอบที่อาจเป็นไปได้ควรเป็นแนวทางของการออกแบบการทดลองที่กำหนดไว้ในบทเรียน เพื่อความสะดวกในการจัดหาอุปกรณ์การทดลอง

3. ใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การออกแบบการทดลอง เทคนิคการทดลอง และความปลอดภัยในการใช้อุปกรณ์ระหว่างการทดลอง คำถามในขั้นตอนนี้ จะเป็นคำถามที่นำไปสู่การการอภิปรายผลก่อนการทดลอง โดยจะอภิปรายให้ครอบคลุมประเด็นต่าง ๆ คือ การออกแบบการทดลอง เพื่อทดสอบสมมติฐานที่นักเรียนตั้งไว้ แนะนำอุปกรณ์ เทคนิคและขั้นตอนการทดลอง ตลอดจนความปลอดภัยในการใช้อุปกรณ์

4. ดำเนินการทดลองและบันทึกผลการทดลอง ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องลงมือทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง โดยแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มๆ ตามความเหมาะสม สำหรับเนื้อหาที่ไม่สามารถทำการทดลองได้โดยอาจจะมีข้อจำกัดในเรื่องของอุปกรณ์ เวลา ความปลอดภัยหรือเหตุปัจจัยอื่นๆ ในขณะนั้น อาจจะใช้ข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ ที่มีความน่าเชื่อถือได้มาใช้สรุปผลต่อไป โดยที่นักเรียนไม่จำเป็นต้องทดลองโดยตรงก็ได้

5. ใช้คำถามในการอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลอง ในขั้นตอนนี้คำถามที่ใช้จะต้องอาศัยข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นหลัก เพื่อนำไปสู่การสรุปหาคำตอบในการแก้สถานการณ์หรือปัญหา และควรมีคำถามที่ฝึกให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่นักเรียนพบเห็นในชีวิตประจำวันหรือเรื่องที่จะเรียนต่อไป

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550: 18-19) ได้กล่าวถึงการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับกรมวิชาการ (2545: 219) และไพฑูริย์ สุขศรีงาม (2545: 20-21) ว่ากระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

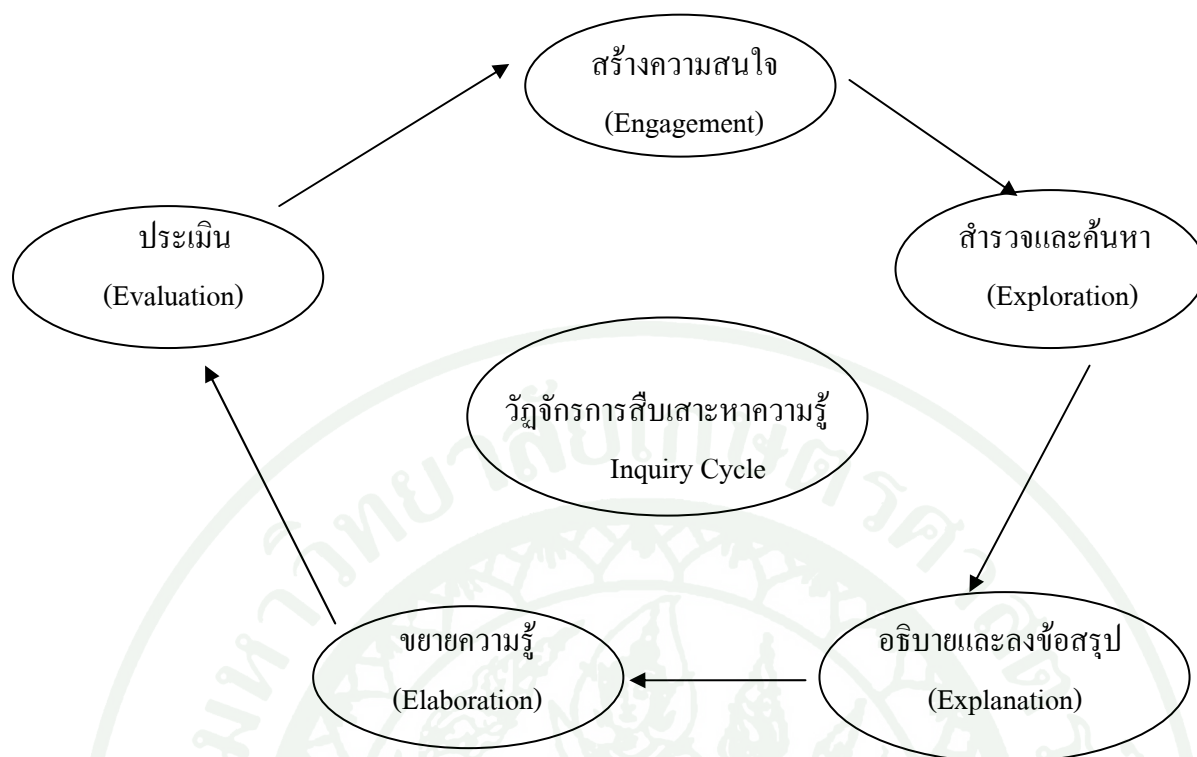
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนฝึกสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษาในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูผู้สอนกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษาเมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษาจึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่ศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้นอาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่างๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้ครูสามารถจัดกิจกรรมได้หลายแบบ เช่น สานิต ทดลอง นำเสนอข้อมูล เล่าเรื่อง/เหตุการณ์ ให้ค้นคว้า/อ่านเรื่อง อภิปราย/พูดคุย สนทนา ใช้เกม ใช้สื่อ วัสดุอุปกรณ์ สร้างสถานการณ์ ปัญหาที่น่าสนใจ และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว นักเรียนวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐานหรือออกแบบการทดลอง กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะหรือปรากฏการณ์ต่างๆวิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง หรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนนำข้อมูลข้อสังเกตที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบแล้ว มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป หรือรูปวาดสร้างตาราง แผนผัง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ได้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างองค์ความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ค้นเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น โดยครูเป็นผู้จัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ เพื่อให้ นักเรียนมีความรู้ลึกซึ้งขึ้นหรือนักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม เช่น อธิบายขยายความรู้เพิ่มเติมที่มีความละเอียดมากขึ้นเพื่อนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้กระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้ะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ให้นักเรียนได้ระบุสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ นักเรียนได้วิเคราะห์วิจารณ์แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ใน เรื่องอื่นๆการนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์ หรือเรื่องอื่นๆจะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัด ซึ่งจะก่อให้เกิดเป็นประเด็นหรือคำถาม หรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ จึงเรียกว่า วงจรการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จะช่วยนักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลักและหลักการ ทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550: 20)

จากขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ดังกล่าว ผู้วิจัยเห็นว่าวิธีการนี้มีความเหมาะสมที่จะใช้กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก จึงเลือกใช้วิธีการสอนดังกล่าวในการพัฒนาทักษะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548: 5) ได้เสนอยุทธศาสตร์ของการสอนวิทยาศาสตร์ โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ ไว้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ยุทธศาสตร์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

ขั้นของการสืบเสาะหาความรู้	ยุทธศาสตร์
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	- สังเกตสิ่งต่าง ๆ รอบตัวในจุดที่สนใจอย่างกระตือรือร้น - ตั้งคำถามในเรื่องที่เป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง - พิจารณาแนวทางที่เป็นไปได้ที่จะตอบปัญหานั้น ๆ - บันทึกสิ่งที่ไม่ได้คาดหวังจากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น - แยกแยะสถานการณ์ที่นักเรียนเห็นที่หลากหลาย
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	- สร้างความสนใจในสิ่งที่ศึกษา - ระดมความคิดในแนวทางที่เป็นไปได้ - ทดลองโดยใช้วัสดุและอุปกรณ์ - สังเกตปรากฏการณ์เฉพาะจุดสนใจอย่างละเอียด - ออกแบบ วางแผน และดำเนินการทดลอง - รวบรวมและจัดกระทำข้อมูล
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	- สื่อสารข้อมูลและแนวความคิดให้กับผู้อื่น - สร้างและอธิบายรูปแบบการสำรวจ - เรียบเรียงคำอธิบายใหม่ โดยใช้คำพูดเป็นของตนเอง - ทบทวนและวิเคราะห์ปัญหาที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ - ใช้การประเมินของเพื่อน - รวบรวมคำตอบและแนวทางการแก้ปัญหา - บูรณาการกับปัญหาด้วยความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	- วิเคราะห์ข้อมูล - ลงข้อสรุปและการตัดสินใจ - ประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อศึกษาประเด็นอื่น - แลกเปลี่ยนความรู้และทักษะ - และเปลี่ยนข้อมูลและแนวคิดด้วยการพูดและเขียน - ตั้งคำถามใหม่ ๆ - พัฒนาผลการสำรวจและส่งเสริมแนวคิด - ใช้รูปแบบและแนวคิดเพื่อที่จะค้นหาความจริงในการอภิปรายและให้ผู้อื่นยอมรับ - ทำการสำรวจตรวจสอบเพิ่มเติม - ทำกิจกรรมในประเด็นอื่น ๆ

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ขั้นของการสืบเสาะหาความรู้	ยุทธศาสตร์
5. ขั้นประเมิน (Evaluation)	- จากชิ้นงาน - จากรายงานบันทึก - จากแฟ้มสะสมงาน - จากการบันทึกข้อมูลของนักเรียน

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548: 5)

บทบาทและหน้าที่ของผู้สอนเมื่อใช้การเรียนสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

บทบาทและหน้าที่ของผู้สอนเมื่อใช้การเรียนสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สำนักนิเทศ และพัฒนามาตรฐานการศึกษา (2545: 38) ได้กล่าวถึงบทบาทและหน้าที่ของผู้สอน เมื่อสอนแบบสืบเสาะหาความรู้สรุปได้ดังนี้

1. วางแผนเตรียมตัวล่วงหน้า ให้นักเรียนสนใจในบทเรียน และกิจกรรมที่จะปฏิบัติ
2. เลือกใช้คำถามที่มีระดับความยากง่ายพอเหมาะกับความสามารถของนักเรียน ควรแนะนำให้ผู้เรียนหาคำตอบได้ด้วยตนเอง
3. กระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด มีส่วนร่วมในกิจกรรม และเสริมแรงอย่างต่อเนื่อง สม่ำเสมอ
4. นำวิธีการสอนอื่นๆ เช่น การสาธิต การใช้คำถาม นำสื่อมาใช้เพิ่มเติมในกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้

Callanhan and Others(1998: 261-262 อ้างใน ณรงค์ โสภณ, 2547: 41) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ครูมีหน้าที่ให้คำแนะนำกับนักเรียนมากกว่าบอกให้นักเรียนทำตาม

2. ครูตั้งคำถามเลือกประเด็นที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดและพยายามค้นหาคำตอบ
3. ในขณะที่นักเรียนค้นหาคำตอบ ครูควรแนะนำในการค้นหาโดยให้ความชัดเจนกับปัญหา
4. ครูสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมการสร้างข้อคิดเห็นการตั้งข้อสงสัย และการคิดแก้ปัญหา
5. สนับสนุนให้นักเรียนตั้งสมมติฐานและให้นักเรียนได้ตรวจสอบสมมติฐานด้วยตนเอง
6. ช่วยนักเรียนในการวิเคราะห์และประเมินความคิดของตนเองโดยเปิดโอกาสให้มีการอภิปรายเปิดในชั้นเรียนและพยายามกระตุ้นให้นักเรียนพยายามคิดโดยไม่มีการข่มขู่เมื่อคำตอบไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง

จากการศึกษาบทบาทและหน้าที่ของผู้สอนเมื่อใช้การเรียนสอนแบบสืบเสาะหาความรู้สรุปได้ว่า ครูควรมีการวางแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ล่วงหน้าเป็นอย่างดี เป็นผู้ให้คำแนะนำมากกว่าการบอกให้นักเรียนทำ จัดกิจกรรมในการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด ด้วยการตั้งคำถาม ทั้งนี้ครูควรสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง

ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ วิทวัฒน์ ชัดดียะมาน และอมลวรรณ วีระธรรมโม (2549: 98) ได้กล่าวถึงข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. ผู้เรียนได้เรียนรู้วิธีการค้นหาความรู้และวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง
2. ความรู้ที่ได้มีคุณค่า มีความหมายสำหรับผู้เรียน เป็นประโยชน์และจดจำได้นานสามารถเชื่อมโยงความรู้และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
3. เป็นวิธีการที่ทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจ และสนุกสนานกับการเรียนรู้
4. ทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

พันธ์ ทองชุมนุม (2547: 56-57) ได้สรุปข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. นักเรียนสามารถพัฒนาความคิดได้อย่างเต็มที่ รู้จักใช้เหตุผลวิเคราะห์บทเรียน
2. นักเรียนสามารถคิดอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนในการคิด อันจะส่งผลต่อนักเรียนในการพัฒนาตัวเองเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับวิชาอื่น ๆ
3. การเรียนการสอนให้ความสำคัญกับผู้เรียนหรือผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง
4. นักเรียนสามารถคิดหรือมีมโนคติตามหลักวิทยาศาสตร์
5. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

จากข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการสอนที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการค้นหาคำตอบ เป็นการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เนื่องจากนักเรียนได้เกิดการเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเองทำให้สามารถพัฒนาความคิดได้อย่างเต็มที่ และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ วิทวัฒน์ ชัตติยะมาน และอมลวรรณ วีระธรรมโม (2549: 98) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. ผู้สอนต้องใช้เวลาในการวางแผนมาก
2. ต้องใช้เวลานานมากในการเรียนรู้แต่ละครั้ง บางครั้งอาจได้สาระการเรียนรู้ไม่ครบตามที่กำหนดไว้
3. ถ้าปัญหาหรือสถานการณ์ง่ายหรือยากเกินไป ไม่น่าสนใจ จะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายไม่อยากเรียน

พันธ์ ทองชุมนุม (2547: 57) ได้สรุปข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง
2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ทำให้นักเรียนสงสัยแปลกใจไม่เข้าใจ อาจทำให้ผู้เรียนไม่ร่วมมือในการทำกิจกรรม และถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ในการสอนนี้มุ่งควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไป จะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองได้
3. นักเรียนที่มีสติปัญญาต่ำและเนื้อหาวิชาค่อนข้างยาก นักเรียนอาจจะไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้
4. นักเรียนที่มีวุฒิภาวะไม่เป็นผู้ใหญ่พอ อาจไม่มีแรงจูงใจเพียงพอที่จะทำให้เรียนรู้ครบตามกระบวนการ ส่งผลให้ไม่ประสบผลสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้
5. ถ้าใช้การสอนแบบนี้อยู่เสมอจะทำให้ความสนใจในการศึกษาค้นคว้าลดลง

จากข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้สรุปได้ว่า ต้องใช้เวลามาก ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่แปลกใหม่ทำให้นักเรียนไม่ร่วมมือในการทำกิจกรรม เนื้อหาวิชายากทำให้ผู้ที่เรียนรู้ซ้ำมีปัญหากับการเรียนรู้ และทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องฝึกฝนให้เกิดขึ้นกับนักเรียนจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ เพื่อใช้ในการค้นคว้าหาความรู้สามารถนำกระบวนการที่ได้รับการฝึกฝนไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน และมีผู้ให้ความหมายไว้หลายท่าน สรุปได้ดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2551: 3) ได้ให้ความหมายของ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545: 2) ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสืบเสาะหาความรู้ หรือแก้ปัญหาทาง

วิทยาศาสตร์ โดยใช้ทักษะบางประการ เช่น การสังเกตการวัด การคำนวณ การทดลอง การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ การตั้งสมมติฐาน การบันทึกข้อมูลและการสื่อความหมาย การแปลความหมาย ข้อมูลและการสรุป โดยทักษะเหล่านี้ นักเรียนจะแสดงออกในขณะที่มีการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ จึงเปรียบเสมือนว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่จำเป็นในการใช้เพื่อแสวงหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ บุปผชาติ ทัพพิกรณ์ (2543: 3) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เมื่อพิจารณาความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อาจแยกได้ดังนี้ ทักษะหมายถึง ความชำนาญ กระบวนการหมายถึง ความชำนาญในการคิดและการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้การกระทำดำเนินการไปจนได้รับความรู้ออกมา ณ ระดับหนึ่ง

สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และได้รับการฝึกฝนจนเกิดความชำนาญในการคิดและการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่จำเป็นในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ประเภททักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ใช้เกณฑ์ของสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ของสหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science [AAAS] อ้างใน วรณทิพา รอดแรงคำ, 2551: 4-6) โดยดำเนินการพัฒนาโปรแกรมวิทยาศาสตร์มีชื่อว่า วิทยาศาสตร์กับการใช้กระบวนการ (Science – A process approach) สำหรับสอนวิทยาศาสตร์ โดยเน้นการใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนระดับอนุบาลจนถึงชั้นประถมศึกษา จนกระทั่งในปี 1970 ทางสมาคมดังกล่าวได้ตีพิมพ์คู่มือครูมีชื่อว่า วิทยาศาสตร์กับการใช้กระบวนการเน้นคำอธิบายสำหรับครู (Science – A process approach, commentary for teachers) ซึ่งได้กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะ ประกอบด้วยทักษะ ขั้นพื้นฐาน (Basic science process skills) 8 ทักษะและทักษะขั้นผสม หรือบูรณาการ (Integrated science process skills) 5 ทักษะ ดังนี้

1. ทักษะขั้นพื้นฐาน

1.1 ทักษะการสังเกต

1.2 ทักษะการวัด

- 1.3 ทักษะการคำนวณ
- 1.4 ทักษะการจำแนกประเภท
- 1.5 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปกกับเวลา
- 1.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
- 1.7 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล
- 1.8 ทักษะการพยากรณ์
2. ทักษะขั้นผสมหรือบูรณาการ
 - 2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน
 - 2.2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
 - 2.3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
 - 2.4 ทักษะการทดลอง
 - 2.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เป็นความสามารถของผู้เรียนในการสืบเสาะหาความรู้โดยผ่านการปฏิบัติการ และการฝึกฝนอย่างเป็นระบบ จนเกิดความคล่องแคล่วชำนาญในการสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วยทักษะต่าง ๆ 5 ทักษะดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulation Hypothesis)

การตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคาดคะเนคำตอบของปัญหา มักกล่าวเป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิดก็ได้ซึ่งทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในการตั้งสมมติฐานเพื่อคาดคะเนคำตอบของปัญหาใดปัญหาหนึ่ง ไม่จำเป็นต้องตั้งเพียง 1 สมมติฐานก็ได้ จากนั้นจึงเลือกสมมติฐานที่เหมาะสมที่สุดไปทดสอบ ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ สามารถหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิม

การตั้งสมมติฐานมักนิยมเขียนในรูป ถ้า.....ดังนั้น

ตัวอย่างเช่น ถ้าขนาดของวัตถุมีผลต่อความเร็วของวัตถุที่ตกลงในของเหลว ดังนั้นวัตถุที่มีขนาดใหญ่จะตกลงในของเหลวด้วยความเร็วสูงกว่าวัตถุที่มีขนาดเล็ก

2. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)

การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึงการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตหรือวัดได้พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนเกิดทักษะแล้ว คือ กำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตได้ และวัดได้

2.1 น้ำสะอาด คือน้ำที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส

2.2 ตัวนำไฟฟ้า คือ วัตถุหรือสิ่งต่าง ๆ ที่เมื่อนำเครื่องตรวจสอบการนำไฟฟ้ามาแตะแล้วไฟติด

3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling variables)

การกำหนดตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น และตัวแปรตามที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ ตัวแปรต้น คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ หรือสิ่งเร้าที่ต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดเช่นนั้นจริงหรือไม่ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อ

ตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไปตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วยตัวแปรควบคุมหมายถึง การควบคุมสิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากว่าไม่สามารถควบคุมให้เหมือนกันความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ ชีบ่งและกำหนดตัวแปรต้น และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

4. ทักษะการทดลอง (Experimenting)

การทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ การทดลอง ประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

4.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริงเพื่อกำหนด

4.1.1 วิธีการทดลอง ซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดแลควบคุมตัวแปร

4.1.2 อุปกรณ์ หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลอง

4.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง

4.3 การบันทึกการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัดและอื่นๆ

ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

1. การออกแบบการทดลองโดย กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสมโดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมด้วย

2. ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสม

3. บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting data and Making conclusion)

การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายคุณลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ อาจต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่นๆด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ การจำแนกประเภท เป็นต้นการลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

5.1 แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะ และสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้

5.2 บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

จากการศึกษาประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ โดยแยกเป็นทักษะพื้นฐาน 8 ทักษะ ทักษะขั้นสูงหรือทักษะขั้นผสม 5 ทักษะ ผู้วิจัยทำการศึกษาเฉพาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมหรือทักษะขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ โดยกำหนดนิยามทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแต่ละทักษะ ตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาในแต่ละครั้งจะน่าเชื่อถือหรือไม่ขึ้นอยู่กับตัวผู้ศึกษาหาความรู้เอง ความสามารถหรือทักษะต่าง ๆ เราสามารถฝึกฝนและพัฒนาเพื่อให้เกิดความชำนาญได้ ดังนั้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความชำนาญ สามารถทำได้ดังนี้ (พันธ์ ทองชุมนุม, 2547: 36-43)

1. การพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐาน

เป็นการพัฒนาความสามารถในการคิดหาคำอธิบายหรือสรุปความรู้ล่วงหน้า ก่อนทำการทดลองโดยใช้ทักษะการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน วิธีการพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐานสามารถกระทำดังนี้

1.1 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการตรวจสอบเหตุการณ์ที่สามารถอธิบายได้จากประสบการณ์ของผู้เรียนแต่ละคน

1.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการอภิปรายถึงเหตุและผลเพื่อหาคำตอบที่เป็นไปได้ แล้วมาตั้งสมมติฐาน

1.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการตรวจสอบข้อมูล มีการยอมรับหรือปฏิเสธข้อมูลที่ตรงกับสมมติฐานและไม่ตรงกับสมมติฐาน

1.4 ฝึกให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานจากแหล่งต่าง ๆ อย่างหลากหลาย และมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำว่าสมมติฐานที่ตั้งนั้นมีจุดเด่น จุดด้อยอย่างไร

2. การพัฒนาทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

เป็นการพัฒนาความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในความหมายในทางปฏิบัติให้เป็นอย่างเดียวกัน วิธีการพัฒนาทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการทำได้ดังนี้

2.1 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการศึกษาครั้งนั้น

2.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้กำหนดวิธีการปฏิบัติการทดลองที่ชัดเจนและรัดกุมจนสามารถสื่อความหมายในทางปฏิบัติได้ตรงกันได้

3. การพัฒนาทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

เป็นการพัฒนาความสามารถในการบอกชนิดของตัวแปรที่ทำการศึกษา วิธีการพัฒนาทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรสามารถกระทำดังนี้

3.1 ฝึกให้ผู้เรียนได้พัฒนาการคิดวิเคราะห์ว่าในการศึกษาครั้งนั้นมีอะไรบ้างที่เป็นสาเหตุและอะไรบ้างที่เป็นผลจากสาเหตุดังกล่าวและวิเคราะห์ความเกี่ยวข้องของเหตุและผล

3.2 ฝึกให้ผู้เรียนกำหนดชนิดของตัวแปร

4. การพัฒนาทักษะการทดลอง

เป็นการพัฒนาความสามารถ 3 ด้าน คือ ด้านการออกแบบการทดลอง ด้านการปฏิบัติการทดลอง และด้านบันทึกผลการทดลอง มีวิธีการต่อไปนี้

4.1 ฝึกให้ผู้เรียนระบุวัสดุ อุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลอง

4.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง

4.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองจริงอย่างเหมาะสม

4.4 ฝึกให้ผู้เรียนมีการบันทึกข้อมูลอย่างแม่นยำ เที่ยงตรง และมีความซื่อสัตย์ ข้อมูลที่บันทึกมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และตรวจสอบได้

5. การพัฒนาทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

เป็นการแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับทักษะอื่น เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการทดลอง การบันทึกข้อมูล เป็นต้น โดยมีวิธีการดังนี้

5.1 ฝึกให้ผู้เรียนแปลความหมายและลงข้อสรุปเหตุการณ์ที่สามารถอธิบายได้จากประสบการณ์ที่มีอยู่

5.2 ฝึกให้ผู้เรียนหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ระหว่างตัวแปร รวมไปถึง ระบุสาเหตุที่เป็นไปได้ของความสัมพันธ์เหล่านั้น

จากการศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ สรุปได้ดังนี้ การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความชำนาญ ผู้เรียนต้องได้รับการฝึกฝนในแต่ละทักษะอย่างต่อเนื่อง

ลักษณะของข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อสอบที่ใช้วัดความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มี 3 ลักษณะ (สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ, 2540: 78 – 79) ดังนี้

1. ด้านสถานการณ์

1.1 สถานการณ์ที่สร้างขึ้นจะเป็นสถานการณ์สมมติหรือนำมาจากเอกสารอื่นใดก็ตาม ต้องมีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน

1.2 ใช้คำพูดที่เข้าใจง่ายต้องไม่นอกเหนือจากที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้ว

1.3 สถานการณ์จะต้องเป็นจริงสมเหตุสมผล สั้น กระชับ เข้าใจง่ายและในแต่ละสถานการณ์ควรใช้คำถามได้มากกว่า 1 ข้อ

1.4 ถ้าเป็นเรื่องที่มีหน่วยการวัดจะต้องระบุให้ชัดเจน

2. ด้านคำถาม

2.1 ถามในเรื่องที่ต้องใช้ความสามารถ

2.2 ไม่ถามถึงปัญหาหรือสมมติฐานที่เคยอภิปรายหรือสรุปมาแล้ว

2.3 การใช้คำถามที่รัดกุมชัดเจนว่าจะให้ตอบเรื่องใด

2.4 ข้อความที่จะใช้ตอบแต่ละคำถามควรเป็นตอนละเรื่องและกำหนดคะแนนให้เหมาะสม

3. ด้านการตรวจสอบ

ถ้าเป็นข้อสอบแบบสั้นๆ แม้จะเป็นคำถามที่ผู้ตอบคิดว่าเป็นคำตอบที่แน่นอนครูผู้สอนควรดูเหตุผลของนักเรียนถึงแม้ว่าแตกต่างเกณฑ์ที่กำหนดไว้ก็ตามควรยอมรับ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่แสดงประสิทธิภาพของการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

1. ผลของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น(พรรัตน์ กิ่งมะลิ, 2552: 62; สุมาลี วงศ์หอม, 2548: 82-84)
2. พัฒนาทักษะกระบวนการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ การคิดแก้ปัญหา การตัดสินใจและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (สรสุดา ชูพันธ์, 2548: 82-84 ; โยชิน กัลยาเลิศ, 2548: 60-62; เสมียน คำเพราะ, 2548: 66-68)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น เช่น ผลงานวิจัยสุมาลี วงศ์หอม (2548: 82-84) ได้ศึกษาผลการเปรียบเทียบผลการเรียนวิทยาศาสตร์แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น และการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบสืบเสาะตามแนว สสวท. ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 งานวิจัยของ ภัทธราภรณ์ สิทธิศรี (2550: 79-80) การเปรียบเทียบผลของการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นโดยใช้เทคนิคการรู้คิดและการสืบเสาะแบบ สสวท. ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 งานวิจัยของพรรัตน์ กิ่งมะลิ (2552: 61) ได้ศึกษาผลการเปรียบเทียบความสามารถด้านทักษะทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้กับการสอนแบบปกติ หลังการทดลอง งานวิจัยของศิริรักษ์ ชนะสงคราม (2553: 98) การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์กับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และงานวิจัยของ ระเบียบ อนันตพงศ์ (2550: 72) ผลการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สนามของแรง และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณ์ กุลกันยาจังหวัดสงขลาและงานวิจัยของ Simsek

and Kabapinar (2010: 1190-1194) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ถึงแม้ว่างานวิจัยจำนวนมากที่แสดงประสิทธิภาพของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ แต่จากการสำรวจครูเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 600 คนของ Deters (2004 อ้างใน จันทรจิรา ภูมิศิลปธรรม, 2551: 33-34) พบว่าครูน้อยมากที่สอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ถึงแม้ว่าครูจะเห็นว่าการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นสิ่งที่ดี แต่ครูเกรงว่าจะควบคุมชั้นเรียนไม่ได้ เป็นห่วงเกี่ยวกับความปลอดภัยของนักเรียน แต่ครูเกรงว่านักเรียนจะควบคุมชั้นเรียนไม่ได้ เป็นห่วงเกี่ยวกับความปลอดภัยของนักเรียน เกรงว่านักเรียนจะมีแนวคิดไม่ถูกต้องใช้เวลานานในการเรียนการสอนและเกรดที่นักเรียนจะได้รับ สำหรับครูที่ประสบความสำเร็จในการใช้สืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียนเสนอว่าข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีมากกว่าข้อเสีย

จากการวิจัยดังกล่าว จะเห็นได้ว่าวิธีการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ ต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน

กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนแห่งหนึ่งในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 10 จังหวัดเพชรบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 33 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มี 4 ชุดดังนี้

1. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การวัดและประเมินผลทางการศึกษา วิธีสร้างเครื่องมือวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.2 สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ซึ่งประกอบด้วยแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ และแบบอัตนัยจำนวน 20 ข้อ ข้อสอบดังกล่าวครอบคลุมความสามารถเกี่ยวกับทักษะขั้นบูรณาการ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

1.3 นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องเชิงเนื้อหา ลักษณะการใช้คำถาม คำตอบที่คาดหวัง เกณฑ์ที่ใช้ ความถูกต้องของการใช้ภาษา

1.4 นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแล้วซึ่งทุกข้อมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป มาปรับปรุง เรื่องภาษาที่ใช้ คำตอบที่คาดหวัง และเกณฑ์ที่ใช้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.5 นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา จำนวน 30 คน

1.6 วิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ซึ่งได้ผลดังนี้

1.6.1 แบบวัดแบบปรนัยจำนวน 40 ข้อ มีค่าความยากง่าย (P) ตั้งแต่ 0.23 – 0.86 ค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.07 – 0.80

1.6.2 แบบวัดแบบอัตนัย จำนวน 20 ข้อ มีค่าความยากง่าย (P) ตั้งแต่ 0.25 – 0.72 ค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.22 – 0.50

1.7 คัดเลือกแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ซึ่งมีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ได้แบบวัดแบบปรนัยจำนวน 20 ข้อและ แบบวัดแบบอัตนัยจำนวน 16 ข้อ ดังรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนข้อของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	จำนวนข้อ	
	ปรนัย	อัตนัย
1. การตั้งสมมุติฐาน	4	4
2. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	4	2
3. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	4	4
4. การทดลอง	4	2
5. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	4	4

1.8 นำแบบวัดในข้อ 1.7 ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา จำนวน 30 คน ได้คุณภาพของข้อสอบดังนี้

1.8.1 แบบวัดแบบปรนัยมีค่าความยากง่าย (P) ตั้งแต่ 0.37-0.67 ค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.33-0.80 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81

1.8.2 แบบวัดแบบอัตนัย มีค่าความยากง่าย (P) ตั้งแต่ 0.26-0.72 ค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.22-0.50 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85

2. แบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน

แบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน เป็นแบบบันทึกที่ให้ผู้เรียนบันทึกหลังจาก การเรียนในแต่ละคาบ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่สร้างขึ้น จากหนังสือประกอบการเรียนเรื่อง สารและสมบัติของสารรวมทั้งองค์ประกอบที่เป็น ตัวบ่งชี้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ การเพื่อกำหนดกรอบแนวคิดเกี่ยวกับ เนื้อหาและกิจกรรมที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.2 สร้างแบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนให้สอดคล้องกับกิจกรรมใน แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่สร้างขึ้น

2.3 นำแบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน แนบไปกับแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงด้าน เนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ รวมทั้งความสอดคล้องของคำถามแบบบันทึกผลการปฏิบัติ กิจกรรมของนักเรียนกับกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อนำข้อ เสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขด้านความสอดคล้องของเนื้อหา ภาษาที่ใช้ กิจกรรมการทดลอง และ คำถามในใบงาน

3. แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนโดยครู

แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนโดยครู เป็นแบบบันทึกที่ครูใช้บันทึก พฤติกรรมนักเรียนในขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการเรียน มีวิธีการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาแนวทางในการสร้างแบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนจากเอกสารต่าง ๆ และวิเคราะห์สิ่งที่ต้องการสังเกต เพื่อกำหนดประเด็นที่จะสังเกต ในด้านพฤติกรรมทั่วไป และพฤติกรรมที่แสดงออกด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

3.2 สร้างแบบบันทึก โดยนำประเด็นที่จะบันทึกในแบบบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เกี่ยวกับความเหมาะสมของสิ่งที่บันทึกและข้อมูลที่จะนำมาใช้ในตอบปัญหาการวิจัยแล้วนำเสนอแนะด้านความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ไปปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

4. แบบบันทึกหลังการสอนของครู

แบบบันทึกปลายเปิดที่ครูใช้หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแต่ละคาบ มีวิธีการสร้างดังนี้

4.1 ศึกษาแนวทางในการเขียนบันทึกหลังการสอนในแผนการจัดการเรียนรู้จากเอกสารต่างๆ และวิเคราะห์ตัวบ่งชี้สิ่งที่ต้องการศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี สืบเสาะหาความรู้ ทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการ เพื่อกำหนดประเด็นที่จะบันทึก ซึ่งมีดังนี้ 1) ผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับนักเรียน 2) ปัญหาและข้อเสนอแนะในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้

4.2 สร้างแบบบันทึก โดยนำประเด็นที่จะบันทึกในแบบบันทึกหลังการสอนปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เกี่ยวกับความเหมาะสมของสิ่งที่บันทึกและข้อมูลที่จะนำมาใช้ในตอบปัญหาการวิจัยแล้วนำเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไขประเด็นที่จะบันทึกให้สอดคล้องกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ก่อนนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล โดยดำเนินการดังนี้

1. นักเรียนทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ก่อนการจัดการเรียนรู้

2. ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนด้วยตนเองตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องสารและสมบัติของสาร จำนวน 11 แผนการเรียนรู้ โดยใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 20 คาบ คาบละ 50 นาที โดยวางแผนการจัดการเรียนรู้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เรื่องและจำนวนคาบของหน่วยการเรียนรู้ สารและสมบัติของสาร

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เรื่อง	จำนวนคาบ
1	การแยกสารผสม	2
2	การสกัดด้วยตัวทำละลาย	2
3	โครมาโทกราฟี	3
4	การกลั่น	2
5	ธาตุและสารประกอบ	3
6	การเกิดปฏิกิริยาเคมี	2
7	มวลกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี	2
8	ชนิดของสารกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1
9	ความเข้มข้นของสารกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1
10	พื้นที่ผิวสัมผัสของสารของสารกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1
11	อุณหภูมิของสารกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1

3. นักเรียนศึกษาและบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมลงในแบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน ระหว่างดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยสะท้อนผลการทำงานให้แก่นักเรียน

4. ผู้วิจัยบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนในขณะที่ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ และบันทึกหลังการสอนด้วยตนเองเมื่อเสร็จสิ้นการสอนของทุกแผนการจัดการเรียนรู้

5. นักเรียนทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนด

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่ศึกษาจากเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย ดังนี้

1. ผู้วิจัยนำคะแนนจากการตรวจแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียน และหลังเรียนมาวิเคราะห์โดยการทดสอบค่าที แบบกลุ่มเดียว

2. แบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน และแบบบันทึกหลังสอนของครู นำมาวิเคราะห์เนื้อหาพร้อมกัน โดยนำข้อมูลที่ได้มาจำแนกข้อมูลอย่างเป็นระบบ ตีความหมาย เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนแบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน และแบบบันทึกหลังสอนของครู

บทที่ 4

ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

ผลการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. ผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
2. ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

1. ผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ผลการศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อผ่านการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นดังนี้

1.1 คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยรวมก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบร้อยละของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ปรากฏดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยรวมก่อนเรียนและหลังเรียน

ทดสอบ	N	$\bar{X}$	$\sum D$	$\sum D^2$	t-test
ก่อนเรียน	33	22.24	791	19,557	31.88**
หลังเรียน	33	46.21			

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 4 พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้มีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียน เท่ากับ 22.24 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 46.21 นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.2 คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการรายทักษะก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยเปรียบเทียบร้อยละของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ปรากฏดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการรายทักษะก่อนเรียนและหลังเรียน

ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	ก่อนเรียน		หลังเรียน		$\sum D$	$\sum D^2$	t-test
	N	$\bar{X}$	N	$\bar{X}$			
1. การตั้งสมมติฐาน	33	4.48	33	9.73	173	1,005	17.20**
2. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	33	2.55	33	7.73	171	941	22.74**
3. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	33	4.85	33	10.00	170	998	15.14**
4. การทดลอง	33	4.88	33	8.97	135	641	14.11**
5. การตีความหมายข้อมูลและ ลงข้อสรุป	33	5.48	33	9.79	142	696	15.17**

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 5 พบว่านักเรียนมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเฉลี่ยหลังเรียนรายด้านทุกด้านสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

การวิเคราะห์เนื้อหาจากแบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนโดยครู และแบบบันทึกหลังสอนของครู เกี่ยวกับพฤติกรรมทั่วไป และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สังเกตได้ในแต่ละเรื่อง ปรากฏผลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมทั่วไปของนักเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ที่เกิดเมื่อครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-5			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นสร้างความ สนใจ (Engagement) E_1	- ใช้สื่อ 1. สื่อของจริง (อาหาร และสาร ชนิดต่าง ๆ) 2. ใช้คำถามในการ ทำกิจกรรม	นักเรียนทุกคนให้ ความสนใจและ ตอบคำถามเป็น อย่างดี	ทักษะการสังเกตและ ทักษะการจำแนกประเภท นักเรียนมากกว่าร้อยละ 70 สามารถสังเกตลักษณะเนื้อสาร และจำแนกสารได้
	- การสาธิต เรื่อง การผสมสาร	นักเรียนทุกคน ตื่นเต้น สนใจ ร่วมมือในการทำ กิจกรรมเป็นอย่างดี	ทักษะการสังเกต นักเรียนมากกว่าร้อยละ 70 สามารถอธิบายลักษณะของสาร ผสมที่สังเกตได้อย่างละเอียดและ ถูกต้อง
	- พุดคุยสนทนา	นักเรียนมากกว่า ร้อยละ 60 ให้ความ สนใจน้อย ไม่ให้ ความร่วมมือใน การตอบคำถาม คุยกันในขณะที่ทำ กิจกรรม	-
ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration) E_2	- ให้นักเรียน ออกแบบการทดลอง 1. ครูใช้คำถามเพื่อชี้ ประเด็นให้นักเรียนรู้ ทิศทางในทักษะ	นักเรียนทุกคนมี ความกระตือรือร้น และให้ความ ร่วมมือในการ ปฏิบัติกิจกรรม	ทักษะการตั้งสมมติฐาน นักเรียน 4 กลุ่มจาก 8 กลุ่ม ตั้งสมมติฐานไม่ถูกต้อง ตั้งสมมติฐานในรูปประโยค คำถาม

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-5			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration) E ₂ (ต่อ)	- การตั้งสมมติฐาน - การกำหนดนิยาม - เชิงปฏิบัติการ - การกำหนดและ - ควบคุมตัวแปร - การทดลอง 2. ครูตรวจสอบ - ความถูกต้องของการ - ออกแบบการทดลอง		ใช้ว่า “หรือไม่” ต่อท้าย ประโยชน์ ดังตัวอย่าง การตั้งสมมติฐาน เรื่องโครมาโทกราฟี ดังนี้ “ตัว ทำละลายต่างชนิดกันมีผลต่อ การแยกสีในน้ำหมึกหรือไม่” ทักษะการกำหนดและควบคุม ตัวแปร นักเรียนทุกกลุ่มกำหนดตัว แปรไม่ถูกต้อง ตัวแปรต้น นักเรียนเขียนข้อความที่ไม่ สามารถแปรค่าได้ตัวแปรตาม กำหนดไม่ถูกต้อง เนื่องจาก ภาษาที่ใช้ในการเขียนไม่ ถูกต้อง ไม่ชัดเจน และตัวแปร ควบคุมกำหนดไม่ครบถ้วน ดัง ตัวอย่างการกำหนดและ ควบคุมตัวแปร เรื่อง โครมาโทกราฟี ดังนี้ ตัวแปรต้น “ น้ำ น้ำเกลือ เอทานอล”

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-5			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration) E ₂ (ต่อ)			ตัวแปรตาม “ การแยกสาร” ตัวแปรควบคุม “ เวลาที่ใช้” ทักษะการกำหนดนิยามเชิง ปฏิบัติการ นักเรียนทุกกลุ่มกำหนดนิยามเชิง ปฏิบัติการไม่ได้ ทักษะการทดลอง - ออกแบบการทดลอง นักเรียนทุกกลุ่มออกแบบการ ทดลองได้ แต่ไม่แสดงให้เห็นถึง การควบคุมตัวแปร ดังตัวอย่าง การออกแบบการ ทดลอง เรื่อง โครมาโทกราฟี นักเรียนออกแบบการทดลอง ดังนี้ 1. ตัดกระดาษโครมาโทกราฟี จำนวน 3 แผ่น 2. ใช้ไม้จิ้มฟันจุ่มสีแล้วนำมา แตะบนกระดาษ 3. ติดกระดาษโครมาโทกราฟีใน กล่องพลาสติกที่มีน้ำบรรจุอยู่ โดยไม่ให้ปลายกระดาษ โครมาโทกราฟีจุ่มลงในน้ำ

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-5			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นสำรวจและ ค้นหา (Exploration) E ₂ (ต่อ)			4. สังเกตการเปลี่ยนแปลง - ออกแบบการบันทึกผลการ ทดลอง นักเรียน 3 กลุ่มจาก 8 กลุ่ม ออกแบบการบันทึกผลการ ทดลองในรูปของประโยชน์ความ เรียง อีก 5 กลุ่มออกแบบการ บันทึกผลการทดลองในรูปแบบ ตาราง แต่ประเด็นต่าง ๆ ไม่ ครอบคลุมกับการทดลอง
	- ให้นักเรียนลงมือ ปฏิบัติ 1. ครูเตรียมอุปกรณ์ ในการทดลองและ ให้คำแนะนำ 2. ครูสังเกต พฤติกรรมนักเรียน ขณะทำกิจกรรม	นักเรียนร้อยละ 80 แบ่งหน้าที่กัน รับผิดชอบภายใน กลุ่ม นักเรียนร้อยละ 20 เล่นกันไม่ สนใจ ที่จะทำการ ทดลอง	- การใช้อุปกรณ์ นักเรียนทุกกลุ่มใช้อุปกรณ์ ไม่ถูกต้อง ไม่คล่องแคล่ว เช่น ใช้ เครื่องมือที่ไม่ถูกต้อง ขาดความ ระมัดระวังในการใช้อุปกรณ์และ ความปลอดภัยของตนเอง

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-5			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นสำรวจและ ค้นหา (Exploration) E ₂ (ต่อ)	- ให้นักเรียน รวบรวมข้อมูล 1. ครูตรวจสอบ ความถูกต้องของ ข้อมูลจากผลการ ทดลอง	นักเรียนร้อยละ 70 นำ ผลที่ได้มาบันทึกลง ในแบบบันทึกผลการ ปฏิบัติกิจกรรมแต่มี นักเรียนร้อยละ 30 ไม่ จดบันทึกผลการ ทดลอง	- การบันทึกผลการทดลอง นักเรียนทุกกลุ่มบันทึกผลการ ทดลองไม่ละเอียด และไม่ ครบถ้วน
ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explanation) E ₃	- ให้นักเรียนนำเสนอ ข้อมูลและ อภิปรายผล 1. ครูใช้คำถามใน การอภิปรายร่วมกับ นักเรียนเพื่อเป็น แนวทางในการ ตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป	นักเรียนทุกคน ร่วมกันอภิปรายผล การทดลองภายใน กลุ่มและผลัดเปลี่ยน หน้าที่รายงานผล	ทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป นักเรียนทุกกลุ่มสรุปผล ไม่ถูกต้อง ไม่ครอบคลุม นักเรียน 3 กลุ่มจาก 8 กลุ่ม คัดลอกข้อความจากผลการ ทดลองมาเป็นข้อสรุป ดังตัวอย่าง การตีความหมาย ข้อมูลและลงข้อสรุป เรื่อง โครมาโทกราฟี ดังนี้ “กระดาษโครมาโทกราฟี สามารถแยกสีได้ 3 สี คือ สีน้ำเงิน สีเหลืองและสีเขียว”

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-5			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขยายความรู้ (Elaboration) E ₄	- ให้ความรู้เพิ่มเติม - ให้นักเรียนระดม ความคิด - ให้นักเรียนศึกษา ค้นคว้า - สนทนา/การ อภิปราย	นักเรียนร้อยละ 70 ศึกษาและอภิปราย ร่วมกันด้วยความ ตั้งใจแต่นักเรียน ร้อยละ 30 ไม่สนใจ ที่จะศึกษาและคุย กันภายในกลุ่ม	-
ประเมิน (Evaluation) E ₅	- ถามตอบ เพื่อตรวจสอบ ความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับทักษะ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ - สะท้อนผลการทำ แบบฝึกหัด ให้นักเรียนทุกคน เพื่อนำไปปรับปรุง แก้ไข	นักเรียนร้อยละ 80 ให้ความร่วมมือใน การตอบคำถาม และทำแบบฝึกหัด ส่งตามกำหนด	ทักษะการตั้งสมมติฐาน นักเรียนร้อยละ 70 ตั้งสมมติฐาน ไม่ถูกต้อง ดังตัวอย่าง การตั้งสมมติฐาน เรื่อง โครมาโทกราฟี ดังนี้ “ทำอย่างไรจึงแยกสารสีได้” ทักษะการกำหนดและ ควบคุมตัวแปร นักเรียนร้อยละ 60 กำหนดตัว แปรต้นได้ถูกต้อง ตัวแปรตาม ไม่ถูกต้องและ ตัวแปรควบคุม ไม่ครบถ้วน

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-5			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นประเมิน (Evaluation) E ₅ (ต่อ)			ดังตัวอย่าง การกำหนดและควบคุม ตัวแปร เรื่อง โครมาโทกราฟี ดังนี้ ตัวแปรต้น “ชนิดของตัวดูดซับ” ตัวแปรตาม “สีที่แยกได้” ตัวแปรควบคุม “1. ขนาดของ กระดาษ 2. ขนาดของภาชนะ” ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ นักเรียนร้อยละ 85 กำหนดนิยามเชิง ปฏิบัติการไม่ได้หรือกำหนดได้ แต่ ไม่ถูกต้อง ดังตัวอย่าง การกำหนด นิยามเชิงปฏิบัติการ คำว่า ตัวดูดซับ เรื่อง โครมาโทกราฟี ดังนี้ “ตัวดูดซับคือกระดาษที่ใช้ในการ ทดลอง” ทักษะการทดลอง - การออกแบบการทดลอง นักเรียนร้อยละ 50 ออกแบบการ ทดลองได้ แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงการ ควบคุมตัวแปร

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-5			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นประเมิน (Evaluation) E ₅ (ต่อ)			ดังตัวอย่าง การออกแบบการทดลอง เรื่อง โครมาโทกราฟี นักเรียนออกแบบการทดลองดังนี้ 1. นำกระดาษวาดเขียนและกระดาษกรองมาตัด 2. จุดน้ำหมึกสีแดง 2 แผ่น 3. นำกระดาษทั้ง 2 แผ่นติดในกล่องพลาสติกที่มีน้ำบรรจุอยู่ โดยไม่ให้ปลายกระดาษทั้งสองจุ่มลงในน้ำ 4. สังเกตการเปลี่ยนแปลง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป นักเรียนร้อยละ 70 สรุปจากข้อมูลที่กำหนดให้ได้แต่ไม่สมบูรณ์ ดังตัวอย่าง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เรื่อง โครมาโทกราฟี ดังนี้ “สาร A เคลื่อนที่ได้ไกลที่สุด สาร B เคลื่อนที่ได้ไกลที่สุด”

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6-7			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นสร้างความ สนใจ (Engagement) E_1	- สาธิต 1. ครูสาธิต เรื่องชนิด ของการเปลี่ยนแปลง ของสาร 2. อภิปรายร่วมกับ นักเรียนโดยใช้คำถาม	นักเรียนทุกคน สนใจในกิจกรรม นี้และให้ความ ร่วมมือในการทำ กิจกรรมและตอบ คำถามเป็นอย่างดี	ทักษะการสังเกต นักเรียนร้อยละ 80 สังเกตการ สาธิตการตัดและเผา แผ่นกระดาษได้อย่างละเอียด ถูกต้องและใช้ประสาทสัมผัส ในการสังเกตได้มากที่สุด
ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration) E_2	- ให้นักเรียนออกแบบ การทดลอง 1. ครูใช้คำถามเพื่อ เป็นแนวทางในการ กำหนดทักษะต่าง ๆ ดังนี้ - การตั้งสมมติฐาน - การกำหนดนิยามเชิง ปฏิบัติการ - การกำหนดและ ควบคุมตัวแปร - การทดลอง 2. ครูตรวจสอบความ ถูกต้องของการ ออกแบบการทดลอง	นักเรียนทุกคนมี ความกระตือรือร้น และให้ความ ร่วมมือในการ ปฏิบัติกิจกรรม	ทักษะการตั้งสมมติฐาน นักเรียน 5 กลุ่มจาก 8 กลุ่ม ตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง ดังตัวอย่าง การตั้งสมมติฐาน เรื่อง มวลกับการเกิดปฏิกิริยา เคมี ดังนี้ “ถ้าระบบของสารมีผล ต่อมวลสารก่อนทำปฏิกิริยาและ หลังทำปฏิกิริยาดังนั้น ผลรวม มวลของสารที่อยู่ในระบบปิด และระบบเปิดจะไม่เท่ากัน”

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6-7			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration) E ₂ (ต่อ)			ทักษะการกำหนดและควบคุม ตัวแปร นักเรียน 6 กลุ่มจาก 8 กลุ่ม กำหนดและควบคุมตัวแปรได้ ถูกต้อง ดังตัวอย่าง การกำหนดและ ควบคุมตัวแปร เรื่อง มวลกับ การเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนี้ ตัวแปรต้น “ประเภทของระบบ” ตัวแปรตาม “ผลรวมมวลของ สารก่อนและหลังทำปฏิกิริยา เคมี” ตัวแปรควบคุม “ 1. มวลของ หินปูน 2. ปริมาณของ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 3. ปีกเกอร์ หลอดทดลอง จุกยาง เป็นชุดเดียวกัน”

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6-7			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration) E ₂ (ต่อ)			ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ นักเรียน 4 กลุ่ม จาก 8 กลุ่ม กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้ แต่ยังไม่ครอบคลุม เช่นอธิบาย ความหมายได้แต่ไม่สามารถ ระบุวิธีวัดได้ ดังตัวอย่าง การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติ คำว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เรื่องมวลกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนี้ “ คือ เวลาที่ใช้ในการ เกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับ กรด” ทักษะการทดลอง - ออกแบบการทดลอง นักเรียน 6 กลุ่มจาก 8 กลุ่ม ออกแบบการทดลองได้ และ แสดงให้เห็นถึงการควบคุม ตัวแปร ดังตัวอย่างการ ออกแบบการทดลอง เรื่อง มวลกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6-7			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration) E ₂ (ต่อ)			นักเรียนออกแบบการทดลองดังนี้ 1. ชั่งบีกเกอร์ที่ใส่เม็ดหินปูน 10 กรัม และหลอดทดลองขนาดใหญ่ที่ใส่สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 10 cm³ และจุกยาง บันทึกรวมวลทั้งหมดก่อนทำปฏิกิริยา 2. นำเม็ดหินปูนใส่ลงในหลอดทดลองที่ใส่กรดและปิดจุกยางทันที ตั้งทิ้งไว้จนปฏิกิริยาสิ้นสุด ชั่งบีกเกอร์และหลอดทดลอง พร้อมจุกยางอีกครั้ง บันทึกรวมวลทั้งหมดหลังทำปฏิกิริยา 3. ทำการทดลองเหมือนกับข้อ 1 และ ข้อ 2 แต่ไม่ต้องปิดจุกยาง โดยใช้อุปกรณ์ชุดเดียวกัน - ออกแบบการบันทึกผลการทดลอง นักเรียนทุกกลุ่มออกแบบการบันทึกผลการทดลองในรูปแบบตารางมีประเด็นในการบันทึกผลสอดคล้องกับการทดลอง

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6-7			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration) E_2 (ต่อ)	- ให้นักเรียน ลงมือปฏิบัติ 1. ครูเตรียมอุปกรณ์ ในการทดลอง และ ดูแลให้คำแนะนำ 2. ครูสังเกต พฤติกรรมนักเรียน ขณะทำกิจกรรม	นักเรียนทุกคน แบ่งหน้าที่กัน รับผิดชอบภายใน กลุ่ม และทำการ ทดลองด้วยความ ตั้งใจ	- การใช้อุปกรณ์ นักเรียนร้อยละ 80 ใช้อุปกรณ์คล่องแคล่ว โดยเฉพาะ การใช้เครื่องชั่ง และทำการ ทดลองด้วยความระมัดระวัง
	- ให้นักเรียน รวบรวมข้อมูล 1. ครูตรวจสอบ ความถูกต้องของ ข้อมูลจากผลการ ทดลอง	นักเรียนทุกกลุ่มนำ ผลที่ได้มาบันทึกลง ในแบบบันทึกผล การปฏิบัติกิจกรรม	- การบันทึกผลการทดลอง นักเรียน 5 กลุ่มจาก 8 กลุ่ม บันทึก ผลการทดลองได้ถูกต้องและ บันทึกข้อมูลตามความเป็นจริง
ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explanation) E_3	- ให้นักเรียนนำเสนอ ข้อมูลและ อภิปรายผล 1. ครูใช้คำถามใน การอภิปรายร่วมกับ นักเรียนเพื่อเป็น แนวทางในการ ตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป	นักเรียนทุกคน ร่วมกันอภิปรายผล การทดลองภายใน กลุ่มและ ผลัดเปลี่ยน หน้าที่ในการ รายงานผลการ ทดลองหน้าชั้น เรียน	ทักษะการตีความหมายข้อมูลและ ลงข้อสรุป นักเรียน 6 กลุ่มจาก 8 กลุ่ม นำผลการทดลองที่ได้มาบรรยาย และอธิบายความหมายของข้อมูล จากการทดลองได้ถูกต้อง

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6-7			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explanation) E ₃ (ต่อ)			ดังตัวอย่าง การตีความหมาย ข้อมูลและลงข้อสรุป เรื่องมวล กับการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนี้ “ปฏิกิริยาเคมีในระบบเปิด แก๊ส ที่เกิดขึ้นจะออกสู่บรรยากาศ ทำ ให้มวลของสารที่ได้หลัง ปฏิกิริยาเคมีน้อยกว่าก่อน เกิดปฏิกิริยาเคมี”
ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) E ₄	- ให้นักเรียนศึกษา ค้นคว้า - ให้นักเรียนวิเคราะห์ ข้อมูล - สันทนา/อภิปราย	นักเรียนร้อยละ 80 กระตือรือร้นใน การทำงานกิจกรรม	-
ขั้นประเมิน (Evaluation) E ₅	- ถาม-ตอบ เพื่อตรวจสอบความรู้ ในเรื่องทักษะ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ขั้น บูรณาการ - สะท้อนผลการทำ แบบฝึกหัด ให้แก่ นักเรียนทุกคน	นักเรียนร้อยละ 90 ให้ความร่วมมือใน การตอบคำถาม และทำแบบฝึกหัด ส่งตามกำหนด	ทักษะการตั้งสมมติฐาน นักเรียนร้อยละ 70 ตั้งสมมติฐาน ได้ถูกต้อง ดังตัวอย่าง การ ตั้งสมมติฐาน เรื่อง การเกิด ปฏิกิริยาเคมีระหว่างสาร ดังนี้ “ถ้าระบบของสารมีผลต่อมวล ของสารก่อนทำปฏิกิริยาดังนั้น ผลรวมของมวลสารก่อนและ หลังทำปฏิกิริยาแตกต่างกัน”

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6-7			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นประเมิน (Evaluation) E ₅ (ต่อ)			ทักษะการกำหนดและควบคุม ตัวแปร นักเรียนร้อยละ 70 กำหนดและ ควบคุมตัวแปรได้แต่ไม่สมบูรณ์ และไม่ครบถ้วน ดังตัวอย่าง การ กำหนดและควบคุมตัวแปร เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสาร ดังนี้ ตัวแปรต้น “ประเภทของระบบ” ตัวแปรตาม “ผลรวมมวลของสาร ก่อนและหลังทำปฏิกิริยาเคมี” ตัวแปรควบคุม “1. มวลของ ตั้งกะสี 2. ปริมาณของสาร ทักษะการกำหนดนิยามเชิง ปฏิบัติการ นักเรียนร้อยละ 50 กำหนดนิยาม เชิงปฏิบัติการได้แต่ไม่สมบูรณ์ คือ อธิบายความหมายได้แต่ยังไม่ สามารถระบุวิธีวัดได้

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6-7			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นประเมิน (Evaluation) E ₅ (ต่อ)			ดังตัวอย่าง การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ คำว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนี้ “คือ เวลาใช้ในการเกิดปฏิกิริยา” ทักษะการทดลอง - การออกแบบการทดลอง นักเรียนร้อยละ 60 ออกแบบการทดลองได้ เป็นลำดับขั้นตอนและแสดงให้เห็นถึงการควบคุมตัวแปรแต่ยังไม่สมบูรณ์ ตัวแปรตามนักเรียนยังระบุไม่ชัดเจน ดังตัวอย่าง การออกแบบการทดลอง เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสาร นักเรียนออกแบบการทดลองดังนี้ 1. ชั่งปิกเกอร์ที่ใส่โลหะสังกะสีปริมาณ 10 กรัม และหลอดทดลองขนาดใหญ่ที่บรรจุน้ำกลั่น 10 cm³ บันทึกผล 2. ตั้งทิ้งไว้จนปฏิกิริยาสิ้นสุด ชั่งปิกเกอร์และหลอดทดลองอีกครั้ง บันทึกผล

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6-7			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นประเมิน (Evaluation) E ₅ (ต่อ)			3. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1 และ ข้อ 2 แต่เปลี่ยนจากน้ำกลั่น เป็นสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ปริมาณเท่ากันแล้วบันทึกผล ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป นักเรียนร้อยละ 70 สรุปผลจาก ข้อมูลที่กำหนดให้โดย บรรยาย และเขียนแสดงความสัมพันธ์ของ ข้อมูลได้ ดังตัวอย่างการ ตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่าง สารดังนี้ “มวลของสารตั้งต้นก่อน เกิดปฏิกิริยาเคมีและมวลรวมของ ผลิตภัณฑ์หลังเกิดปฏิกิริยาเคมีจะมีค่าเท่ากันในกรณีผลิตภัณฑ์ที่ได้ ไม่ใช่แก๊ส คือปฏิกิริยาระหว่าง โลหะสังกะสีกับน้ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นแก๊ส มวลของสารก่อนและ หลังทำปฏิกิริยาเคมีไม่เท่ากัน เช่น โลหะสังกะสีกับกรด”

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8-11			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นสร้างความ สนใจ (Engagement) E_1	- ใช้สื่อวิทัศน์ เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี	นักเรียนทุกคนให้ ความสนใจและมี ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง เพื่อนและครู	ทักษะการสังเกตและ ทักษะการลงความคิดเห็น นักเรียนทุกคนสังเกต รายละเอียดต่าง ๆ ของการ เกิดปฏิกิริยาเคมี จากวิทัศน์ได้ ครบถ้วน และสามารถอธิบาย โดยเพิ่มความคิดเห็นจากสิ่งที่ สังเกตได้
	- สันทนาการ/ อภิปราย	นักเรียนร้อยละ 80 อภิปรายร่วมกันด้วย ความตั้งใจ	-
ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration) E_2	- ให้นักเรียน ออกแบบการทดลอง ครูทำหน้าที่ ตรวจสอบความ ถูกต้องของ - การตั้งสมมติฐาน - การกำหนดและ ควบคุมตัวแปร - การกำหนดนิยาม เชิงปฏิบัติการ - การออกแบบการ ทดลอง	นักเรียนทุกคนมี ความกระตือรือร้น และให้ความร่วมมือ ในการปฏิบัติ กิจกรรม	ทักษะการตั้งสมมติฐาน นักเรียนตั้งสมมติฐานถูกต้อง ทุกกลุ่ม ดังตัวอย่างการ ตั้งสมมติฐาน เรื่องพื้นที่ ผิวสัมผัสกับการเกิดปฏิกิริยา เคมี ดังนี้ “ถ้าพื้นที่ผิวสัมผัสของสาร มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เคมี ดังนั้นสารที่มีพื้นที่ ผิวสัมผัสน้อยจะเกิดปฏิกิริยาได้ ช้ากว่าสารที่มีพื้นที่ผิวสัมผัส มาก”

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8-11			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นสำรวจและ ค้นหา (Exploration) E ₂ (ต่อ)			ทักษะการกำหนดและควบคุม ตัวแปร นักเรียนกำหนดและควบคุม ตัวแปรได้ถูกต้องและครบถ้วน ทุกกลุ่ม ดังตัวอย่าง การกำหนดและ ควบคุมตัวแปร เรื่องพื้นที่ผิวสัมผัส กับการเกิดปฏิกิริยาเคมีดังนี้ ตัวแปรต้น “พื้นที่ผิวสัมผัสของ สารละลาย” ตัวแปรตาม “อัตราการเกิดปฏิกิริยา เคมี” ตัวแปรควบคุม “1. ปริมาณของสารละลายกรด ไฮโดรคลอริก 2. ปริมาณของ หินปูน” ทักษะการกำหนดนิยามเชิง ปฏิบัติการ นักเรียน 5 กลุ่มจาก 8 กลุ่มสามารถ กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8-11			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นสำรวจและ ค้นหา (Exploration) E ₂ (ต่อ)			ดังตัวอย่าง การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ คำว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนี้ “เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่สังเกตได้เช่นการเกิดฟองแก๊ส” ทักษะการทดลอง - ออกแบบการทดลอง นักเรียนทุกกลุ่มออกแบบการทดลองได้ เป็นลำดับขั้นตอน และแสดงให้เห็นถึงการควบคุมตัวแปร ดังตัวอย่าง การออกแบบการทดลอง เรื่อง พื้นที่ผิวสัมผัสกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนออกแบบการทดลองดังนี้ 1. ชั่งหินปูนชนิดเม็ด และชนิดผงจำนวนเท่ากัน ใส่ในหลอดทดลองอย่างละหลอด

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8-11			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration) E ₂ (ต่อ)		2. ดวงสารละลายกรดไฮโดร คลอริก ปริมาณเท่ากัน ใส่ใน หลอดทั้งสอง 3. สังเกต เปรียบเทียบเวลาและ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นใน แต่ละหลอด บันทึกผล - ออกแบบการบันทึกผลการ ทดลอง นักเรียนทุกกลุ่มออกแบบการ บันทึกผลการทดลองในรูปแบบ ตารางได้เหมาะสมและ สอดคล้องกับการทดลองตาราง ที่ได้ในแต่ละกลุ่มมีความ แตกต่างกัน	
	- ให้นักเรียนลงมือ ปฏิบัติ 1. ครูเตรียมอุปกรณ์ การทดลอง ให้คำแนะนำและ สังเกตพฤติกรรม นักเรียนขณะทำการ ทดลอง	นักเรียนทุกคนแบ่ง หน้าที่กันรับผิดชอบ ภายในกลุ่ม เป็นอย่างดีทำการ ทดลองเสร็จทันเวลา	- การใช้อุปกรณ์ นักเรียนทุกคนใช้อุปกรณ์ ถูกต้องคล่องแคล่ว

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8-11			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration) E ₂ (ต่อ)	- ให้นักเรียน รวบรวมข้อมูล 1. ครูตรวจสอบการ บันทึกผลการทดลอง วิธีการ	นักเรียนทุกกลุ่มนำ ผลที่ได้มาบันทึกลง ในแบบบันทึกผล การปฏิบัติกิจกรรม ได้อย่างรวดเร็ว	- การบันทึกผลการทดลอง นักเรียนทุกกลุ่มบันทึกผลการ ทดลองได้ถูกต้อง
ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explanation) E ₃	- ให้นักเรียนนำเสนอ ข้อมูลและ อภิปรายผล 1. ครูใช้คำถามใน การอภิปรายร่วมกับ นักเรียนเพื่อ ตรวจสอบ การตีความหมาย ข้อมูลและลงข้อสรุป	นักเรียนทุกกลุ่ม ร่วมกันอภิปรายผล การทดลองภายใน กลุ่มและตอบคำถาม ด้วยความตั้งใจ	ทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป นักเรียนทุกกลุ่มนำผลการ ทดลองที่ได้มาบรรยายและเขียน แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล จากการทดลองได้ถูกต้อง ภาษา ที่ใช้อ่านและเข้าใจได้ง่ายขึ้น ดังตัวอย่าง การตีความหมาย ข้อมูลและลงข้อสรุป เรื่อง พื้นที่ ผิวสัมผัสกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนี้ “สารที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสต่างกัน เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา แตกต่างกันด้วย สารที่มีพื้นที่ ผิวสัมผัสน้อย (ชนิดเม็ด) จะใช้ เวลาในการเกิดปฏิกิริยามากกว่า สารที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก (ชนิด ผง)

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8-11			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นขยาย ความรู้ (Elaboration) E ₄	- สนทนา/การอภิปราย - ใช้สื่อรูปภาพ ขนาดของอาหาร - ใช้วัสดุ ดินน้ำมัน	นักเรียนมากกว่า ร้อยละ 80 ศึกษา และอภิปราย ร่วมกันด้วย ความตั้งใจ นักเรียนทุกคน ให้ความสนใจ เป็นอย่างดี	- ทักษะการสังเกตและ ทักษะการลงความคิดเห็น นักเรียนสามารถอธิบายโดยเพิ่ม ความคิดเห็นจากสิ่งที่สังเกตได้ และสามารถเชื่อมโยงเรื่องพื้นที่ ผิวสัมผัสกับการย่อยอาหารไปใช้ ในชีวิตประจำวันได้
ขั้นประเมิน (Evaluation) E ₅	- ถามตอบ เพื่อตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับ ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ - สะท้อนผลการทำ แบบฝึกหัด ให้แก่ นักเรียนทุกคน	นักเรียนร้อยละ 90 ให้ความ ร่วมมือในการ ตอบคำถาม และ ทำแบบฝึกหัดส่ง ตามกำหนด	ทักษะการตั้งสมมติฐาน นักเรียนร้อยละ 80 ตั้งสมมติฐาน ได้ถูกต้อง ดังตัวอย่าง การตั้งสมมติฐานเรื่อง ความเข้มข้นของสารกับการ เกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนี้ “ถ้าความ เข้มข้นของสารมีผลต่อการ เกิดปฏิกิริยาเคมี สารที่มีความ เข้มข้นมากจะเกิดปฏิกิริยา ได้เร็วกว่าสารที่มีความเข้มข้น น้อย”

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8-11			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นประเมิน (Evaluation) E ₅ (ต่อ)			ทักษะการกำหนดและควบคุม ตัวแปร นักเรียนร้อยละ 80 กำหนดและ ควบคุม ตัวแปร ได้ถูกต้องทั้งตัว แปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปร ควบคุม ดังตัวอย่าง เรื่อง ความเข้มข้นของ สาร กับ การเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนี้ ตัวแปรต้น “ความเข้มข้นของ สารละลายกรดไฮโดร คลอริก” ตัวแปรตาม “อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี” ตัวแปรควบคุม “1.ปริมาณของสารละลายกรด ไฮโดรคลอริก 2.ขนาดของหลอด แมกนีเซียม 3.เวลาที่ใช้ในการ หย่อนสาร”

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8-11			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นประเมิน (Evaluation) E ₅ (ต่อ)			ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ นักเรียนส่วนร้อยละ 65 กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้ โดยอธิบายความหมาย และระบุวิธีวัดได้ ดังตัวอย่าง การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ คำว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เรื่อง ความเข้มข้นของสารกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนี้ "เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่สังเกตได้เช่นการเกิดฟองแก๊สตั้งแต่เริ่มต้นจนโลหะบางลง" ทักษะการทดลอง -การออกแบบการทดลอง นักเรียนร้อยละ 75 ออกแบบการทดลองได้ เป็นลำดับขั้นตอนและแสดงให้เห็นถึงการควบคุมตัวแปร

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8-11			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นประเมิน (Evaluation) E ₅ (ต่อ)			ดังตัวอย่าง การออกแบบการทดลอง เรื่อง ความเข้มข้นของสารกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนออกแบบการทดลองดังนี้ “1. ชั่งลวดแมกนีเซียมให้มวลเท่ากัน 2 ชิ้น 2. หย่อนลวดแมกนีเซียมลงในหลอดทดลองที่ใส่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้นต่างกันทั้งสองหลอดพร้อม ๆ กัน 3. สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อสารผสมกันและเปรียบเทียบเวลาที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอด” ทักษะการตีความหมาย และลงข้อสรุป นักเรียนร้อยละ 80 สรุปผลจากข้อมูลที่กำหนดให้โดยบรรยายและ เขียนแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลจากกราฟที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8-11			
ขั้นตอนการ สืบเสาะ หาความรู้	พฤติกรรมการสอน ของครู/กิจกรรม/ วิธีการ	พฤติกรรมทั่วไป	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่เกิด
ขั้นประเมิน (Evaluation) E ₅ (ต่อ)			ดังตัวอย่างการตีความหมาย และลงข้อสรุป เรื่อง ความเข้มข้นของสาร กับ การเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนี้ “ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสาร สารที่มีความเข้มข้นมาก (สารชุด A) จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ได้เร็วกว่า สารที่มีความเข้มข้น น้อยกว่า (สารชุด B) เนื่องจากสาร ชุด A สิ้นสุดปฏิกิริยาเคมีก่อนสาร ชุด B”

จากตารางที่ 6 พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ในแต่ละขั้นตอน นักเรียนให้ความสนใจ กระตือรือร้น แสดงพฤติกรรมการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานคือ ทักษะการสังเกต และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทั้ง 5 ทักษะ คือ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ นักเรียนได้ฝึกและเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมากที่สุดคือ ขั้นสำรวจและ ค้นหา และขั้นประเมิน

ตารางที่ 7 พฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เมื่อทำกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ ช่วงแรกและช่วงหลัง

ทักษะกระบวนการ ขั้นบูรณาการ	พฤติกรรมที่แสดงออกด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	
	ช่วงแรก (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-5)	ช่วงหลัง (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6-11)
1. การตั้งสมมติฐาน	นักเรียนร้อยละ 70 ตั้งสมมติฐานไม่ถูกต้อง ตั้งสมมติฐานในรูปประโยคคำถามมักจะใช้คำว่า “หรือไม่” ต่อท้ายประโยค ดังนี้ “เอทานอลสามารถสกัดสีขมิ้นได้ดีกว่าน้ำหรือไม่”	นักเรียนร้อยละ 80 ตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง ดังนี้ “ถ้าสารละลายกรดมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยากับโลหะ ดังนั้นสารละลายกรดซัลฟิวริกจะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เร็วกว่าสารละลายกรดไฮโดรคลอริก”
2. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	นักเรียนร้อยละ 85 กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการไม่ถูกต้อง เช่น กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของ “ความสามารถในการสกัดสารสี” ดังนี้ “สังเกตความเข้มของสี”	นักเรียนร้อยละ 65 สามารถกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้ โดยอธิบายความหมายและระบุวิธีวัดได้ เช่น การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของ “อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี” ดังนี้ “เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับกรด สังเกตได้จาก การเกิดฟองแก๊สตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุด”
3. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	นักเรียนร้อยละ 60 กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามไม่ถูกต้อง ตัวแปรควบคุมกำหนดได้แต่ไม่ครบถ้วน เช่น การกำหนดและควบคุมตัวแปร เรื่องการสกัดด้วยตัวทำละลาย ดังนี้ ตัวแปรต้น “น้ำและ เอทานอล” ไม่ใช่คำตอบที่ถูกต้อง นักเรียนทราบแต่ใช้ภาษาไม่ถูกต้องเพราะเป็นคำตอบที่แปรค่าไม่ได้	นักเรียนร้อยละ 90 กำหนดและควบคุมตัวแปรได้ถูกต้องทั้งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และ ตัวแปรควบคุมกำหนดได้ครบถ้วน เช่น การกำหนดและควบคุมตัวแปร เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาเคมี ดังนี้ ตัวแปรต้น “ชนิดของสารละลายกรด”

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการ ขั้นบูรณาการ	พฤติกรรมที่แสดงออกด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	
	ช่วงแรก (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-5)	ช่วงหลัง (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6-11)
3. การกำหนดและ ควบคุมตัวแปร (ต่อ)	ตัวแปรตาม “ ปริมาณที่ได้ออกมาจากการ ละลายของน้ำและเอทานอล” เป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้อง ตัวแปรควบคุม “ ชนิดของขมิ้น” ตอบถูกแต่ไม่ครบถ้วน	ตัวแปรตาม “อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี” ตัวแปรควบคุม “1. ปริมาณของ สารละลายกรด 2. ความเข้มข้น ของสารละลายกรด 3. ขนาดของ โลหะ 4. ชนิดของโลหะ”
4. การทดลอง	นักเรียนร้อยละ 60 ออกแบบการ ทดลองได้แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงการ ควบคุมตัวแปร ออกแบบการบันทึก ผลการทดลองในรูปของประโยค ความเรียงบางส่วนออกแบบการ บันทึกผลการทดลองในรูปแบบ ตาราง แต่ประเด็นต่าง ๆ ไม่ ครอบคลุมกับการทดลอง การบันทึก ผลการทดลองยังไม่ละเอียด และไม่ ครบถ้วน ใช้อุปกรณ์ไม่ถูกต้อง ไม่ คล่องแคล่ว เช่น การออกแบบการ ทดลอง เรื่อง การสกัดด้วยตัวทำ ละลาย นักเรียนออกแบบการทดลองดังนี้ 1. ใช้มีดหั่นขมิ้นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ 2. นำขมิ้นไปใส่ในหลอดที่มีน้ำและ เอทานอลอยู่ 3. เขย่าทั้งสองหลอดแล้วสังเกตสี นักเรียนแสดงลำดับขั้นตอนในการ ออกแบบการทดลองได้แต่ยังไม่ได้ แสดงให้เห็นถึงการควบคุมตัวแปร	นักเรียนร้อยละ 75 ออกแบบการ ทดลองได้ เป็นลำดับขั้นตอนและ แสดงให้เห็นถึงการควบคุม ตัวแปร ออกแบบการบันทึกผล การทดลองในรูปแบบตาราง ได้เหมาะสมและสอดคล้องกับ การทดลองบันทึกผลการทดลอง ได้ละเอียดถูกต้อง ใช้อุปกรณ์ได้ ถูกต้อง และคล่องแคล่ว เช่น การออกแบบการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่อการ เกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนออกแบบการทดลอง ดังนี้ 1. นำชิ้นโลหะสังกะสีที่มีมวล เท่ากัน 2 ชิ้น หย่อนลงในหลอด ทดลองที่บรรจุสารละลายกรด ไฮโดรคลอริก และหลอดทดลอง ที่บรรจุสารละลายกรดซัลฟิวริก ที่มีความเข้มข้นเท่ากันจำนวน 3 cm ³

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการ ชั้นบูรณาการ	พฤติกรรมที่แสดงออกด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	
	ช่วงแรก (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-5)	ช่วงหลัง (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6-11)
4. การทดลอง (ต่อ)		2. สังเกตและเปรียบเทียบอัตราเร็วของการเปลี่ยนแปลงของโลหะเมื่ออยู่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและสารละลายกรดซัลฟิวริก นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองได้อย่างมีลำดับขั้นและแสดงให้เห็นถึงการควบคุมตัวแปร
5. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	นักเรียนร้อยละ 60 สรุปผลได้แต่ไม่ครอบคลุม โดยนักเรียนคัดลอกข้อความจากผลการทดลองมาเป็นข้อสรุปแต่ไม่เขียนแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการทดลองได้ถูกต้อง เช่น การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เรื่อง การสกัดด้วยตัวทำละลาย ดังนี้ “นำไปให้สีเหลืองเข้ม เอทานอลให้สีเหลืองอ่อน”	นักเรียนร้อยละ 80 สรุปผลได้โดยมีการบรรยายข้อมูลจากผลการทดลองและเขียนแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการทดลองได้ถูกต้องและครอบคลุม เช่น การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนี้ “สารละลายต่างชนิดกันมีความสามารถในการทำปฏิกิริยากับโลหะได้ต่างชนิดกัน สารละลายกรดซัลฟิวริกทำปฏิกิริยากับโลหะสังกะสีได้เร็วกว่า สารละลายกรดไฮโดรคลอริก”

จากตารางที่ 7 พบว่า ในช่วงแรกของการจัดการเรียนรู้ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-5 นักเรียนมีพฤติกรรมที่แสดงออกด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการไม่ถูกต้อง แต่ช่วงหลังของการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6-11 พบว่านักเรียนมีพฤติกรรมที่แสดงออกด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการถูกต้องและสมบูรณ์ขึ้น

ข้อวิจารณ์

การวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผู้วิจัยได้นำเสนอการวิจารณ์ดังนี้

1. ผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
2. ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

1. ผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

1.1 ผลของการวัดด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จากการศึกษาพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนมีการพัฒนาขึ้นเห็นได้จาก คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภาพร ศรีวาปี (2549: 104); ระเบียบ อนันตพงษ์ (2550: 71); พรรณัน กิ่งมะลิ (2552: 61) ซึ่งพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวมและรายด้านทุกด้านหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลการวิจัยยังเป็นไปในทำนองเดียวกับงานวิจัยของ Ela Ayse Koksall and Giray Berberouglu (2012: 10-11) ที่ศึกษาผลของการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนเกรด 6 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ พบว่ากลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม และมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่ดีกว่ากลุ่มควบคุม

1.2 ผลการวิเคราะห์ แบบบันทึกผลการปฏิบัติงานกิจกรรมของนักเรียน แบบบันทึกพฤติกรรมนักเรียน โดยครู และแบบบันทึกหลังสอนของครู พบว่า ช่วงหลังของการจัดการเรียนรู้คือแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6-11 นักเรียนแสดงพฤติกรรมเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เพิ่มขึ้นจากช่วงแรกของการจัดการเรียนรู้คือแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-5 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชารวี ตรงสถิตกุล (2549: 84-86) ที่กล่าวว่าหลังจากการเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียนมีคะแนนและพฤติกรรมที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมากขึ้น

2. ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

จากการวิเคราะห์แบบบันทึกผลการปฏิบัติงานกิจกรรมของนักเรียน แบบบันทึกพฤติกรรมนักเรียนโดยครู และแบบบันทึกหลังสอนของครู พบว่า การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้แต่ละขั้นควรมีแนวทางดังนี้

- 2.1 ใช้วิธีการที่หลากหลาย ได้แก่ การสาธิต การใช้สื่อ การอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถาม พุดคุยสนทนา
- 2.2 ใช้สื่อที่เป็นรูปธรรม เช่น สื่อรูปภาพ สื่อของจริง วัตถุทัศน ที่มีความหลากหลาย มีคุณภาพ เหมาะสมกับวัย ระดับชั้น เข้าใจและเข้าถึงได้ง่าย
- 2.3 ให้นักเรียนฝึกทุกทักษะอย่างต่อเนื่อง
- 2.4 ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติทุกขั้นตอน โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ
- 2.5 เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับครูและเพื่อนนักเรียนในบรรยากาศที่เป็นมิตร
- 2.6 ครูให้ข้อมูลสะท้อนกลับเมื่อนักเรียนทำงานส่ง รวมทั้งให้การเสริมแรง

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Seok (2009: 555-557) ที่กล่าวว่า การสอนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้วิธีการที่หลากหลาย เช่น การใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด ตอบ อธิบายและเปรียบเทียบ ลงมือปฏิบัติโดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เป็นรูปธรรม เช่น บัตรใบคำ ทำให้นักเรียนเกิดทักษะการตั้งสมมติฐานได้ดีขึ้น ครูเป็นผู้เสริมแรงด้วยการให้กำลังใจ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิราภรณ์ กาลนิล (2552: 69) ที่กล่าวว่า การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมที่ให้นักเรียนได้คิดสืบเสาะหาความรู้ มีการแสวงหาความรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ขั้นสร้างความสนใจเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมอย่างทั่วถึง ใช้คำถามให้คิดและเกิดปัญหาอยากเรียนรู้ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ จะทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนได้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
2. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนแห่งหนึ่งใน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษา เขต 10 จังหวัดเพชรบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 33 คน ซึ่งได้มาโดยการ ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

1. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
2. แบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน

3. แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมนักเรียน โดยครู

4. แบบบันทึกหลังสอนของครู

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล โดยดำเนินการดังนี้

1. นักเรียนทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ก่อนการจัดการเรียนรู้
2. ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนด้วยตนเองตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องสารและสมบัติของสาร จำนวน 11 แผนการเรียนรู้ โดยใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 20 คาบ คาบละ 50 นาที และบันทึกหลังการสอนด้วยตนเอง เมื่อเสร็จสิ้นการสอนของทุกแผน
3. นักเรียนศึกษาและบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมลงในแบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนระหว่างดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ และผู้วิจัยสะท้อนผลการทำงานให้แก่นักเรียน
4. ผู้วิจัยบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนในขณะที่ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ และบันทึกหลังการสอนด้วยตนเองเมื่อเสร็จสิ้นการสอนของทุกแผนการจัดการเรียนรู้
5. นักเรียนทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนด

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

วิเคราะห์จากคะแนนแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยหาค่าสถิติพื้นฐาน คือค่าเฉลี่ย และทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนและหลังการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยทดสอบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ใช้ t -test โดยภาพรวมทุกทักษะ และทักษะแต่ละด้าน

2. ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

วิเคราะห์จากแบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนแบบบันทึกการสังเกต พฤติกรรมของนักเรียน และ แบบบันทึกหลังสอนของครู นำมาวิเคราะห์เนื้อหาพร้อมกัน โดยนำข้อมูลที่ได้มาจำแนกข้อมูลอย่างเป็นระบบ คือความหมาย เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนแบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน และ แบบบันทึกหลังสอนของครู

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้มีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเป็นรายด้าน พบว่าหลังเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการรายด้านสูงขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่าการเรียนด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงขึ้น

2. ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ พบว่า การใช้วิธีการที่หลากหลาย ใช้สื่อที่เป็นรูปธรรมทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจและเข้าถึงได้ง่าย นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติทุกขั้นตอน ฝึกทุกทักษะอย่างต่อเนื่อง เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างครูและเพื่อนนักเรียน ครูให้ข้อมูลสะท้อนกลับแก่นักเรียนเพื่อปรับปรุงแก้ไข ทำให้นักเรียนมีพฤติกรรมที่แสดงออกด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการถูกต้องและสมบูรณ์มากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปใช้

1. ครูควรวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานก่อน เพื่อตรวจสอบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนเป็นอย่างไร ถ้าพบว่านักเรียนมีทักษะขั้นพื้นฐานไม่ดีพอ ควรสอนเสริมก่อน เพราะทักษะขั้นพื้นฐานบางทักษะ เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการจัดกระทำข้อมูล เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่สำคัญที่จะนำไปใช้กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

2. ครูต้องเตรียมพร้อมที่จะเป็นผู้ให้คำปรึกษา แนะนำการทำกิจกรรม ทำการทดลอง และจัดเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรม วัสดุล่วงหน้า และทดลองปฏิบัติก่อนเพื่อสังเกตผลหรือปัญหาที่อาจเกิดขึ้น

3. ครูควรสร้างบรรยากาศในการสืบเสาะหาความรู้ โดยให้ผู้เรียนมีอิสระในการคิด การลงมือปฏิบัติ แต่ครูควรเตรียมพร้อมที่จะให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนเกิดปัญหา

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับ ความสามารถในการแก้ปัญหา และความสามารถในการคิดวิเคราะห์

2. สร้างสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. 2545. คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ. 2551. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

จันทร์จิรา ภมรศิลป์ธรรม. 2551. การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องปีโตรเลียมและพอลิเมอร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิราภรณ์ กาลนิล. 2552. ผลการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ชาติรี ฝ่ายคำตา. 2551. “การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้.” วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. ปีที่ 11: 35-45.

ชารวี ตรงสถิตกุล. 2549. การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านวังยาง อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี. วิทยานิพนธ์ ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

ณรงค์ โสภณ. 2547. ผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคงทนในการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

ทิตินา แคมมณี. 2554. รูปแบบการเรียนการสอนทางเลือกที่หลากหลาย. กรุงเทพมหานคร:
สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นันทกา คันธิยังค์. 2547. ผลการใช้กิจกรรมการเรียนการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5E's BSCS
ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน,
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

บุญชม ศรีสะอาด. 2545. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์นการพิมพ์.

บุปผชาติ ทัพพิกรณ์. 2543. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการประยุกต์. กรุงเทพมหานคร:
สำนักบริการคอมพิวเตอร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เบญจมาภรณ์ กลิ่นพูน. 2547. การใช้วิธีสอนแบบสืบสวนสอบสวนเพื่อพัฒนาความสามารถ
ทางการ คิดอย่างมีวิจารณญาณในวิชาภาษาไทยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
เขตพื้นที่การศึกษาประจวบคีรีขันธ์เขต 2. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา
หลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พรรัตน์ กิ่งมะลิ. 2552. การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พืชโดยใช้การสอน
แบบสืบเสาะหาความรู้สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านตำหรุ จังหวัด
ประจวบคีรีขันธ์. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน,
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

พันธ์ ทองชุมนุม. 2547. การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2545. เอกสารประกอบการเรียนวิชา 50671 สัมมนาหลักสูตรและการสอน
วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี. มหาสารคาม: วิทยาลัยมหาสารคาม.

ภัทรภรณ์ สิทธิศร. 2550. การเปรียบเทียบผลของการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นโดยใช้
เทคนิคการรู้คิดและการสืบเสาะแบบ สสวท. ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ขั้นพื้นฐานและการ คิดเชิงเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์การศึกษา
มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

โยธิน กัลยาเลิศ. 2548. การเปรียบเทียบผลการสอนตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้และรูปแบบ
 สวท. ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแนวคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
 ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. การศึกษาค้นคว้าอิสระการศึกษามหาบัณฑิต สาขา
 หลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ระเบียบ อนันตพงศ์. 2550. ผลการใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 เรื่องสนามของแรง และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผลสมของนักเรียนชั้นมัธยม
 ศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัทยกุลกันยา จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร
 มหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ล้วน สายยศและ อังคณา สายยศ. 2538. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร:
 สุวีริยาสาส์นการพิมพ์.

_____. 2539. เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์นการพิมพ์.

วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2544. การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ. กรุงเทพมหานคร:
 สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว).

_____. 2551. การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.
 กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว).

วาชีนี บุญญาพวงศ์. 2552. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟิสิกส์และสัตว์ ทักษะกระบวนการ
 ทางวิทยาศาสตร์และ จิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จากการจัดการ
 เรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตร
 และการสอน, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

วิวัฒน์ ขัตติยะมาน และ อมลวรรณ วีระธรรมโม. 2549. การสอนเพื่อพัฒนาการคิด. เทมการพิมพ์.

ศรสุดา ชูพันธ์. 2548. การเปรียบเทียบผลการสอนวิทยาศาสตร์ตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้และ
 รูปแบบ สวท. ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์.
 การศึกษาค้นคว้าอิสระการศึกษามหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัย
 มหาสารคาม.

ศิวารักษ์ ชนะสงคราม. 2553. การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์กับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการเรียนรู้, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2545. คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. 2546. เอกสารการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. 2548. การเผยแพร่ ขยายผล และอบรมครูแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle). กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. 2550. รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนากระบวนการคิดระดับสูงวิชาชีพวิทย์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2540. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์การศาสนา.

สำนักนิเทศและพัฒนามาตรฐานการศึกษา, สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ กระทรวงศึกษาธิการ. 2545. แนวทางการวัดและประเมินผลในชั้นเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 กระทรวงศึกษาธิการ. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.).

สุภาพร ศรีวาปี. 2549. การเปรียบเทียบผลของการเรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนแบบ Wheatley กับการสืบเสาะแบบ สสวท. ที่มีต่อแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนคติฟิสิกส์ การสะท้อนของแสงและการหักเหของแสงและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. การศึกษาค้นคว้าอิสระการศึกษามหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สุมาลี วงศ์หอม. 2548. การเปรียบเทียบผลการเรียนวิทยาศาสตร์แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น และการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบสืบเสาะตามแนวสสวท.ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. การศึกษาค้นคว้าอิสระการศึกษามหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

เสมียน คำเพราะ. 2548. การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. การศึกษาค้นคว้าอิสระการศึกษามหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

Koksal, E.A. and G. Berberoglu. 2012. "The Effect of Guided-Inquiry Instruction on 6th Grade Turkish Students' Achievement, Science Process Skills, and Attitudes Toward Science." **International Journal of Science Education** 1-13.

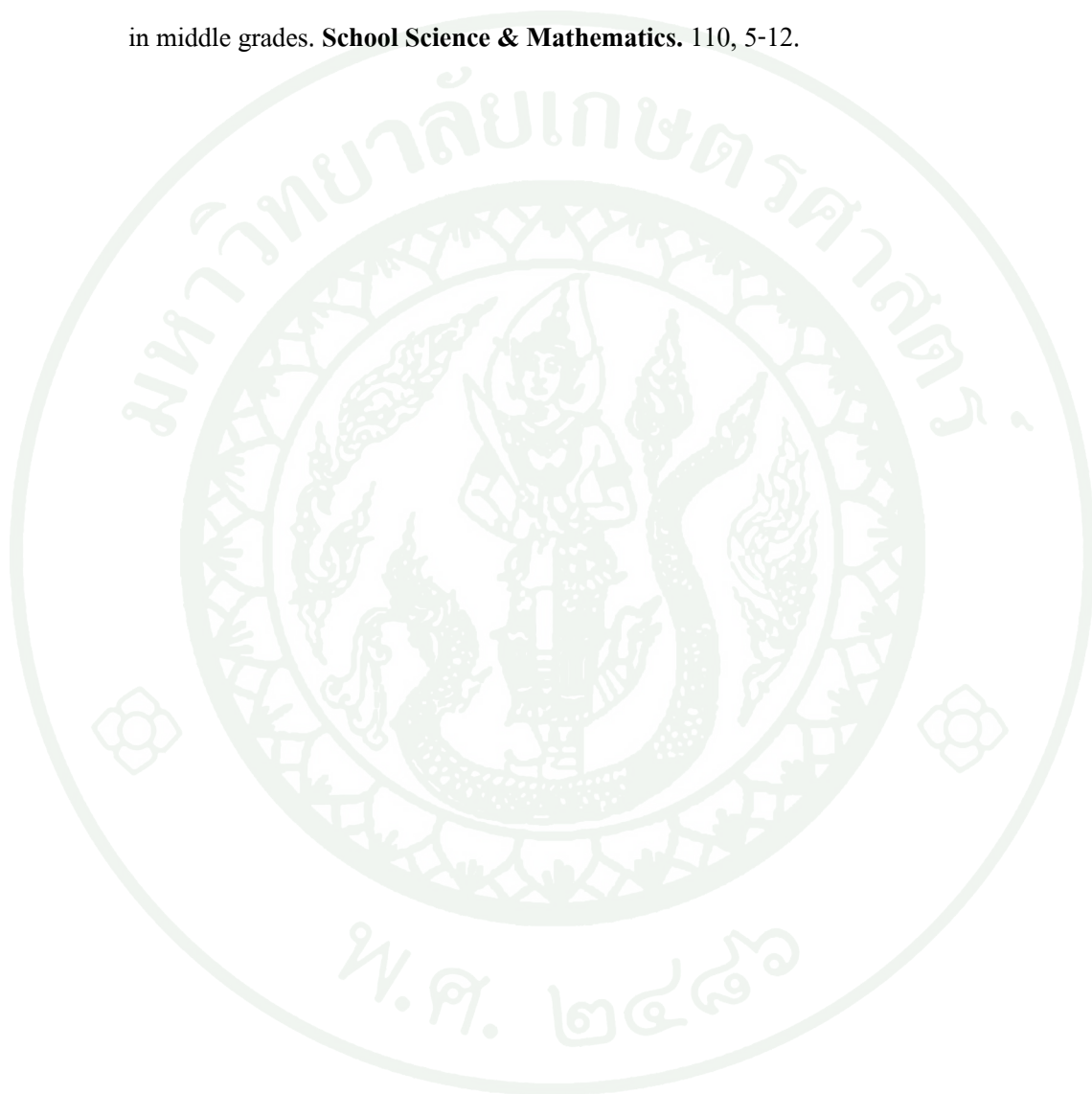
Seok, O.P. 2009. "How can Teachers Help Students Formulate Scientific Hypotheses? Some Strategies Found in Abductive Inquiry Activities of Earth Science." **International Journal of Science Education** 32: 541- 560.

Simsek, P. and F. Kabapinar. 2010. "The effects of inquiry-based learning on elementary students' conceptual understanding of matter, scientific process skills and science attitudes" **Procedia Social and Behavioral Sciences**. 2(2), 1190 - 1194.

Tuan, H., C. Chin, C.Tsai and S. Cheng. 2005. "Investigating the effectiveness of inquiry Instruction on the motivation of different learning styles student" **International Journal of Science and Mathematics Education**. 3, 541 - 566.

Wu, H. and C. Hsieh. 2006. Developing sixth grades' inquiry skills to construct explanations in inquiry-based learning environments. **International Journal of Science Education** 28 (11): 1289-1313.

Yager, R.E. and H. Akçay. 2010. The advantages of an inquiry approach for science instruction in middle grades. **School Science & Mathematics**. 110, 5-12.







รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. ผศ.ลัดดาวรรณ เจริญศักดิ์ศิริ ข้าราชการเกษียณอายุ อดีตหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
และผู้อำนวยการของสถาบันส่งเสริมการสอน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. อาจารย์ ดร. เอกรัตน์ ศรีบุญ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. นางสาวรีรัตน์ แด่เจริญผล ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
วิทยฐานะเชี่ยวชาญ
โรงเรียนเบญจมเทพอุทิศ จังหวัดเพชรบุรี
4. นางสาวสิริกัญญา วารินศิริรักษ์ ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนเบญจมเทพอุทิศ จังหวัดเพชรบุรี
5. นางรุ่งนภา เข้มเทศ ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนนวมิยวชิรธรรมโสภิต จังหวัดเพชรบุรี



แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

คำชี้แจง

1. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการฉบับนี้ แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ จำนวน 20 ข้อ

ข้อ 1-4 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

ข้อ 5 - 8 ทักษะการตั้งสมมติฐาน

ข้อ 9-12 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

ข้อ 13-16 ทักษะการทดลอง

ข้อ 17-20 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ตอนที่ 2 ลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัยซึ่งอยู่ร่วมกับกระดานคำตอบ มีคำถามทั้งหมด 16 ข้อ ประกอบด้วย

ข้อ 1- 2 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

ข้อ 3 - 6 ทักษะการตั้งสมมติฐาน

ข้อ 7-10 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

ข้อ 11-12 ทักษะการทดลอง

ข้อ 13-16 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

2. เวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบ 120 นาที

3. นักเรียนไม่ควรเสียเวลากับข้อใดข้อหนึ่งมากเกินไป

4. ถ้าเจอข้อยาก เว้นข้ามไปทำข้ออื่นๆ ต่อไปก่อน เมื่อมีเวลาเหลือจึงย้อนกลับมาทำใหม่

แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำชี้แจง ตอนที่ 1 ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้แต่ละข้อแล้วพิจารณา เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวจากข้อ ก ข ค หรือ ง แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (x) ลงในช่องกระดาษคำตอบ

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

- สมศักดิ์อยากทราบว่า อุณหภูมิของน้ำแข็งหลอมเหลวเปลี่ยนแปลงตามขนาดของบีกเกอร์ที่ใส่อยู่หรือไม่ จึงทำการทดลอง โดยใส่น้ำแข็งปริมาณเท่ากัน ลงในบีกเกอร์ขนาด 100, 150, 200 และ 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วใช้เทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิ ตลอดเวลาทุกใบ นักเรียนคิดว่า ตัวแปรต้นของการทดลองนี้คืออะไร
 - เวลา
 - อุณหภูมิ
 - ขนาดของภาชนะ
 - การหลอมเหลวของน้ำแข็ง
- จากปัญหา “ขนาดของภาชนะมีผลต่อการคายความร้อนของน้ำที่บรรจุในภาชนะนั้นหรือไม่” ตัวแปรต้นและตัวแปรตามคืออะไร ตามลำดับ
 - ปริมาณน้ำ ขนาดของแก้ว
 - ขนาดของแก้ว ชนิดของภาชนะ
 - ขนาดของภาชนะ ปริมาณน้ำ
 - ขนาดของภาชนะ การคายความร้อนของน้ำ
- จากปัญหา “แสงมีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าวโพดหรือไม่” ตัวแปรที่ต้องควบคุมคือข้อใด
 - ปริมาณปุ๋ย ปริมาณแสง
 - จำนวนเมล็ดข้าวโพด ชนิดของดินที่ใช้
 - ปริมาณแสง ชนิดของเมล็ดข้าวโพด
 - การงอกของเมล็ดข้าวโพด ชนิดของเมล็ดข้าวโพด

7. ถ้านักเรียนเลี้ยงหมูที่มีอายุ ขนาดใกล้เคียงกัน 2 ตัว โดยให้อาหารต่างกัน 2 ชนิด ตัวหนึ่งให้กินรำข้าว และอีกตัวหนึ่งให้กินหอยกกล้วย เป็นเวลา 45 วัน แล้วดูการเจริญเติบโตของหมูทั้ง 2 ตัว จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนจะตั้งสมมติฐาน ว่าอย่างไร
- หมูชอบกินรำข้าวมากกว่าหอยกกล้วย
 - รำข้าวและหอยกกล้วยทำให้หมูแข็งแรง
 - การเจริญเติบโตของหมูขึ้นอยู่กับพันธุ์ของหมู
 - หมูที่เลี้ยงด้วยรำข้าวจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าหมูที่เลี้ยงด้วยหอยกกล้วย
8. ในการทดลองเพื่อหาสมบัติบางประการของพลาสติก ผู้ทดลองนำท่อน้ำ (PVC) พวงกุญแจ (ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์) ถุงพลาสติก (พอลิเอทิลีน) มาเผา แล้วใช้กระดาษลิตมัสชุบน้ำขึ้นมาอังวัน ผลการทดลองได้ดังตาราง

ตัวอย่างพลาสติก	การเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส
ท่อน้ำ (PVC)	น้ำเงินเป็นแดง
พวงกุญแจ (ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์)	แดงเป็นน้ำเงิน
ถุงพลาสติก (พอลิเอทิลีน)	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

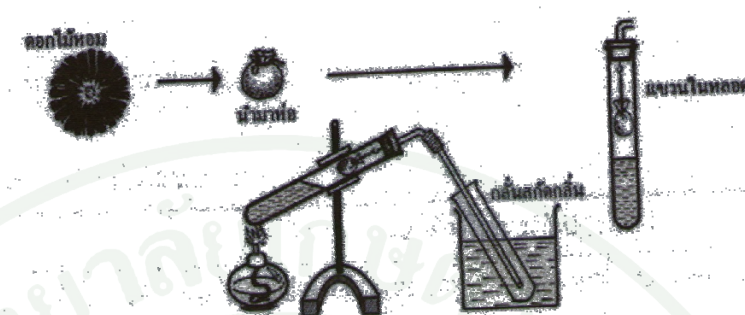
สมมติฐาน ข้อใดถูกต้องมากที่สุด

- พลาสติกชนิดที่ทำท่อน้ำ ให้ผลต่างจากพลาสติกที่ทำจากถุงพลาสติก
- พลาสติกต่างชนิดกัน ทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนสีของกระดาษลิตมัสต่างกัน
- ควันที่เกิดจากการเผาพลาสติกต่างชนิดกันจะมีฤทธิ์ความเป็นกรดเบสต่างกัน
- ท่อน้ำมีสมบัติเป็นกรด เพราะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง

ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

9. ข้อใด กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ของการเจริญเติบโตของพืชได้เหมาะสมที่สุด
- การเพิ่มขนาดของดอก
 - การเพิ่มจำนวนใบของพืช
 - การเพิ่มปริมาณของคลอโรฟิลล์
 - การเพิ่มปริมาณของแป้งที่มีอยู่ในใบ

10. จากภาพการสกัดน้ำมันหอมระเหย คำว่า “น้ำมันหอมระเหย” ข้อใดกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้ถูกต้องที่สุด



- ก. น้ำมันที่มีกลิ่นหอมกลั่นได้จากดอกไม้
 ข. สารที่เป็นน้ำมัน มีกลิ่นหอม ได้จากพืช
 ค. น้ำมันที่มีกลิ่นหอม สามารถสกัดได้จากพืช
 ง. สารที่เป็นน้ำมัน ซึ่งอยู่ในพืช มีกลิ่นหอมและสกัดได้ด้วยความร้อน
11. นักเรียนต้มน้ำในปิกเกอร์จนเดือด ข้อใด คือความหมายของ จุดเดือด ของน้ำ
- ก. อุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์มอมิเตอร์ขณะที่น้ำกำลังเดือด
 ข. อุณหภูมิที่อ่านค่าได้สูงสุดจากเทอร์มอมิเตอร์
 ค. อุณหภูมิสูงสุดที่น้ำกลายเป็นไอ
 ง. อุณหภูมิที่มีไอน้ำลอยขึ้นมา
12. “ที่อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ ประสิทธิภาพในการย่อยอาหารของเอนไซม์จะต่างกัน จากสมมติฐานนี้ ต้องกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการคำใด
- ก. เอนไซม์
 ข. อุณหภูมิสูง
 ค. ประสิทธิภาพ
 ง. ประสิทธิภาพการย่อยอาหารของเอนไซม์

13. การศึกษาว่า “การเลี้ยงไก่ด้วยอาหารที่ผสมถั่วเขียวจะให้น้ำหนักดีกว่าการเลี้ยงไก่ด้วยอาหารที่ผสมข้าวโพดหรือไม่” โดยมีการวางแผนทดลองดังนี้

ขั้นที่ 1 นำลูกไก่ที่เกิดขึ้นในเวลาไล่เลี่ยกันมาจำนวนหนึ่ง ชั่งน้ำหนักแต่ละตัว แล้วแบ่งเป็น

2 กลุ่มเท่ากัน

ขั้นที่ 2 ให้อาหารชนิดเดียวกันที่มีปริมาณเท่ากันโดยอาหารผสมถั่วเขียวแก่กลุ่มหนึ่ง และ

อาหารที่ผสมข้าวโพดอีกกลุ่มหนึ่ง

ขั้นที่ 3 เพิ่มการให้อาหารทั้งสองกลุ่มแล้วชั่งทุก ๆ วัน

ขั้นที่ 4 เมื่อครบ 4 สัปดาห์ นำไก่มาชั่งแล้วเปรียบเทียบน้ำหนัก

การทดลองขั้นใดอาจไม่สอดคล้องกับปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ

ก. ขั้นที่ 1

ข. ขั้นที่ 2

ค. ขั้นที่ 3

ง. ขั้นที่ 4

14. สมบูรณ์ คิดว่าถ้าเพิ่มความดันอากาศในลูกบาศก์บอลลูกให้มากขึ้น มันจะกระเด็นสูงขึ้นเพื่อที่จะทดสอบสมมติฐานนี้ สมศักดิ์ได้นำลูกบาศก์บอลลูกหลายลูกและสูบลูกเข้าไปในลูกบาศก์บอลลูก สมศักดิ์จะทำการทดสอบสมมติฐานของเขาอย่างไร

ก. โยนลูกบาศก์บอลด้วยแรงที่แตกต่างกันจากระดับเดียวกัน

ข. โยนลูกบาศก์บอลซึ่งบรรจุอากาศที่มีความดันแตกต่างกัน จากระดับเดียวกัน

ค. โยนลูกบาศก์บอลซึ่งบรรจุอากาศที่มีความดันเท่ากันโดยทำมุมต่าง ๆ จากพื้นห้อง

ง. โยนลูกบาศก์บอลซึ่งบรรจุอากาศที่มีความดันเท่ากันจากระดับความสูงที่แตกต่างกัน

15. ถ้าต้องการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นว่า ภาชนะต่างชนิดกันทำให้ของเหลวระเหยได้มากน้อยแตกต่างกันหรือไม่ จะต้องทำการทดลองอย่างไร

ก. ใส่ของเหลวชนิดเดียวกัน ปริมาณเท่ากันลงในภาชนะชนิดเดียวกัน ตั้งที่เดียวกัน เป็นเวลาเท่ากันสังเกตน้ำที่เหลือในภาชนะ

ข. ใส่ของเหลวชนิดเดียวกัน ปริมาณเท่ากันลงในภาชนะต่างชนิดกัน ตั้งที่เดียวกัน เป็นเวลาเท่ากันสังเกตน้ำที่เหลือในภาชนะ

ค. ใส่ของเหลวชนิดต่างชนิดกัน ปริมาณเท่ากัน ลงในภาชนะขนาดต่างกัน ตั้งไว้ที่เดียวกัน เป็นเวลาเท่ากันสังเกตน้ำที่เหลือในภาชนะ

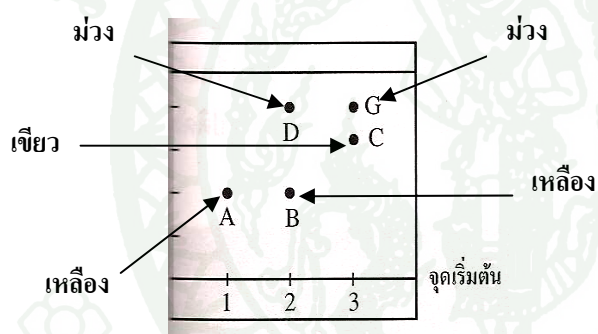
- ง. ใส่ของเหลวต่างชนิด ปริมาณเท่ากัน ลงในภาชนะขนาดเท่ากัน ตั้งที่เดียวกันเป็นเวลาเท่ากัน
สังเกตน้ำที่เหลือในภาชนะ

16. จงออกแบบการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นว่า “พื้นที่ผิวของเกล็ดมีผลต่อการละลาย”

- ก. ใส่เกล็ดเม็ดที่มีขนาดต่างกัน ปริมาณเท่ากัน ในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน ปริมาณเท่ากัน
ข. ใส่เกล็ดเม็ดที่มีขนาดต่างกัน ปริมาณเท่ากัน ในตัวทำละลายต่างชนิดกัน ปริมาณไม่เท่ากัน
ค. ใส่เกล็ดเม็ดที่มีขนาดเท่ากัน ปริมาณไม่เท่ากัน ในตัวทำละลายต่างชนิดกัน ปริมาณเท่ากัน
ง. ใส่เกล็ดเม็ดที่มีขนาดเท่ากัน ปริมาณเท่ากัน ในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน ปริมาณไม่เท่ากัน

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

17. นำสารชนิดที่ 1, 2 และ 3 มาแยกด้วยกระดาษโครมาโทกราฟี ผลการทดลองเป็นดังภาพ



จากภาพ ข้อสรุปในข้อใดต่อไปนี้ถูกต้องที่สุด

- ก. สารชนิดที่ 1 ถูกดูดซับได้ดีกว่าสารที่ 2 และ 3
ข. สารชนิดที่ 2 และ 3 มีความสามารถในการละลายน้อยกว่าสารชนิดที่ 1
ค. สาร C ละลายได้น้อยกว่าสาร B และ ถูกดูดซับได้มากกว่าสาร B
ง. สารชนิดที่ 1 และ 2 เป็นสารเดียวกันเพราะมีองค์ประกอบเหมือนกัน คือสาร A และ สาร B

18. จงพิจารณาข้อมูลในตารางต่อไปนี้

ของเหลว	สังเกตด้วยตาเปล่า	ต้มระเหยในจานหลุมโลหะ
A	เป็นสารเนื้อเดียว	มีคราบติดที่จานหลุมโลหะ
B	เป็นสารเนื้อเดียว	ไม่มีสารใดเหลืออยู่

ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

- ก. A เป็นของผสม B เป็นสารบริสุทธิ์
 - ข. A เป็นสารละลาย B เป็นสารบริสุทธิ์
 - ค. A เป็นสารละลาย B อาจเป็นสารละลายและสารบริสุทธิ์
 - ง. A เป็นสารแขวนลอย B เป็นสารละลายหรือสารบริสุทธิ์
- คำชี้แจง พิจารณาตารางข้างล่างนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 19

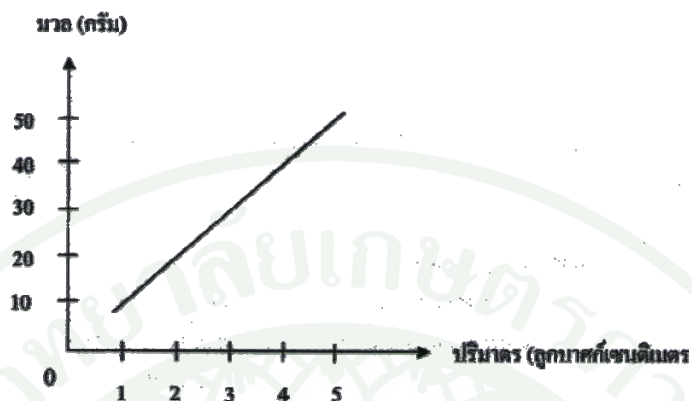
รายการ	มวล (g)	ปริมาตร (cm ³)	ความหนาแน่น (g/cm ³)
หินก้อนที่ 1	18.0	5.0	3.6
หินก้อนที่ 2	18.0	6.2	2.9
หินก้อนที่ 3	30.5	7.5	4.1

19. ข้อมูลจากตารางข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

- ก. วัตถุที่มีมวลน้อยลงปริมาตรจะคงที่
- ข. วัตถุที่มีมวลมากจะมีปริมาตรจะลดลงด้วย
- ค. วัตถุที่มีมวลเท่ากันจะมีความหนาแน่นเท่ากันด้วยเสมอ
- ง. วัตถุที่มีมวลเท่ากัน แต่ปริมาตรต่างกันจะมีความหนาแน่นต่างกันด้วย

คำชี้แจง พิจารณากราฟข้างล่างนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 20

สมชาย นำวัตถุชนิดเดียวกันหลายก้อนมาทดลองหามวลและปริมาตรได้ผลดังนี้



20. จากกราฟสรุปได้ว่าอย่างไร

- ก. วัตถุที่มีมวลและปริมาตร
- ข. วัตถุที่มีมวลมากขนาดจะใหญ่
- ค. วัตถุที่มีมวลมากจะมีปริมาตรมาก
- ง. วัตถุที่มีปริมาตรมากจะมีมวลน้อย

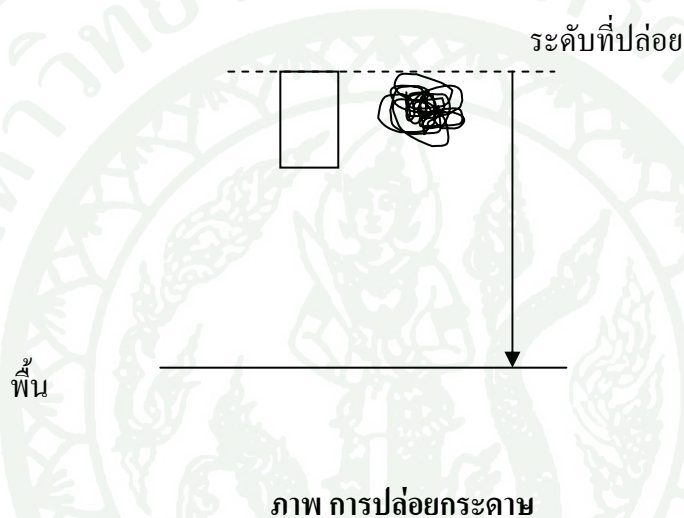
เฉลย ตอนที่ 1

ข้อ	คำตอบ	ข้อ	คำตอบ	ข้อ	คำตอบ	ข้อ	คำตอบ
1	ก	6	ก	11	ก	16	ก
2	ง	7	ง	12	ง	17	ก
3	ข	8	ค	13	ค	18	ค
4	ก	9	ข	14	ข	19	ง
5	ง	10	ง	15	ข	20	ค

ข้อสอบตอนที่ 2 เป็นแบบอัตนัยซึ่งอยู่รวมกับกระดาษคำตอบ มีคำถามทั้งหมด 16 ข้อให้นักเรียน
เติมข้อความลงในช่องว่างให้ถูกต้องสมบูรณ์

1. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

1. เด็กชายเก่งทำการทดลอง “นำกระดาษ A4 จำนวน 2 แผ่น แผ่นหนึ่งขยำให้เป็นก้อน แล้วปล่อย
กระดาษทั้ง 2 พร้อมกันที่ระดับความสูงเท่ากัน พบว่า กระดาษที่ถูกขยำจะตกถึงพื้นก่อน”
ดังรูป



จากการทดลองดังกล่าว

ตัวแปรต้นคือ _____

ตัวแปรตามคือ _____

ตัวแปรควบคุมคือ _____

2. ถ้าสมควรต้องการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่า “ของเหลวต่างชนิดกันระเหยได้มากน้อยไม่เท่ากัน”

จากการทดลองดังกล่าว

ตัวแปรต้นคือ _____

ตัวแปรตามคือ _____

ตัวแปรควบคุมคือ _____

2. ทักษะการตั้งสมมติฐาน

3. เด็กชาย เอก ต้องการทดสอบว่า พื้นที่ผิวของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่
ถ้านักเรียนเป็นเด็กชายเอกนักเรียนจะตั้งสมมติฐานจากการทดลองนี้ว่าอย่างไร

4. จากปัญหา “อัตราการเจริญเติบโตของลูกสุนัขจะเป็นอย่างไร ถ้าอาหารที่ให้แก่สุนัขมีปริมาณ
ไขมันมากขึ้น นักเรียนจะตั้งสมมติฐานจากการทดลองนี้ว่าอย่างไร

5. พี่แดนต้องการทดสอบว่าขนาดของสายยาง มีผลต่อการถ่ายน้ำจากกระป๋องพลาสติกที่มีน้ำอยู่
เกือบเต็ม ไปยังกระป๋องที่ไม่มีน้ำ แดนจะตั้งสมมติฐานจากการทดลองนี้ว่าอย่างไร

6. นักเรียนกลุ่มหนึ่งทำการทดลองดังนี้รินน้ำลงในกล่องพลาสติกที่มีสำลีบรรจุอยู่ (ก) และรินน้ำผสมกรดเกลือเจือจางลงในกล่องพลาสติกที่มีสำลีบรรจุอยู่ (ข) จากนั้นจึงวางเมล็ดถั่วดำที่แช่น้ำไว้แล้ว 10 ชั่วโมง เท่ากันวางบนสำลีดังภาพ

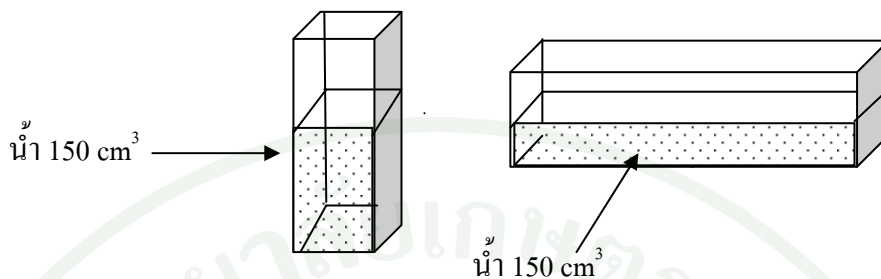


นักเรียนจะตั้งสมมติฐานจากการทดลองนี้ว่าอย่างไร

3. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

7. นักเรียนกลุ่มหนึ่งได้ทำการทดลองศึกษาผลของการออกกำลังกายที่มีต่ออัตราการเต้นของชีพจร โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม นักเรียนแต่ละกลุ่มกระโดดอยู่กับที่โดยใช้จำนวนครั้งในการกระโดดไม่เท่ากัน กลุ่มที่หนึ่ง 20 ครั้ง กลุ่มที่สอง 40 ครั้ง กลุ่มที่สาม 60 ครั้งหลังจากกระโดดเสร็จให้วัดอัตราการเต้นของชีพจร โดยนับการเต้นของชีพจรในเวลา 1 นาที “อัตราการเต้นของชีพจร” จะกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้อย่างไร

8. ถ้าพื้นผิวหน้าของน้ำสัมผัสกับอากาศมากขึ้น (ดังภาพ) อัตราการระเหยของน้ำจะระเหยมากขึ้น “อัตราการระเหยของน้ำ” จะกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้อย่างไร



9. สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตทำให้หนูเจริญเติบโตได้ดีกว่าสารอาหารประเภทอื่น คำว่า “การเจริญเติบโตของหนู” จะกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้อย่างไร

10. ในการทดลองเพื่อหาคำตอบว่า “ดินชนิด ก ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีกว่า ดินชนิด ข หรือไม่” นักเรียนกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า “การเจริญเติบโตของพืช” ได้อย่างไร

4. ทักษะการทดลอง

11. จากปัญหา “ดินต่างชนิดกันจะอุ้มน้ำไว้ในปริมาณที่ต่างกันอย่างไร” จากปัญหานักเรียนจะออกแบบการทดลองอย่างไร

12. ถ้านักเรียนต้องการหาคำตอบว่า “ลูกกลมโลหะเมื่อหย่อนลงในของเหลวต่างชนิดจะมีความเร็วในการตกแตกต่างกันหรือไม่” นักเรียนจะออกแบบการทดลองอย่างไร โดยให้นักเรียนวาดรูปแสดง

5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

13. ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความสามารถในการละลายของโซเดียมคลอไรด์ในน้ำ 100 กรัม

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณของโซเดียมคลอไรด์ (กรัม) ในน้ำ 100 กรัม
0	0.13
20	0.14
30	0.15
40	0.17
50	0.19

ข้อมูลจากตารางสรุปความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความสามารถในการละลายของ
โซเดียมคลอไรด์ในน้ำได้อย่างไร

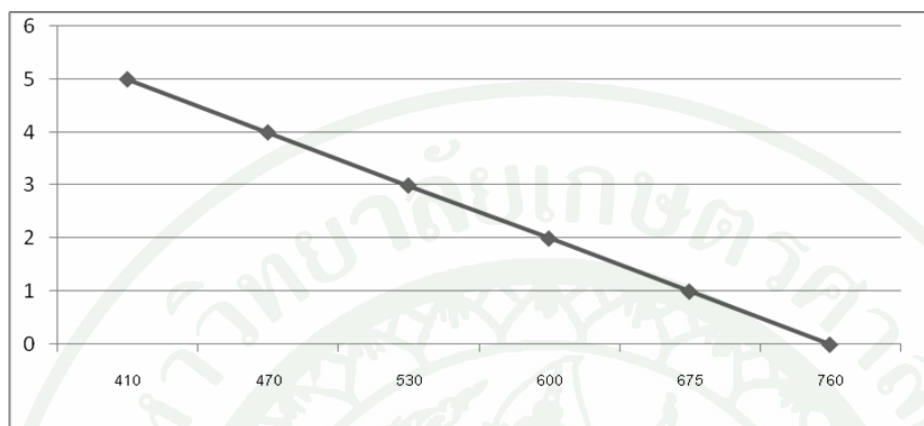
14. ตารางบอกค่าของแรงที่ใช้ในการเลื่อนกล่องให้ไกลไปบนพื้นผิวชนิดต่าง ๆ เมื่อใช้ความเร็ว
คงที่ข้อมูลจากตารางนักเรียนจะสรุปความสัมพันธ์ค่าของแรงที่ใช้กับผิวสัมผัสชนิดต่าง ๆ
ได้อย่างไร

ชนิดของพื้นผิว	แรงที่ใช้ในการเลื่อนกล่อง (นิวตัน)
แผ่นยาง	150
กระดาษทราย	140
ไม้ขัด	112
กระจกใส	54
กระเบื้องเคลือบ	60
พลาสติก	62

15. ข้อมูลจากกราฟ นักเรียนจะสรุปผลได้อย่างไร

ความสูงจากระดับน้ำทะเล

(กิโลเมตร)



ความกดอากาศ
(มิลลิเมตร
ของปรอท)

กราฟ ความกดอากาศที่ระดับความสูงต่าง ๆ

16. มาลี ทดลองศึกษาปริมาณผงซักฟอกมีผลต่อการมีชีวิตอยู่ของปลาหางนกยูง โดยใช้ผงซักฟอกปริมาณต่าง ๆ ลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำปริมาตร $1,000 \text{ cm}^3$ และปลาหางนกยูง แล้วบันทึกผลการทดลองไว้ดังนี้

ปริมาณผงซักฟอก (กรัม)	ระยะเวลาที่ปลาหางนกยูงมีชีวิตอยู่ (ชั่วโมง)
5	12
10	10
15	8
20	6
25	4

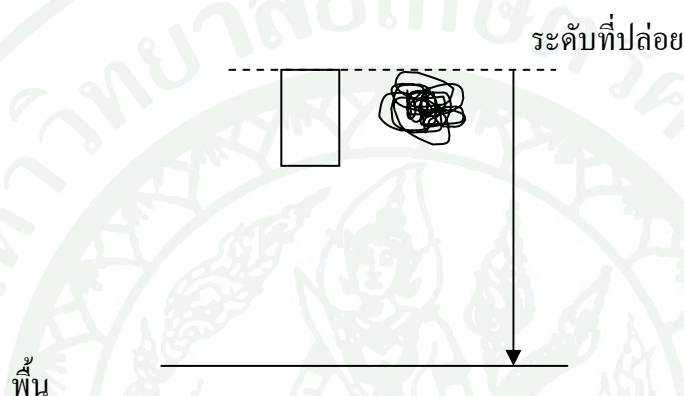
สรุปผลได้อย่างไร



เฉลย ตอนที่ 2

1. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

1. เด็กชายเก่งทำการทดลอง “นำกระดาษ A4 จำนวน 2 แผ่น แผ่นหนึ่งขยำให้เป็นก้อน แล้วปล่อยกระดาษทั้ง 2 พร้อมกันที่ระดับความสูงเท่ากัน พบว่า กระดาษที่ถูกขยำจะตกถึงพื้นก่อน”
ดังรูป



ภาพ การปล่อยกระดาษ

จากการทดลองดังกล่าว

ตัวแปรต้นคือ _____

ตัวแปรตามคือ _____

ตัวแปรควบคุมคือ _____

แนวคำตอบ และเกณฑ์การให้คะแนน

คำตอบ

คะแนน

ตัวแปรต้นคือ รูปทรงของกระดาษ (1 คะแนน)

ตัวแปรตามคือ เวลาที่ใช้ในการตกถึงพื้นของกระดาษ (1 คะแนน)

ตัวแปรควบคุมคือ 1. ขนาดของกระดาษ

2. ชนิดของกระดาษ

3. ระดับการปล่อยกระดาษ

4. วิธีการปล่อย (2 คะแนน)

หมายเหตุ ถ้านักเรียนตอบตัวแปรควบคุมถูกต้องตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปได้ 2 คะแนน

2. ถ้าสมควรต้องการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่า “ของเหลวต่างชนิดกันระเหยได้มากน้อยไม่เท่ากัน”

จากการทดลองดังกล่าว

ตัวแปรต้นคือ _____

ตัวแปรตามคือ _____

ตัวแปรควบคุมคือ _____

แนวคำตอบ และเกณฑ์การให้คะแนน

คำตอบ	คะแนน
ตัวแปรต้นคือ ชนิดของของเหลว	(1 คะแนน)
ตัวแปรตามคือ อัตราการระเหยของของเหลว	(1 คะแนน)
ตัวแปรควบคุมคือ 1. ขนาด ลักษณะของภาชนะที่บรรจุ 2. สถานที่ในการทดลอง 3. ระยะเวลาในการทดลอง 4. อุณหภูมิของของเหลว	(2 คะแนน)

หมายเหตุ ถ้านักเรียนตอบตัวแปรควบคุมถูกต้องตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปได้ 2 คะแนน

2.ทักษะการตั้งสมมติฐาน

3. เด็กชาย เอก ต้องการทดสอบว่า “พื้นที่ผิวของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่”
ถ้านักเรียนเป็นเด็กชายเอกนักเรียนจะตั้งสมมติฐานจากการทดลองนี้ว่าอย่างไร

แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

คำตอบ	คะแนน
พื้นที่ผิวของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	(1 คะแนน)
หรือ	
ถ้าพื้นที่ผิวของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นสารที่มีพื้นที่ผิวมาก จะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เร็วกว่าสารที่มีพื้นที่ผิวน้อย	(2 คะแนน)
หรือ	
ถ้าพื้นที่ผิวของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นสารที่มีพื้นที่ผิวน้อยจะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ช้ากว่าสารที่มีพื้นที่ผิวมาก	(2 คะแนน)
หรือ	
สารที่มีพื้นที่ผิวมากจะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เร็วกว่าสารที่มีพื้นที่ผิวน้อย	(2 คะแนน)
หรือ	
สารที่มีพื้นที่ผิวน้อยจะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ช้ากว่าสารที่มีพื้นที่ผิวมาก	(2 คะแนน)
หรือ	
ถ้าพื้นที่ผิวของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นสารที่มีพื้นที่ผิวมาก จะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ช้ากว่าสารที่มีพื้นที่ผิวน้อย	(2 คะแนน)
หรือ	
ถ้าพื้นที่ผิวของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นสารที่มีพื้นที่ผิวน้อย จะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เร็วกว่าสารที่มีพื้นที่ผิวมาก	(2 คะแนน)

หรือ

สารที่มีพื้นที่ผิวมากจะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ช้ากว่าสารที่มีพื้นที่ผิวน้อย (2 คะแนน)

หรือ

สารที่มีพื้นที่ผิวน้อยจะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เร็วกว่าสารที่มีพื้นที่ผิวมาก (2 คะแนน)

4. จากปัญหา “อัตราการเจริญเติบโตของลูกสุนัขจะเป็นอย่างไร ถ้าอาหารที่ให้แก่สุนัขมีปริมาณไขมันมากขึ้น นักเรียนจะตั้งสมมติฐานจากการทดลองนี้ว่าอย่างไร

แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

คำตอบ

คะแนน

ปริมาณไขมันในอาหาร มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของลูกสุนัข (1 คะแนน)

หรือ

ถ้าปริมาณไขมันในอาหารมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของลูกสุนัข
ดังนั้นลูกสุนัขที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณไขมันมากกว่า จะมีอัตราการเจริญเติบโต
มากกว่าลูกสุนัขที่ได้รับอาหารที่มีไขมันน้อยกว่า (2 คะแนน)

หรือ

ถ้าปริมาณไขมันในอาหารมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของลูกสุนัข
ดังนั้นลูกสุนัขที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณไขมันน้อยกว่าจะมีอัตราการเจริญเติบโต
น้อยกว่าลูกสุนัขที่ได้รับอาหารที่มีไขมันมากกว่า (2 คะแนน)

หรือ

ลูกสุนัขที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณไขมันมากกว่า จะมีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่า
ลูกสุนัขที่ได้รับอาหารที่มีไขมันน้อยกว่า (2 คะแนน)

หรือ

ลูกสุนัขที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณไขมันน้อยกว่าจะมีอัตราการเจริญเติบโตน้อยกว่า
ลูกสุนัขที่ได้รับอาหารที่มีไขมันมากกว่า (2 คะแนน)

หรือ

ถ้าปริมาณไขมันในอาหารมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของลูกสุนัข
 ดังนั้นลูกสุนัขที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณไขมันมากกว่าจะมีอัตราการเจริญเติบโต
 น้อยกว่าลูกสุนัขที่ได้รับอาหารที่มีไขมันน้อยกว่า (2 คะแนน)

หรือ

ถ้าปริมาณไขมันในอาหาร มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของลูกสุนัข
 ดังนั้นลูกสุนัขที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณไขมันน้อยกว่าจะมีอัตราการเจริญเติบโต
 มากกว่าลูกสุนัขที่ได้รับอาหารที่มีไขมันมากกว่า (2 คะแนน)

หรือ

ลูกสุนัขที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณไขมันมากกว่าจะมีอัตราการเจริญเติบโต
 น้อยกว่าลูกสุนัขที่ได้รับอาหารที่มีไขมันน้อยกว่า (2 คะแนน)

หรือ

ลูกสุนัขที่ได้รับอาหารที่มีปริมาณไขมันน้อยกว่าจะมีอัตราการเจริญเติบโต
 มากกว่าลูกสุนัขที่ได้รับอาหารที่มีไขมันมากกว่า (2 คะแนน)

5. พี่แดงต้องการทดสอบว่า “ขนาดของสายยางมีผลต่อการถ่ายน้ำ จากกระป๋องพลาสติกที่มีน้ำ
 อยู่เกือบเต็ม ไปยังกระป๋องที่ไม่มีน้ำ” แดงจะตั้งสมมติฐานจากการทดลองนี้ว่าอย่างไร

แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

คำตอบ

คะแนน

ขนาดของสายยาง มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการถ่ายเทน้ำ (1 คะแนน)

หรือ

ถ้าขนาดของสายยาง มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการถ่ายเทน้ำ
 ดังนั้นการถ่ายเทน้ำโดยใช้สายยางขนาดใหญ่ จะใช้เวลาน้อยกว่าการถ่ายเทน้ำ
 โดยใช้สายยางขนาดเล็ก (2 คะแนน)

หรือ

ถ้าขนาดของสายยาง มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการถ่ายเทน้ำ
 ดังนั้นการถ่ายเทน้ำโดยใช้ สายยางขนาดเล็ก จะใช้เวลามากกว่าการถ่ายเทน้ำ

โดยใช้สายยางขนาดใหญ่ (2 คะแนน)

หรือ

การถ่ายเทน้ำโดยใช้สายยางขนาดใหญ่ จะใช้เวลาน้อยกว่าการถ่ายเทน้ำ

โดยใช้สายยางขนาดเล็ก (2 คะแนน)

หรือ

การถ่ายเทน้ำโดยใช้สายยางขนาดเล็ก จะใช้เวลามากกว่าการถ่ายเทน้ำ

โดยใช้สายยางขนาดใหญ่ (2 คะแนน)

หรือ

ถ้าขนาดของสายยาง มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการถ่ายเทน้ำ

ดังนั้นการถ่ายเทน้ำโดยใช้สายยาง ขนาดใหญ่ จะใช้เวลามากกว่าการถ่ายเทน้ำ

โดยใช้สายยาง ขนาดเล็ก (2 คะแนน)

หรือ

ถ้าขนาดของสายยาง มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการถ่ายเทน้ำ

ดังนั้นการถ่ายเทน้ำโดยใช้สายยางขนาดเล็ก จะใช้เวลาน้อยกว่าการถ่ายเทน้ำ

โดยใช้สายยางขนาดใหญ่ (2 คะแนน)

หรือ

การถ่ายเทน้ำโดยใช้สายยางขนาดใหญ่ จะใช้เวลามากกว่าการถ่ายเทน้ำ

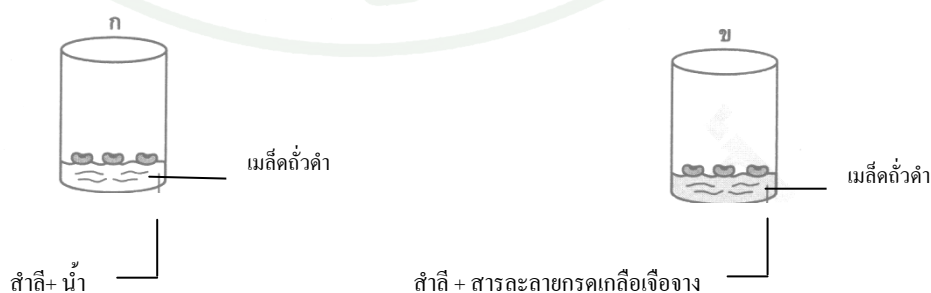
โดยใช้สายยางขนาดเล็ก (2 คะแนน)

หรือ

การถ่ายเทน้ำโดยใช้สายยางขนาดเล็ก จะใช้เวลาน้อยกว่าการถ่ายเทน้ำ

โดยใช้สายยางขนาดใหญ่ (2 คะแนน)

6. นักเรียนกลุ่มหนึ่งทำการทดลองดังนี้รินน้ำลงในกล่องพลาสติกที่มีสำลีบรรจุอยู่ (ก) และรินน้ำผสมกรดเกลือเจือจางลงในกล่องพลาสติกที่มีสำลีบรรจุอยู่ (ข) จากนั้นจึงวางเมล็ดถั่วดำที่แช่น้ำไว้แล้ว 10 ชั่วโมง จำนวนเท่ากันวางบนสำลิดังภาพ



นักเรียนจะตั้งสมมติฐานจากการทดลองนี้ว่าอย่างไร

แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

คำตอบ	คะแนน
กรดเกลือมีผลต่อการงอกของเมล็ดถั่วดำ	(1 คะแนน)
หรือ	
น้ำมีผลต่อการงอกของเมล็ดถั่วดำ	
ในกรดเกลือก็มีน้ำ	(1 คะแนน)
หรือ	
ถ้ากรดเกลือมีผลต่อการงอกของเมล็ดถั่วดำ ดังนั้นเมล็ดถั่วดำในกล่องที่ใส่กรดเกลือจะงอกได้น้อยกว่ากล่องที่ใส่น้ำ	(2 คะแนน)
หรือ	
ถ้ากรดเกลือมีผลต่อการงอกของเมล็ดถั่วดำ ดังนั้นเมล็ดถั่วดำในกล่องที่ใส่กรดเกลือจะงอกได้มากกว่ากล่องที่ใส่น้ำ	(2 คะแนน)
หรือ	
เมล็ดถั่วดำในกล่องที่ใส่กรดเกลือ จะงอกได้น้อยกว่ากล่องที่ใส่น้ำ	(2 คะแนน)
หรือ	
เมล็ดถั่วดำในกล่องที่ใส่กรดเกลือ จะงอกได้มากกว่ากล่องที่ใส่น้ำ	(2 คะแนน)
หรือ	
ถ้าน้ำมีผลต่อการงอกของเมล็ดถั่วดำ ดังนั้นเมล็ดถั่วดำในกล่องที่ใส่น้ำจะงอกได้มากกว่าเมล็ดถั่วดำในกล่องที่มีกรดเกลือ ในกรดเกลือก็มีน้ำ	(2 คะแนน)
หรือ	
ถ้าน้ำมีผลต่อการงอกของเมล็ดถั่วดำ ดังนั้นเมล็ดถั่วดำในกล่องที่ใส่น้ำจะงอกได้น้อยกว่าเมล็ดถั่วดำในกล่องที่มีกรดเกลือ	(2 คะแนน)
หรือ	
เมล็ดถั่วดำในกล่องที่ใส่น้ำจะงอกได้มากกว่า เมล็ดถั่วดำในกล่องที่มีกรดเกลือ	(2 คะแนน)
หรือ	
เมล็ดถั่วดำในกล่องที่ใส่น้ำจะงอกได้น้อยกว่า เมล็ดถั่วดำในกล่องที่มีกรดเกลือ	(2 คะแนน)

3. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

7. นักเรียนกลุ่มหนึ่งได้ทำการทดลองศึกษาผลของการออกกำลังกายที่มีต่ออัตราการเต้นของ ชีพจร โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม นักเรียนแต่ละกลุ่มกระโดดอยู่กับที่โดยใช้จำนวนครั้งในการกระโดดไม่เท่ากัน กลุ่มที่หนึ่ง 20 ครั้ง กลุ่มที่สอง 40 ครั้ง กลุ่มที่สาม 60 ครั้งหลังจากกระโดดเสร็จให้วัดอัตราการเต้นของ ชีพจร โดยนับการเต้นของชีพจรในเวลา 1 นาที “อัตราการเต้นของชีพจร” จะกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้อย่างไร

แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

อัตราการเต้นของชีพจร หมายถึงจำนวนครั้งของการเต้นของหัวใจในเวลา 1 นาที สามารถวัดได้โดยใช้นิ้วมือสัมผัสกับเส้นเลือดบริเวณต่าง ๆ เช่น ข้อมือทางด้านนิ้วหัวแม่มือ ที่ขมับ มุมกระดูกขากรรไกรล่าง ข้าง ๆ คอ ข้อมือข้อมือ ขาหนีบ บริเวณขาพับ บนหลังเท้าทางนิ้วหัวแม่มือ ทำนับจำนวนครั้งของการเต้นของหัวใจ ในเวลา 1 นาที (อย่างใดอย่างหนึ่ง) ทันทีที่เสร็จสิ้นจากการกระโดด

คำตอบ

จำนวนครั้งของการเต้นของหัวใจในเวลา 1 นาที

คะแนน

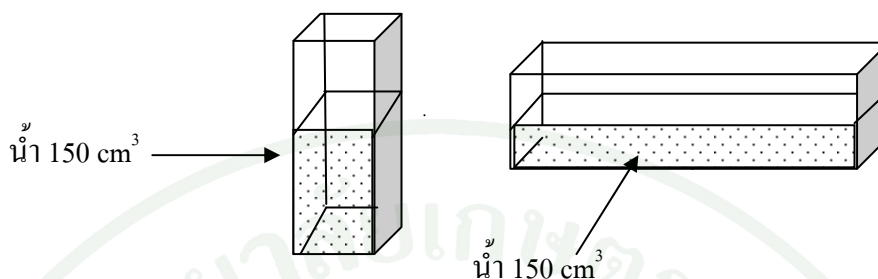
(1 คะแนน)

วัดได้โดยใช้นิ้วมือสัมผัสกับเส้นเลือดบริเวณต่าง ๆ เช่น ข้อมือทางด้านนิ้วหัวแม่มือ ที่ขมับ มุมกระดูกขากรรไกรล่าง ข้าง ๆ คอ ข้อมือข้อมือ ขาหนีบ บริเวณขาพับ บนหลังเท้าทางนิ้วหัวแม่มือ ทำนับจำนวนครั้งของการเต้นของหัวใจ ในเวลา 1 นาที (อย่างใดอย่างหนึ่ง) ทันทีที่เสร็จสิ้นจากการกระโดด

(1 คะแนน)

หมายเหตุ ตอบทั้ง 2 ส่วน ได้ 2 คะแนน

8. ถ้าพื้นผิวหน้าของน้ำสัมผัสกับอากาศมากขึ้น (ดังภาพ) อัตราการระเหยของน้ำจะระเหยมากขึ้น
“อัตราการระเหยของน้ำ” จะกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้อย่างไร



แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

อัตราการระเหยของน้ำ หมายถึงปริมาณของน้ำที่เปลี่ยนสภาพเป็นไอในหนึ่งหน่วยเวลา วัดได้จากปริมาตรของน้ำที่ลดลงในเวลา 1 นาที

คำตอบ

ปริมาณของน้ำที่เปลี่ยนสภาพเป็นไอในหนึ่งหน่วยเวลา

วัดได้จากปริมาตรของน้ำที่ลดลงในเวลา 1 นาที

คะแนน

(1 คะแนน)

(1 คะแนน)

หมายเหตุ ตอบทั้ง 2 ส่วน ได้ 2 คะแนน

9. สารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตทำให้หมูเจริญเติบโตได้ดีกว่าสารอาหารประเภทอื่น คำว่า
“การเจริญเติบโตของหมู” จะกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการได้อย่างไร

แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

การเจริญเติบโตของหนู หมายถึง การเพิ่มน้ำหนักและส่วนสูงของหนู วัดได้จากการชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง

คำตอบ	คะแนน
การเจริญเติบโตของหนู หมายถึง การเพิ่มน้ำหนักและส่วนสูงของหนู	(1 คะแนน)
วัดได้จากการชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง	(1 คะแนน)
หมายเหตุ ตอบทั้ง 2 ส่วน ได้ 2 คะแนน	

10. ในการทดลองเพื่อหาคำตอบว่า “ดินชนิด ก ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีกว่า ดินชนิด ข หรือไม่” นักเรียนกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า “การเจริญเติบโตของพืช” ได้อย่างไร

แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

การเจริญเติบโตของพืช หมายถึง การที่พืชมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านขนาด รูปร่าง และปริมาณ วัดได้จาก ความสูงของต้นไม้อายุ ขนาดและจำนวนใบไม้ และเส้นรอบวงของลำต้น

คำตอบ	คะแนน
การที่พืชมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านขนาด รูปร่าง และปริมาณ	(1 คะแนน)
วัดได้จาก ความสูงของต้นไม้อายุ ขนาดและจำนวนใบไม้ และเส้นรอบวงของลำต้น	(1 คะแนน)
หมายเหตุ ตอบทั้ง 2 ส่วน ได้ 2 คะแนน	

4. ทักษะการทดลอง

11. จากปัญหา “ดินต่างชนิดกันจะอุ้มน้ำไว้ในปริมาณที่ต่างกันอย่างไร” จากปัญหานักเรียนจะออกแบบ การทดลองอย่างไร

แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

1. นำดินชนิดต่าง ๆ มาใส่กระป๋องนมที่มีขนาดเท่ากันที่เจาะรูแต่ละใบ ในปริมาณที่เท่ากัน
2. นำกระป๋องนมที่ใส่ดินวางซ้อนกระป๋องนมที่ไม่ได้เจาะรู โดยมีผ้าขาวบางกั้นไว้ระหว่างกระป๋องทั้งสอง
3. เทน้ำปริมาณเท่ากันลงในกระป๋องนมที่ใส่ดินแต่ละชนิดพร้อม ๆ กัน
4. ปลอ่ยให้น้ำไหลจากภาชนะที่ใช้ประมาณ 2 นาที แล้วนำน้ำในกระป๋องใบล่างไปตวงหาปริมาตร บันทึกผล

คำตอบ

คะแนน

- | | |
|--|-----------|
| 1. นำดินชนิดต่าง ๆ มาใส่ภาชนะ (กระป๋องนม) | (1 คะแนน) |
| 2. ปริมาณน้ำที่ใช้เท่ากัน (1) | |
| ระยะเวลาในการทดลองเท่ากัน (2) | |
| ขนาดและจำนวนรูของภาชนะที่ใช้ (กระป๋องนม) เท่ากัน (3) | (2 คะแนน) |
| 3. ตวงหาปริมาตร (น้ำที่ไหลออกมา) | (1 คะแนน) |

หมายเหตุ ข้อ 2 ถ้านักเรียนตอบถูกต้องตั้งแต่ 2 ข้อ ขึ้นไปได้ 2 คะแนน

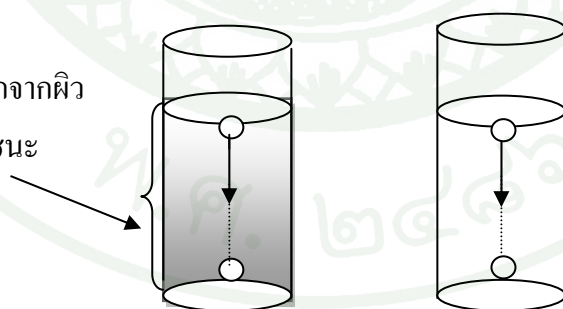
12. ถ้านักเรียนต้องการหาคำตอบว่า “ลูกกลมโลหะเมื่อหย่อนลงในของเหลวต่างชนิดจะมีความเร็วในการตกแตกต่างกันหรือไม่” นักเรียนจะออกแบบการทดลองอย่างไร โดยให้นักเรียนวาดรูปแสดง

แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

2. โลหะชนิดเดียวกัน(1) ลูกกลมโลหะขนาดเท่ากัน(2)

ภาชนะขนาดเท่ากัน (3)และรูปทรงของภาชนะเหมือนกัน (4)(2 คะแนน)

3. จับเวลาในการตกจากผิว
ของเหลวถึงก้นภาชนะ
(1 คะแนน)



1. ของเหลวต่างชนิดกัน
ปริมาณเท่ากัน (1 คะแนน)

หมายเหตุ ข้อ 2 ถ้านักเรียนตอบถูกต้องตั้งแต่ 2 ข้อขึ้นไปได้ 2 คะแนน

5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

13. ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความสามารถในการละลายของโซเดียมคลอไรด์
ในน้ำ 100 กรัม

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณของโซเดียมคลอไรด์ (กรัม) ในน้ำ 100 กรัม
0	0.13
20	0.14
30	0.15
40	0.17
50	0.19

ข้อมูลจากตารางสรุปความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความสามารถในการละลายของ
โซเดียมคลอไรด์ในน้ำได้อย่างไร

แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

คำตอบ	คะแนน
อุณหภูมิต่างกัน ความสามารถในการละลายของโซเดียมคลอไรด์แตกต่างกัน	(1 คะแนน)
หรือ	
อุณหภูมิต่างกัน ความสามารถในการละลายของโซเดียมคลอไรด์แตกต่างกัน	
เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นโซเดียมคลอไรด์มีความสามารถในการละลายมากขึ้น	(2 คะแนน)
หรือ	
เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นโซเดียมคลอไรด์มีความสามารถในการละลายมากขึ้น	(2 คะแนน)

14. ตารางบอกค่าของแรงที่ใช้ในการเลื่อนกล่องให้ไกลไปบนพื้นผิวชนิดต่าง ๆ เมื่อใช้ความเร็วคงที่ข้อมูลจากตารางนักเรียนจะสรุปความสัมพันธ์ค่าของแรงที่ใช้กับผิวสัมผัสชนิดต่าง ๆ ได้อย่างไร

ชนิดของพื้นผิว	แรงที่ใช้ในการเลื่อนกล่อง (นิวตัน)
แผ่นยาง	150
กระดาษทราย	140
ไม้ขัด	112
กระจกใส	54
กระเบื้องเคลือบ	60
พลาสติก	62

แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

คำตอบ

ชนิดของพื้นผิวต่างกัน แรงที่ใช้ในการเลื่อนกล่องให้ไกลได้แตกต่างกัน

คะแนน

(1 คะแนน)

หรือ

ชนิดของพื้นผิวต่างกัน แรงที่ใช้ในการเลื่อนกล่องให้ไกลได้แตกต่างกันโดยวัตถุที่มีผิวลื่นได้แก่ กระจกใส กระเบื้องเคลือบ และ พลาสติก ใช้แรงน้อยกว่าวัตถุผิวหยาบหรือผิวขรุขระได้แก่ ไม้ขัด แผ่นยาง และกระดาษทราย

(2 คะแนน)

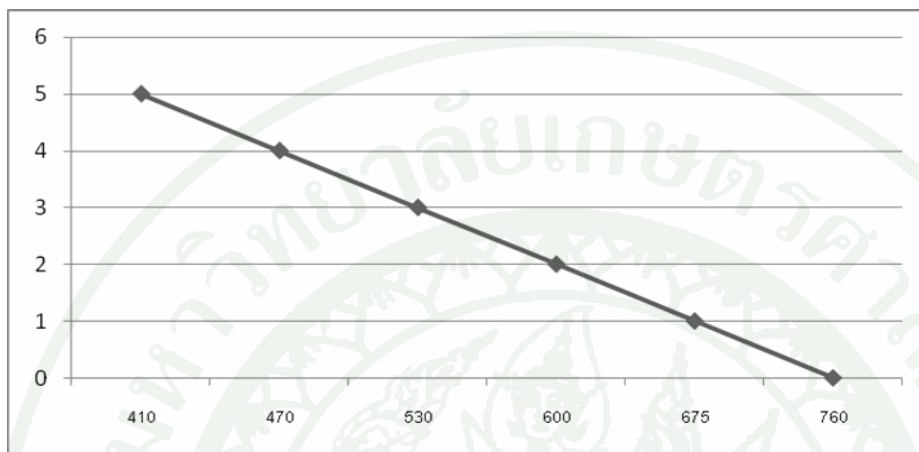
หรือ

วัตถุที่มีผิวลื่นได้แก่ กระจกใส กระเบื้องเคลือบ และ พลาสติก ใช้แรงน้อยกว่าวัตถุผิวหยาบหรือผิวขรุขระได้แก่ ไม้ขัด แผ่นยาง และกระดาษทราย

(2 คะแนน)

15. ข้อมูลจากกราฟ นักเรียนจะสรุปผลได้อย่างไร

ความสูงจากระดับน้ำทะเล
(กิโลเมตร)



ความกดอากาศ
(มิลลิเมตร
ของปรอท)

กราฟ ความกดอากาศที่ระดับความสูงต่าง ๆ

แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

คำตอบ

ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลแตกต่างกัน ความกดอากาศแตกต่างกัน

คะแนน

(1 คะแนน)

หรือ

ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลแตกต่างกัน ความกดอากาศแตกต่างกัน

โดยที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลเพิ่มมากขึ้น ความกดอากาศจะลดลง

(2 คะแนน)

หรือ

ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลเพิ่มมากขึ้น ความกดอากาศจะลดลง

(2 คะแนน)

16. มาลี ทดลองศึกษาปริมาณผงซักฟอกมีผลต่อการมีชีวิตอยู่ของปลาหางนกยูง โดยใส่ผงซักฟอกปริมาณต่าง ๆ ลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำปริมาตร $1,000 \text{ cm}^3$ และปลาหางนกยูง แล้วบันทึกผลการทดลองไว้ดังนี้

ปริมาณผงซักฟอก (กรัม)	ระยะเวลาที่ปลาหางนกยูงมีชีวิตอยู่ (ชั่วโมง)
5	12
10	10
15	8
20	6
25	4

สรุปผลได้อย่างไร

แนวคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน

คำตอบ

คะแนน

ปริมาณผงซักฟอกที่ใช้แตกต่างกัน ระยะเวลาที่ปลาหางนกยูงมีชีวิตอยู่แตกต่างกัน (1 คะแนน)

หรือ

ปริมาณผงซักฟอกที่ใช้แตกต่างกัน ระยะเวลาที่ปลาหางนกยูงมีชีวิตอยู่แตกต่างกัน

โดยปริมาณผงซักฟอกที่ใส่ลงในน้ำยิ่งมาก ระยะเวลาที่ปลาหางนกยูงจะมีชีวิตอยู่น้อยลง (2 คะแนน)

หรือ

ปริมาณผงซักฟอกที่ใส่ลงในน้ำยิ่งมาก ระยะเวลาที่ปลาหางนกยูงจะมีชีวิตอยู่น้อยลง (2 คะแนน)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน

รหัสวิชา ว22102

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

สารและสมบัติของสาร

เรื่อง โครมาโทกราฟี

เวลา 3 ชั่วโมง

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.1: เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยว ระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด: ว 3.1ม2/3

ทดลองและอธิบายหลักการแยกสารด้วยวิธีการกรอง การตกผลึก การสกัด การกลั่น และโครมาโทกราฟี และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ ว 8.1

ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

1. เลือกเทคนิควิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรง และปลอดภัยโดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม (ว 8.1 ม. 2/3)

สาระสำคัญ

โครมาโทกราฟี เป็นการแยกส่วนประกอบของสารละลายที่มีองค์ประกอบมากกว่า 2 ชนิด และเป็นสารที่มีสี การแยกสารโดยวิธีนี้จะอาศัยความสามารถในการละลายของสารที่เป็นองค์ประกอบในตัวทำละลายและการถูกดูดซับบนตัวดูดซับที่แตกต่างกัน เนื่องจากสารองค์ประกอบที่มีการเคลื่อนที่ในตัวดูดซับได้ไม่เท่ากัน จึงทำให้สารที่เป็นองค์ประกอบถูกแยกออกจากกัน สำหรับตัวดูดซับที่นิยมใช้กันทั่วไป คือ ซอล์ก และกระดาษกรอง

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

1. อธิบายการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟีกระดาษ
2. ยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี

ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)

นักเรียนสามารถ ตั้งสมมติฐาน กำหนดและควบคุมตัวแปร กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ออกแบบการทดลอง และตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เรื่อง การแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟีได้

คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ (A)

1. มีความสนใจใฝ่เรียนรู้
2. มีความรับผิดชอบ
3. ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นสร้างความสนใจ

1. ครูนำของเหลวสีต่าง ๆ มาผสมเข้าด้วยกัน จนกลายเป็นสีเดียวให้นักเรียนดู แล้วอภิปรายร่วมกับนักเรียนโดยใช้แนวคำถามต่อไปนี้

- 1.1 จากการผสมน้ำสีต่าง ๆ เข้าด้วยกัน สีผสมที่ได้มีกี่สี และมีสีอะไร
(แนวคำตอบ มีเพียงสีเดียวคือ สีดำ)

1.2 สีดำที่นักเรียนเห็นจากการผสมน้ำสีต่าง ๆ นั้นมีสีหลายสีประกอบกัน นักเรียนคิดว่าจะมีวิธีการใดที่สามารถแยกสารเหล่านี้ออกจากกันได้

(แนวคำตอบ โครมาโทกราฟี)

ขั้นสำรวจและค้นหา

2. นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 3 เรื่อง การแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี

3. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายความรู้ที่ได้จากใบความรู้ที่ 3 เรื่อง การแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี โดยใช้แนวคำถามต่อไปนี้

- 3.1 โครมาโทกราฟี คือ
(แนวคำตอบ การแยกสารเนื้อเดียวให้เป็นสารบริสุทธิ์วิธีหนึ่ง)

- 3.2 โครมาโทกราฟีอาศัยหลักการอะไร

(แนวคำตอบ “สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายต่างกัน และถูกดูดซับที่ต่างกันจึงทำให้สารแต่ละชนิดแยกออกจากกันได้”)

3.3 ตัวทำละลายและตัวดูดซับในการทำโครมาโทกราฟีคืออะไร

(แนวคำตอบ ตัวทำละลาย จะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ เช่น น้ำ ตัวดูดซับ จะเป็นส่วนที่ติดอยู่กับที่หรือเป็นส่วนที่ทำให้สารเคลื่อนที่แล้วปรากฏเป็นแถบสีตัวอย่างของตัวดูดซับ เช่น กระดาษกรอง กระดาษโครมาโทกราฟี ซอลล์ เป็นต้น

3.4 ครูผู้สอนให้นักเรียนอธิบายวิธีการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี

(แนวคำตอบ ทำได้โดยตัดกระดาษกรองหรือกระดาษโครมาโทกราฟี แล้วนำสารที่มีสีจุดลงบนกระดาษแล้วแช่ในน้ำหรือตัวทำละลายที่ละลายสารที่มีสีนั้นได้และจุดสีต้องอยู่เหนือตัวทำละลาย รอจนกระทั่งของเหลวแพร่ขึ้นมาจนถึงปลายกระดาษด้านบน แล้วนำกระดาษกรองหรือกระดาษโครมาโท กราฟีมาผึ่งให้แห้ง)

4. ครูกำหนดประเด็น ว่าถ้าจะแยกสีที่เป็นองค์ประกอบในน้ำหมึกสีดำโดยใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกันแต่ตัวดูดซับชนิดเดียวกันนักเรียนคิดว่าการแยกสีที่เป็นส่วนประกอบของสารตัวอย่างเป็นอย่างไร และนักเรียนจะออกแบบการทดลองได้อย่างไร

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนเพื่อสำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับ การแยกสารโดยวิธีโครมาโท กราฟี ให้แต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนการทดลอง โดยครูกำหนดอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลอง ไว้ในแบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมที่ 3 ออกแบบการทดลอง ตารางบันทึกผลการทดลอง ตลอดจนกำหนดสมมติฐาน ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

6. ครูและนักเรียนนำผลการศึกษามาอภิปรายร่วมกัน โดยใช้แนวคำถาม

6.1 จากอุปกรณ์ที่กำหนดให้นักเรียนจะต้องจัดสิ่งใดให้แตกต่างกันและจัดสิ่งใดให้เหมือนกัน

(แนวคำตอบ ชนิดของตัวทำละลาย คือน้ำ และเอทานอล)

6.2 สิ่งที่ต้องติดตามดูจากการทดลองนี้คือสิ่งใด

(แนวคำตอบ ความสามารถในการแยกสี)

6.3 ให้นักเรียนคาดคะเนคำตอบว่าระหว่างน้ำและเอทานอลสารใดจะมีความสามารถในการสกัดสารสีได้ดีกว่ากัน

(แนวคำตอบ ถ้าชนิดของตัวทำละลายมีผลต่อการแยกสี ดังนั้นน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีสามารถแยกสีได้ดีกว่าน้ำเกลือและเอทานอล หรือ ขึ้นอยู่กับคำตอบของนักเรียน)

7. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันกำหนดสมมติฐาน กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ออกแบบการทดลอง ลงมือปฏิบัติการทดลอง และ บันทึกผลการทดลอง

8. ครูสุ่มนักเรียนออกมาแนะนำเสนอ แนวคิดในการออกแบบการทดลอง เรื่อง การแยกสาร โดยวิธีโครมาโทกราฟี

9. ครูตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ใน การแยกสาร โดยวิธีโครมาโทกราฟี และการออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง

10. นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลอง

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

11. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน

12. ครูและนักเรียนนำผลการทดลองของแต่ละกลุ่มมาอภิปรายร่วมกัน โดยครูใช้คำถามว่า

12.1 บนกระดาษโครมาโทกราฟีมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

(แนวคำตอบ เปลี่ยนแปลง มีแถบสีต่าง ๆ ปรากฏอยู่)

12.2 แถบสีที่ปรากฏบนกระดาษโครมาโทกราฟีที่จุ่มลงใน น้ำ เอทานอล และใน น้ำเกลือ เหมือนหรือต่างกัน อย่างไร

(แนวคำตอบ ต่างกัน น้ำและเอทานอล แยกสีได้ 2 สีแต่ให้สีที่ต่างกัน คือน้ำให้ แถบสีน้ำตาล และสีฟ้า เอทานอลให้แถบสี น้ำเงินและสีเหลือง ส่วนน้ำเกลือสามารถแยกแถบสีได้ 3 สี คือ สีน้ำเงิน สีเขียว และสีเหลือง)

12.3 นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดสารละลายที่ใช้จึงแยกองค์ประกอบของหมึกสีดำได้ ต่างกัน

(แนวคำตอบ เพราะ น้ำ เอทานอล และ น้ำเกลือ เป็นสารละลายต่างชนิดกันมี คุณสมบัติในการพาสารที่เป็นองค์ประกอบในน้ำหมึกให้เคลื่อนที่บนตัวดูดซับได้ต่างกันทั้งระยะ และความสามารถในการถูกแยกสารสี)

12.4 นักเรียนคิดว่านอกจากชนิดของตัวทำละลายแล้วยังมีปัจจัยอะไรอีกในการแยกสี ในน้ำหมึก

(แนวคำตอบ ชนิดของตัวดูดซับ)

12.5 ถ้าใช้ตัวดูดซับอย่างอื่นแทนกระดาษโครมาโทกราฟี ผลการทดลองที่ได้จะ เปลี่ยนแปลงจากการทดลองนี้หรือไม่ อย่างไร

(แนวคำตอบ อาจจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ทั้งระยะที่สารสีต่าง ๆ เคลื่อนที่ ความสามารถในการถูกแยกสารสี เนื่องจากตัวดูดซับเป็นกระดาษต่างชนิดกัน)

13. ครูและนักเรียนนำผลการอภิปราย จนได้ข้อสรุปจากการทดลองว่า

ตัวทำละลายต่างชนิดกันมีความสามารถในการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟีได้ ต่างกัน น้ำหมึกสีดำซึ่งเป็นสารเนื้อเดียว แยกสีได้ ตัวทำละลายที่สามารถแยกสีที่เป็นองค์ประกอบ ในน้ำหมึกสีดำได้ 4 สี คือ น้ำ และ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ส่วน เอทานอล แยกแถบสีได้ 5 สี

ชั้นขยายความรู้

14. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเกี่ยวกับการนำหลักโครมาโทกราฟีไปใช้ประโยชน์ และสุ่มตัวแทนกลุ่มนำเสนอ โดยครูเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องและให้คำแนะนำ

ชั้นประเมิน

15. นักเรียนร่วมกันสรุป เรื่องการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี

16. นักเรียนทำแบบฝึกหัด เรื่อง การแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. ใบความรู้ที่ 3 เรื่อง การแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี
2. ใบงานที่ 3 เรื่อง การแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี
3. แบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมที่ 3 เรื่อง การแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี
4. แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนโดยครู
5. อุปกรณ์และสารเคมี เรื่อง การแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี
 - 5.1. ถังพลาสติก
 - 5.2. กระดาษโครมาโทกราฟี
 - 5.3. ไม้จิ้มฟัน
 - 5.4. น้ำ
 - 5.5. เอทานอล
 - 5.6. สารละลายโซเดียมคลอไรด์

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

การวัดและประเมินผลด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด
1. ด้านความรู้ ความเข้าใจ (K)	-ตรวจใบงาน	-ใบงาน
2. ด้านทักษะ / กระบวนการ(P)	- สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนใน ด้านทักษะกระบวนการชั้นบูรณาการ - ตรวจแบบบันทึกผลการปฏิบัติ กิจกรรมของนักเรียน	- แบบบันทึกการ สังเกตพฤติกรรม นักเรียนโดยครู -แบบบันทึกผลการ ปฏิบัติกิจกรรมของ นักเรียน
3. ด้านคุณลักษณะ (A)	-สังเกตพฤติกรรมรายบุคคลในเรื่อง 1) มีความสนใจใฝ่เรียนรู้ 2) มีความรับผิดชอบ 3)ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่าง สร้างสรรค์	-แบบสังเกตพฤติกรรม นักเรียน

บันทึกหลังสอน

คำชี้แจง: แบบบันทึกหลังสอนเป็นแบบบันทึกสภาพการณ์ที่เกิดขึ้นจริงเกี่ยวกับบรรยากาศในการ
จัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ผลการเรียนรู้ที่เกิดกับนักเรียน
2. ปัญหาและข้อเสนอแนะในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.ขั้นสร้างความสนใจ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.ขั้นสำรวจและค้นหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ขั้นตอนอธิบายและลงข้อสรุป

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ขยายความรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ขั้นประเมิน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.ปัญหาและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

นางสาวจรินทร์ จันทรเพ็ง

ครูผู้สอน

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

แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

เรื่อง การแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี

กลุ่มที่

สมาชิก 1.....

2.....

3.....

4.....

พฤติกรรมทั่วไป	พฤติกรรมที่แสดงออกด้านทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์		
	ขั้นการวางแผน การทดลอง	ขั้นดำเนินการ ทดลอง	ขั้นบันทึกและ สรุปผลการทดลอง

แบบบันทึกผลการปฏิบัติกิจกรรมที่ 3
เรื่อง การแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี

กลุ่มที่.....

สมาชิกในกลุ่ม

1.....

2.....

3.....

4.....

วันที่.....

จุดประสงค์

1. อธิบายหลักการและลงมือปฏิบัติการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี
2. บอกได้ว่าสารที่มีสีอาจประกอบด้วยสารเพียงชนิดเดียวหรือมากกว่าหนึ่งชนิดแยกได้

โดยวิธี โครมาโทกราฟี

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ก่อ่งพลาสติก
2. กระดาษโครมาโทกราฟี
3. ไม้จิ้มฟัน
4. น้ำ
5. เอทานอล
6. สารละลายโซเดียมคลอไรด์

1. สมมติฐาน

.....

.....

.....

2. การกำหนดและควบคุมตัวแปร

2.1 ตัวแปรต้น

.....

.....

2.2 ตัวแปรตาม

.....

.....

.....

2.3 ตัวแปรควบคุม

.....

.....

.....

3. กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ “ความสามารถในการแยกสี”

.....

.....

.....

4. ออกแบบการทดลอง

5. บันทึกผลการทดลอง

[illegible]

คำถามท้ายการทดลอง

1. ถ้าสังเกตด้วยตา หมึกสีดำน่าจะมียอดประกอบ.....ชนิด เพราะ.....

.....

2. จากผลการทดลอง แสดงว่าหมึกสีดำมียอดประกอบอย่างน้อย.....ชนิด
เพราะ.....

.....

3. องค์ประกอบในหมึกสีดำที่เคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด คือ.....
.....
.....
เพราะ.....

4. ถ้าใช้ตัวดูดซับอย่างอื่นแทนกระดาษโครมาโทกราฟี ผลการทดลองที่ได้จะเปลี่ยนแปลง
จากการทดลองนี้หรือไม่ อย่างไร.....

.....

5. จากการทดลองถ้าเข้มข้นไปจนถึงฝาทาจนแต่หมึกสีดำไม่เปลี่ยนแปลงสรุปได้ว่า

.....

6. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบความรู้ที่ 3

การแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี

วิธีโครมาโทกราฟี (chromatography) เป็นวิธีการแยกสารเนื้อเดียวออกจากกันให้เป็นสารบริสุทธิ์ โดยอาศัยหลักการที่ว่า “สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายต่างกัน และถูกดูดซับที่ต่างกันจึงทำให้สารแต่ละชนิดแยกออกจากกันได้”

ตัวทำละลาย จะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ เช่น น้ำ แอลกอฮอล์ โซเดียมคลอไรด์ อีเทอร์ เป็นต้น

ตัวดูดซับ จะเป็นส่วนที่ติดอยู่กับที่หรือเป็นส่วนที่ทำให้สารเคลื่อนที่แล้วปรากฏเป็นแถบสี ตัวอย่างของตัวดูดซับ เช่น กระดาษกรอง กระดาษโครมาโทกราฟี ซอล์ก เป็นต้น

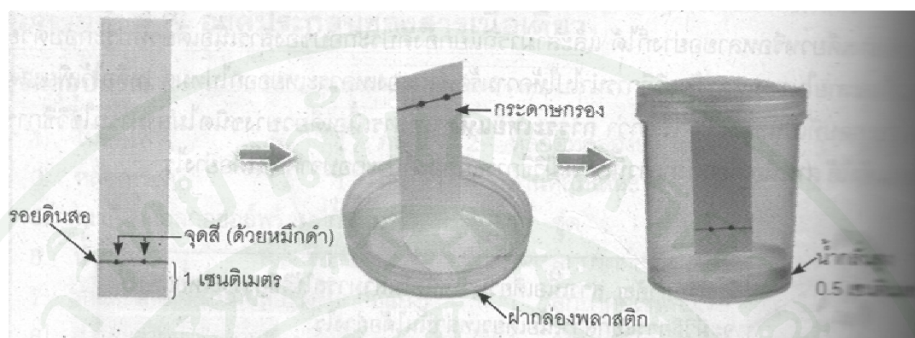
เทคนิคโครมาโทกราฟี อาศัยสมบัติของสารดังนี้ คือ

1. สารที่ละลายในตัวทำละลายได้ดี และถูกดูดซับด้วยตัวดูดซับได้น้อย จะเคลื่อนที่ไปได้เร็ว
2. สารที่ละลายในตัวทำละลายได้น้อย และถูกดูดซับด้วยตัวดูดซับได้มาก จะเคลื่อนที่ไปได้ช้าในการแยกสารเนื้อเดียวที่มีสีออกจากกันโดยวิธีโครมาโทกราฟีซึ่งจะได้แถบสีต่าง ๆ กันออกมา ถ้าใช้ตัวดูดซับเป็นกระดาษจะเรียกวินิโครมาโทกราฟีนี้ว่า “โครมาโทกราฟีกระดาษ” โครมาโทกราฟีกระดาษ (Paper chromatography) เป็นวิธีโครมาโทกราฟีที่ใช้แยกสารโดยใช้กระดาษเป็นตัวดูดซับ และจุ่มอยู่ในตัวทำละลายที่เหมาะสม ตัวทำละลายที่เหมาะสมคือ ตัวทำละลายที่สามารถละลายสารหนึ่งได้ดี แต่ละลายสารผสมอีกตัวหนึ่งได้ไม่ดี ซึ่งจะทำให้สามารถแยกสารผสมออกจากกันได้ชัดเจน ตัวอย่างเช่น น้ำ เอทานอล อะซีโตน โซเดียมคลอไรด์ เป็นต้น

วิธีการทำโครมาโทกราฟีกระดาษ

1. ตัดกระดาษโครมาโทกราฟีให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 2 เซนติเมตร x 5.5 เซนติเมตร ใช้ดินสอขีดเส้นใต้ให้ห่างจากปลายด้านล่าง 1 เซนติเมตร
2. ใช้ไม้จิ้มฟันปลายแหลม จุ่มลงในสารละลายน้ำหมึกสีดำ แล้วนำมาจุดที่แนวเส้นดินสอ 2 จุด ทำจุดสีดำให้เข้มข้น โดยนำไม้จิ้มฟันนั้นจุ่มสารละลายน้ำหมึกสีดำแล้วนำมาจุดซ้ำที่จุดเดิมหลาย ๆ ครั้ง โดยแต่ละครั้งต้องรอให้จุดเดิมแห้งก่อน
3. ติดปลายด้านบนของกระดาษกรองเข้ากับฝากล่องพลาสติก ลองปิดฝากล่องดู โดยไม่ให้ปลายด้านล่างของกระดาษแตะกับกล่องพลาสติก

4. เปิดฝากล่องพลาสติกแล้วยกขึ้น เติมน้ำลงไปในกลุ่มพลาสติกสูงประมาณ 0.5 เซนติเมตร แล้วปิดฝากล่องให้ปลายของกระดาษโครมาโทกราฟีจุ่มลงในน้ำ โดยให้จุดสีค้ำอยู่เหนือระดับน้ำ ตั้งทิ้งไว้จนกระทั่งน้ำซึมขึ้นมาเกือบถึงขอบบนของกระดาษ ยกกระดาษโครมาโทกราฟีออกจากกลุ่มพลาสติกทิ้งไว้ให้แห้ง สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนกระดาษโครมาโทกราฟี



ภาพ ขั้นตอนการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี

ข้อควรระวังและข้อควรรู้ในการทำโครมาโทกราฟี

1. ต้องไม่ให้ระดับของตัวทำละลายสูงกว่า ระดับที่จุดสารที่ต้องการแยก (เช่น น้ำหมึกสีดำ) เพราะสารที่ต้องการแยกจะเคลื่อนที่ลงมาละลายกับตัวทำละลาย
2. ต้องทำในภาชนะที่ปิดฝา เพื่อให้เกิดการอิมตัวด้วยไอของตัวทำละลาย มีผลทำให้ตัวดูดซับไม่แห้ง

ประโยชน์ของการแยกสารด้วยวิธีโครมาโทกราฟี

1. แยกสารให้บริสุทธิ์
2. นำไปใช้แยกสารที่มีปริมาณน้อย ๆ ได้ดี
3. แยกได้ทั้งสารที่มีสีและสารที่ไม่มีสี
4. ใช้ประโยชน์ในปริมาณวิเคราะห์และคุณภาพวิเคราะห์ทำให้เราสามารถตรวจสอบได้ว่าสารที่แยกได้เป็นสารชนิดใด มีปริมาณเท่าใด

ข้อจำกัดของโครมาโทกราฟี คือ ไม่สามารถแยกสารผสมที่ประกอบด้วยสารที่ถูกดูดซับโดยตัวดูดซับได้ดีเท่ากัน และสารที่ละลายในตัวทำละลายได้ดีเท่า ๆ กันออกจากกันได้

ใบงานที่ 3

การแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟี

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. การแยกสารให้บริสุทธิ์โดยวิธีโครมาโทกราฟี ใช้หลักการใด

.....

.....

2. วิธีโครมาโทกราฟีนำมาใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง

.....

.....

.....

3. ถ้าต้องการตรวจสอบ สีสันอาหารสีแดงที่ซื้อว่ามีสีอะไรบ้างเป็นองค์ประกอบ ถ้ากำหนดให้นักเรียนใช้กระดาษวาดเขียนและกระดาษกรองเป็นตัวดูดซับ ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 ให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน

.....

.....

.....

3.2 การกำหนดตัวแปร

ตัวแปรต้น

.....

.....

ตัวแปรตาม

.....

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

.....

3.3 ออกแบบการทดลอง

.....

.....

.....

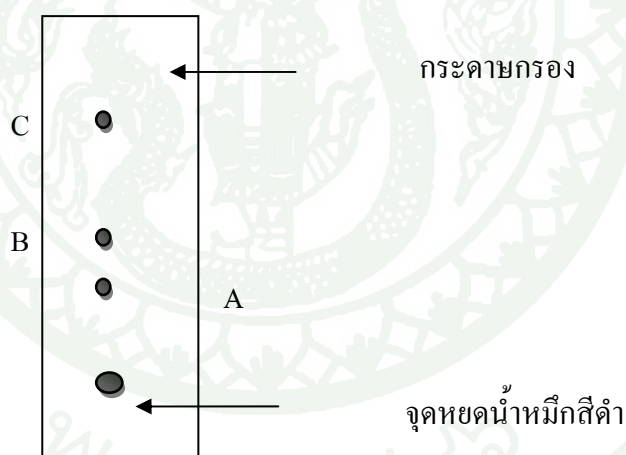
.....

.....

.....

.....

- 3.4 เด็กหญิง น้อย นำนํ้าหมึกสีดำไปแยกหอนงค์ประกอบโดยวิธีโครมาโทกราฟี ซึ่งใช้นํ้าเป็นตัวทำละลาย และใช้กระดาษกรองเป็นตัวดูดซับ ปรากฏว่าได้ผลดังภาพ คือได้สารที่มีสีแยกออกมาเป็นสาร A B และ C ตามลำดับ ถ้านักเรียนเป็นเด็กหญิงน้อย นักเรียนจะสรุปความสัมพันธ์ระหว่างตัวดูดซับและตัวทำละลาย



.....

.....

.....

.....

.....



สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติพื้นฐาน

1.1 คะแนนเฉลี่ย ใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด. 2545: 105)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย
 $\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม
 N แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

2.1 การทดสอบหาค่าความเที่ยงตรง (Validity) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยใช้สูตรดัชนีค่าความสอดคล้อง IOC (บุญชม ศรีสะอาด. 2545: 107)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับ
 เนื้อหาหรือระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
 $\sum R$ แทน ผลรวมระหว่างคะแนนความคิดเห็นของ
 ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
 N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2.2 การวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบปรนัย โดยใช้สูตร ดังนี้ (ถ้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538: 182)

$$p = \frac{H + L}{N}$$

$$r = \frac{H - L}{N/2}$$

$$p = \text{ค่าความยากง่าย}$$

- r = ค่าอำนาจจำแนก
 H = จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
 L = จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
 N = จำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำรวมกัน

2.3 การวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบอิตนัย โดยใช้สูตร ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2539: 199-200)

$$P = \frac{S_U + S_L - (2NX_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

$$r = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

- P = ดัชนีความยากง่าย
 S_U = ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
 S_L = ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
 N = จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
 $X_{\max}$ = คะแนนสูงสุดในข้อนั้น
 $X_{\min}$ = คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

2.4 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบปรนัย ใช้วิธีของ (Kuder Richardson) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538: 183-184)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right)$$

- r_{tt} = ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
 n = จำนวนข้อ
 S_t^2 = ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

p = สัดส่วนของคนที่ตอบถูกในแต่ละข้อ
 q = สัดส่วนของคนที่ตอบผิดในแต่ละข้อ

2.5 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการแบบอรรถนัยด้วยวิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟา α -Coefficient) โดยใช้สูตรของครอนบัค (Conbach alpha procedure) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2539: 218)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ α แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
 n แทน จำนวนข้อ
 S_i^2 แทน คะแนนความแปรปรวนแต่ละข้อ
 S_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนทั้งฉบับ

3. สถิติ t – test แบบ Dependent Group (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538: 248)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

$\sum D$ = ผลรวมของผลต่างของคะแนน
 n = จำนวนคู่
 $\sum D^2$ = ผลรวมของ D แต่ละตัวยกกำลังสอง
 $(\sum D)^2$ = ผลรวมของ D ทั้งหมดยกกำลังสอง
 df = $n - 1$



การตรวจคุณภาพของเครื่องมือ

1. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
2. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้
3. ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น

ตารางผนวกที่ 1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบปรนัย

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	หมายเหตุ
	1	2	3	4	5		
1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
10	-1	+1	+1	+1	+1	0.60	ใช้ได้
11	-1	+1	+1	+1	+1	0.60	ใช้ได้
12	-1	+1	+1	+1	+1	0.60	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
15	-1	+1	+1	+1	+1	0.60	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	หมายเหตุ
	1	2	3	4	5		
18	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
21	+1	-1	+1	+1	+1	0.60	ใช้ได้
22	+1	-1	+1	+1	+1	0.60	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
25	-1	+1	+1	+1	+1	0.60	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
27	-1	+1	+1	+1	+1	0.60	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
34	-1	+1	+1	+1	+1	0.60	ใช้ได้
35	-1	+1	+1	+1	+1	0.60	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
38	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตารางผนวกที่ 2 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ชั้นบูรณาการแบบอัตโนมัติ

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	หมายเหตุ
	1	2	3	4	5		
1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5	+1	-1	+1	+1	+1	0.60	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
8	-1	+1	+1	+1	+1	0.60	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
15	+1	-1	+1	+1	+1	0.60	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ตารางผนวกที่ 3 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหา
ความรู้

ที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า
		1	2	3	4	5	IOC
แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1							
1.	มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และ สาระสำคัญ มีความสอดคล้องกัน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
2.	สาระสำคัญ มีความชัดเจน ครอบคลุม เนื้อหาสาระตรงตามตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
3.	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม และ สามารถพัฒนานักเรียนได้ตรงตาม ตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
4.	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการพัฒนาทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้น บูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
5.	สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ ตัวชี้วัด และเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
6.	สื่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการ พัฒนาทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
7.	มีการวัดผลและประเมินผลตามที่ ครอบคลุมทางด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการและเจตคติ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
8.	มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และ กิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
9.	ได้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่ส่งเสริมให้ ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า
		1	2	3	4	5	IOC
แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2							
1.	มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ มีความสอดคล้องกัน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
2.	สาระสำคัญ มีความชัดเจน ครอบคลุม เนื้อหาสาระตรงตามตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
3.	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม และสามารถพัฒนานักเรียนได้ตรงตามตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
4.	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
5.	สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด และเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
6.	สื่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
7.	มีการวัดผลและประเมินผลตามที่ครอบคลุมทางด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
8.	มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
9.	ได้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า
		1	2	3	4	5	IOC
แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3							
1.	มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ มีความสอดคล้องกัน	+1	+1	+1	+1	1	1.00
2.	สาระสำคัญ มีความชัดเจน ครอบคลุม เนื้อหาสาระตรงตามตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
3.	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม และสามารถพัฒนานักเรียนได้ตรงตามตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
4.	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
5.	สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด และเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
6.	สื่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
7.	มีการวัดผลและประเมินผลตามที่ครอบคลุมทางด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
8.	มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
9.	ได้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า
		1	2	3	4	5	IOC
แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4							
1.	มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ มีความสอดคล้องกัน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
2.	สาระสำคัญ มีความชัดเจน ครอบคลุม เนื้อหาสาระตรงตามตัวชี้วัด	+1	0	+1	+1	+1	0.80
3.	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม และสามารถพัฒนานักเรียนได้ตรงตามตัวชี้วัด	0	0	+1	+1	+1	0.60
4.	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
5.	สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด และเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
6.	สื่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
7.	มีการวัดผลและประเมินผลตามที่ครอบคลุมทางด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
8.	มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนรู้	0	0	+1	+1	+1	0.60
9.	ได้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า
		1	2	3	4	5	IOC
แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5							
1.	มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ มีความสอดคล้องกัน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
2.	สาระสำคัญ มีความชัดเจน ครอบคลุม เนื้อหาสาระตรงตามตัวชี้วัด	0	0	+1	+1	+1	0.60
3.	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม และสามารถพัฒนานักเรียนได้ตรงตามตัวชี้วัด	0	0	+1	+1	+1	0.60
4.	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
5.	สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด และเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
6.	สื่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
7.	มีการวัดผลและประเมินผลตามที่ครอบคลุมทางด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
8.	มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนรู้	0	0	+1	+1	+1	0.60
9.	ได้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า
		1	2	3	4	5	IOC
แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6							
1.	มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ มีความสอดคล้องกัน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
2.	สาระสำคัญ มีความชัดเจน ครอบคลุมเนื้อหาสาระตรงตามตัวชี้วัด	0	0	+1	+1	+1	0.60
3.	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม และสามารถพัฒนานักเรียนได้ตรงตามตัวชี้วัด	0	0	+1	+1	+1	0.60
4.	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
5.	สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด และเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
6.	สื่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
7.	มีการวัดผลและประเมินผลตามที่ครอบคลุมทางด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
8.	มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
9.	ได้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า
		1	2	3	4	5	IOC
แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7							
1.	มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ มีความสอดคล้องกัน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
2.	สาระสำคัญ มีความชัดเจน ครอบคลุม เนื้อหาสาระตรงตามตัวชี้วัด	+1	0	+1	+1	+1	0.80
3.	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม และสามารถพัฒนานักเรียนได้ตรงตามตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
4.	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
5.	สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด และเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
6.	สื่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
7.	มีการวัดผลและประเมินผลตามที่ครอบคลุมทางด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
8.	มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนรู้	0	0	+1	+1	+1	0.60
9.	ได้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า
		1	2	3	4	5	IOC
แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8							
1.	มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ มีความสอดคล้องกัน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
2.	สาระสำคัญ มีความชัดเจน ครอบคลุม เนื้อหาสาระตรงตามตัวชี้วัด	+1	0	+1	+1	+1	0.80
3.	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม และสามารถพัฒนานักเรียนได้ตรงตามตัวชี้วัด	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
4.	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
5.	สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด และเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
6.	สื่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
7.	มีการวัดผลและประเมินผลตามที่ครอบคลุมทางด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
8.	มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	0	+1	+1	+1	0.80
9.	ได้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า
		1	2	3	4	5	IOC
แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9							
1.	มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ มีความสอดคล้องกัน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
2.	สาระสำคัญ มีความชัดเจน ครอบคลุมเนื้อหาสาระตรงตามตัวชี้วัด	+1	0	+1	+1	+1	0.80
3.	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม และสามารถพัฒนานักเรียนได้ตรงตามตัวชี้วัด	0	+1	+1	+1	+1	0.80
4.	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
5.	สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด และเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
6.	สื่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
7.	มีการวัดผลและประเมินผลตามที่ครอบคลุมทางด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
8.	มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนรู้	0	0	+1	+1	+1	0.60
9.	ได้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า
		1	2	3	4	5	IOC
แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10							
1.	มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ มีความสอดคล้องกัน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
2.	สาระสำคัญ มีความชัดเจน ครอบคลุม เนื้อหาสาระตรงตามตัวชี้วัด	0	0	+1	+1	+1	0.60
3.	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม และสามารถพัฒนานักเรียนได้ตรงตามตัวชี้วัด	0	0	+1	+1	+1	0.60
4.	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
5.	สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด และเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
6.	สื่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาศักยภาพกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
7.	มีการวัดผลและประเมินผลตามที่ครอบคลุมทางด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
8.	มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	0	+1	+1	+1	0.80
9.	ได้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาศักยภาพกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ที่	รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า
		1	2	3	4	5	IOC
แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11							
1.	มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ มีความสอดคล้องกัน	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
2.	สาระสำคัญ มีความชัดเจน ครอบคลุมเนื้อหาสาระตรงตามตัวชี้วัด	0	0	+1	+1	+1	0.60
3.	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม และสามารถพัฒนานักเรียนได้ตรงตามตัวชี้วัด	0	+1	+1	+1	+1	0.80
4.	กิจกรรมการเรียนรู้เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
5.	สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด และเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
6.	สื่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
7.	มีการวัดผลและประเมินผลตามที่ครอบคลุมทางด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและเจตคติ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
8.	มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	0	+1	+1	+1	0.80
9.	ได้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบปรนัย

ข้อที่	p	r	หมายเหตุ
1	0.50	0.73	คัดเลือกไว้
2	0.60	0.60	คัดเลือกไว้
3	0.86	0.26	คัดออก
4	0.63	0.33	คัดออก
5	0.43	0.33	คัดเลือกไว้
6	0.63	0.60	คัดออก
7	0.57	0.06	คัดออก
8	0.47	0.80	คัดเลือกไว้
9	0.67	0.40	คัดเลือกไว้
10	0.47	0.53	คัดออก
11	0.57	0.73	คัดออก
12	0.70	0.47	คัดออก
13	0.37	0.47	คัดเลือกไว้
14	0.57	0.73	คัดเลือกไว้
15	0.60	0.67	คัดออก
16	0.37	0.47	คัดเลือกไว้
17	0.47	0.53	คัดเลือกไว้
18	0.63	0.33	คัดเลือกไว้
19	0.40	0.13	คัดออก
20	0.40	0.53	คัดออก
21	0.23	0.07	คัดออก
22	0.67	0.40	คัดออก
23	0.43	0.47	คัดเลือกไว้
24	0.60	0.53	คัดเลือกไว้
25	0.47	0.40	คัดออก
26	0.57	0.73	คัดเลือกไว้
27	0.67	0.67	คัดออก

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

ข้อที่	p	r	หมายเหตุ
28	0.63	0.33	คัดลอกไว้
29	0.37	0.47	คัดลอก
30	0.57	0.73	คัดลอกไว้
31	0.63	0.60	คัดลอก
32	0.57	0.47	คัดลอกไว้
33	0.47	0.40	คัดลอกไว้
34	0.37	0.33	คัดลอก
35	0.40	0.27	คัดลอก
36	0.27	0.40	คัดลอก
37	0.57	0.47	คัดลอกไว้
38	0.50	0.33	คัดลอกไว้
39	0.77	0.33	คัดลอกไว้
40	0.46	0.53	คัดลอก

ตารางผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) แบบวัดทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบอัตโนมัติ

ข้อที่	p	r	หมายเหตุ
1	0.57	0.27	คัดออก
2	0.49	0.42	คัดเลือกไว้
3	0.57	0.33	คัดเลือกไว้
4	0.55	0.33	คัดออก
5	0.70	0.22	คัดเลือกไว้
6	0.38	0.50	คัดเลือกไว้
7	0.52	0.33	คัดเลือกไว้
8	0.52	0.37	คัดเลือกไว้
9	0.47	0.33	คัดเลือกไว้
10	0.37	0.47	คัดเลือกไว้
11	0.26	0.47	คัดเลือกไว้
12	0.35	0.43	คัดเลือกไว้
13	0.25	0.33	คัดออก
14	0.48	0.42	คัดเลือกไว้
15	0.57	0.37	คัดออก
16	0.52	0.29	คัดเลือกไว้
17	0.48	0.37	คัดเลือกไว้
18	0.57	0.37	คัดเลือกไว้
19	0.60	0.27	คัดเลือกไว้
20	0.72	0.30	คัดเลือกไว้

ตารางผนวกที่ 6 คะแนนนักเรียนที่ทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ
แบบปรนัย จำนวน 20 ข้อ จำนวนนักเรียน 30 คน เพื่อหาความเชื่อมั่นของ
แบบทดสอบทั้งฉบับ

เลขที่	X	X ²
1	16	256
2	18	324
3	10	100
4	10	100
5	16	256
6	19	361
7	8	64
8	15	225
9	10	100
10	8	64
11	10	100
12	9	81
13	18	324
14	8	64
15	9	81
16	12	144
17	9	81
18	12	144
19	8	64
20	13	169
21	9	81
22	17	289
23	8	64
24	10	100
25	9	81
26	13	169
27	9	81
28	13	169
29	6	36
30	13	169
รวม	345	4,341

ตารางผนวกที่ 7 จำนวนคนที่ทำข้อสอบถูกในแต่ละข้อจากการทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการแบบปรนัย จำนวน 20 ข้อ จำนวนนักเรียน 30 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

ข้อที่	จำนวนคน ตอบถูก	จำนวนคน ตอบผิด	สัดส่วนของคน ตอบถูกต้องกับ นักเรียนทั้งหมด (p)	สัดส่วนของคน ตอบผิดกับ นักเรียนทั้งหมด (q)	ผลคูณของ pq
1	29	1	0.97	0.03	0.03
2	29	1	0.97	0.03	0.03
3	16	14	0.53	0.47	0.25
4	5	25	0.17	0.83	0.14
5	13	17	0.43	0.57	0.25
6	15	15	0.50	0.50	0.25
7	5	25	0.17	0.83	0.14
8	7	23	0.23	0.77	0.18
9	5	25	0.17	0.83	0.14
10	28	2	0.93	0.07	0.07
11	12	18	0.40	0.60	0.24
12	4	26	0.13	0.87	0.11
13	29	1	0.97	0.03	0.03
14	10	20	0.33	0.67	0.22
15	8	22	0.27	0.73	0.20
16	28	2	0.93	0.07	0.07
17	26	4	0.87	0.13	0.11
18	25	5	0.83	0.17	0.14
19	23	7	0.77	0.23	0.18
20	28	2	0.93	0.07	0.07
รวม					2.85

ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการแบบปรนัย มีค่าเท่ากับ 0.81

ตารางผนวกที่ 8 คะแนนนักเรียนที่ทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ
แบบอัตร้อย จำนวน 16 ข้อ จำนวนนักเรียน 30 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของ
แบบทดสอบทั้งฉบับ

เลขที่	X	X ²
1	34	1156
2	33	1089
3	23	529
4	29	841
5	24	576
6	30	900
7	27	729
8	23	529
9	24	576
10	28	784
11	29	841
12	25	625
13	27	729
14	23	529
15	15	225
16	12	144
17	14	196
18	9	81
19	12	144
20	15	225
21	14	196
22	15	225
23	14	196
24	18	324
25	14	196
26	14	196
27	15	225
28	14	196
29	16	256
30	34	1,156
รวม	624	14,614

ตารางผนวกที่ 9 จำนวนคนที่ทำข้อสอบถูกในแต่ละข้อจากการทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการแบบอัตโนมัติ จำนวน 16 ข้อ จำนวนนักเรียน 30 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

ข้อที่	ΣX	ΣX^2	S^2
1	61	169	1.50
2	66	180	1.16
3	42	74	0.51
4	25	39	0.61
5	33	57	0.69
6	32	60	0.86
7	29	45	0.57
8	30	44	0.47
9	32	46	0.40
10	31	45	0.43
11	28	52	0.86
12	55	123	0.74
13	39	71	0.68
14	35	51	0.34
15	39	71	0.68
16	47	89	0.51
รวม			11.01

ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการแบบอัตโนมัติ
ค่าเท่ากับ 0.85

ตารางผนวกที่ 10 แสดงคะแนนการทำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ
โดยรวมก่อนเรียนและหลังเรียน

คนที่	คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D ²
	(คะแนนเต็ม 60คะแนน)	(คะแนนเต็ม 60คะแนน)		
1	26	50	24	576
2	34	51	17	289
3	20	42	22	484
4	29	49	20	400
5	27	47	20	400
6	21	45	24	576
7	28	46	18	324
8	24	45	21	441
9	20	44	24	576
10	21	46	25	625
11	17	44	27	729
12	14	43	29	841
13	17	48	31	961
14	13	41	28	784
15	18	45	27	729
16	18	43	25	625
17	37	54	17	289
18	16	46	30	900
19	23	51	28	784
20	22	49	27	729
21	20	43	23	529
22	21	48	27	729
23	37	52	15	225

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ)

คนที่	คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D ²
	(คะแนนเต็ม 60คะแนน)	(คะแนนเต็ม 60คะแนน)		
24	23	49	26	676
25	17	44	27	729
26	9	40	31	961
27	26	49	23	529
28	24	48	24	576
29	26	47	21	441
30	22	45	23	529
31	14	43	29	841
32	22	43	21	441
33	28	45	17	289
n=33	$\sum X = 734$	$\sum X^2 = 1,525$	$\sum D = 791$	$\sum D^2 = 19,557$

ตารางผนวกที่ 11 แสดงคะแนนทักษะการตั้งสมมติฐานก่อนเรียน และหลังเรียน

คนที่	คะแนน ทักษะการตั้งสมมติฐาน			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D ²
	(คะแนนเต็ม 12คะแนน)	(คะแนนเต็ม 12คะแนน)		
1	5	10	5	25
2	9	11	2	4
3	3	9	6	36
4	5	9	4	16
5	5	10	5	25
6	5	9	4	16
7	9	10	1	1
8	5	9	4	16
9	2	8	6	36
10	5	11	6	36
11	2	9	7	49
12	2	9	7	49
13	3	11	8	64
14	4	10	6	36
15	2	8	6	36
16	5	10	5	25
17	7	10	3	9
18	4	9	5	25
19	3	11	8	64
20	4	10	6	36
21	5	11	6	36
22	6	10	4	16
23	7	10	3	9
24	5	11	6	36
25	3	10	7	49

ตารางผนวกที่ 11 (ต่อ)

คนที่	คะแนน ทักษะการตั้งสมมติฐาน			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D ²
	(คะแนนเต็ม 12คะแนน)	(คะแนนเต็ม 12คะแนน)		
26	0	9	9	81
27	5	9	4	16
28	5	10	5	25
29	6	11	5	25
30	5	10	5	25
31	2	9	7	49
32	4	9	5	25
33	6	9	3	9
n=33	$\sum X = 148$	$\sum X^2 = 788$	$\sum D = 173$	$\sum D^2 = 1,005$

ตารางผนวกที่ 12 แสดงคะแนนทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการก่อนเรียน และหลังเรียน

คนที่	คะแนน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D ²
	(คะแนนเต็ม 12คะแนน)	(คะแนนเต็ม 12คะแนน)		
1	4	10	6	36
2	3	7	4	14
3	6	8	2	4
4	3	7	4	16
5	2	8	6	36
6	2	10	8	64
7	1	6	5	25
8	3	6	3	9
9	3	6	3	9
10	1	6	5	25
11	2	7	5	25
12	3	8	5	25
13	2	7	5	25
14	0	6	6	36
15	3	8	5	25
16	2	8	6	36
17	6	10	4	16
18	2	8	6	36
19	4	8	4	16
20	3	10	7	49
21	3	7	4	16
22	2	8	6	36
23	5	11	6	36
24	3	9	6	36
25	1	8	7	49

ตารางผนวกที่ 12 (ต่อ)

คนที่	คะแนน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D ²
	(คะแนนเต็ม12 คะแนน)	(คะแนนเต็ม 12 คะแนน)		
26	1	6	5	25
27	3	9	6	36
28	1	7	6	36
29	4	7	3	9
30	0	6	6	36
31	2	8	6	36
32	2	7	5	25
33	2	8	6	36
n=33	$\sum X = 84$	$\sum X^2 = 255$	$\sum D = 171$	$\sum D^2 = 941$

ตารางผนวกที่ 13 แสดงคะแนนทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรก่อนเรียน และหลังเรียน

คนที่	คะแนน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D ²
	(คะแนนเต็ม 12คะแนน)	(คะแนนเต็ม 12คะแนน)		
1	9	11	2	4
2	9	12	3	9
3	6	9	3	9
4	7	10	3	9
5	8	10	2	4
6	7	10	3	9
7	7	11	4	16
8	6	10	4	16
9	3	9	6	36
10	4	9	5	25
11	7	11	4	16
12	1	9	8	64
13	3	10	7	49
14	1	9	8	64
15	3	10	7	49
16	2	8	6	36
17	8	11	3	9
18	2	9	7	49
19	5	12	7	49
20	3	10	7	49
21	1	9	8	64
22	2	10	8	64
23	9	12	3	9
24	5	10	5	25
25	2	9	7	49

ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ)

คนที่	คะแนน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร			
	ก่อนเรียน (คะแนนเต็ม 12คะแนน)	หลังเรียน (คะแนนเต็ม 12คะแนน)	D	D ²
26	4	9	5	25
27	6	11	5	25
28	6	12	6	36
29	7	11	4	16
30	5	10	5	25
31	3	9	6	36
32	1	8	7	49
33	8	10	2	4
n=33	$\sum X=160$	$\sum X^2=330$	$\sum D=170$	$\sum D^2=998$

ตารางผนวกที่ 14 แสดงคะแนนทักษะการทดลองก่อนเรียน และหลังเรียน

คนที่	คะแนน ทักษะการทดลอง			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D ²
	(คะแนนเต็ม 12คะแนน)	(คะแนนเต็ม 12คะแนน)		
1	3	9	6	36
2	8	12	4	16
3	4	7	3	9
4	5	11	6	36
5	6	8	2	4
6	3	8	5	25
7	3	8	5	25
8	5	11	6	36
9	4	10	6	36
10	6	11	5	25
11	4	9	5	25
12	3	7	4	16
13	5	9	4	16
14	3	7	4	16
15	2	8	6	36
16	4	8	4	16
17	9	12	3	9
18	4	10	6	36
19	7	9	2	4
20	4	9	5	25
21	5	8	3	9
22	6	8	2	4
23	7	9	2	4
24	8	10	2	4
25	5	8	3	9

ตารางผนวกที่ 14 (ต่อ)

คนที่	คะแนน ทักษะการทดลอง			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D ²
	(คะแนนเต็ม 12คะแนน)	(คะแนนเต็ม 12คะแนน)		
26	1	9	8	64
27	7	10	3	9
28	5	9	4	16
29	3	8	5	25
30	5	8	3	9
31	3	9	6	36
32	7	8	1	1
33	7	9	2	4
n=33	$\sum X=161$	$\sum X^2=296$	$\sum D=135$	$\sum D^2=641$

ตารางผนวกที่ 15 แสดงคะแนนทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ก่อนเรียน และหลังเรียน

คนที่	คะแนน ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D ²
	(คะแนนเต็ม 12คะแนน)	(คะแนนเต็ม 12คะแนน)		
1	5	10	5	25
2	5	9	4	16
3	1	9	8	64
4	9	12	3	9
5	6	11	5	25
6	4	8	4	16
7	8	11	3	9
8	5	9	4	16
9	8	11	3	9
10	5	9	4	16
11	2	8	6	36
12	5	10	5	25
13	4	11	7	49
14	5	9	4	16
15	8	11	3	9
16	5	9	4	16
17	7	11	4	16
18	4	10	6	36
19	4	11	7	49
20	8	10	2	4
21	6	8	2	4
22	5	12	7	49
23	9	10	1	1
24	2	9	7	49
25	6	9	3	9

ตารางผนวกที่ 15 (ต่อ)

คนที่	คะแนน ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป			
	ก่อนเรียน (คะแนนเต็ม 12คะแนน)	หลังเรียน (คะแนนเต็ม 12คะแนน)	D	D ²
26	3	7	4	16
27	5	10	5	25
28	7	10	3	9
29	6	10	4	16
30	7	11	4	16
31	4	8	4	16
32	8	11	3	9
33	5	9	4	16
n=33	$\sum X = 181$	$\sum X^2 = 323$	$\sum D = 142$	$\sum D^2 = 696$

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวจรินทร์ จันทรเพ็ง
วัน เดือน ปี ที่เกิด	3 ตุลาคม 2515
สถานที่เกิด	จังหวัดสมุทรสงคราม
ประวัติการศึกษา	ครุศาสตรบัณฑิต ราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง
ตำแหน่งปัจจุบัน	ครู คศ. 3 วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ
ประวัติการทำงาน	พฤษภาคม 2538 – กรกฎาคม 2555 โรงเรียนบ้านแหลมวิทยา อ. บ้านแหลม จ. เพชรบุรี สิงหาคม 2555 – ปัจจุบัน โรงเรียนอัมพวันวิทยาลัย อ. อัมพวา จ. สมุทรสงคราม