

№ 117563



5246

การสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้การเรียนรู้
แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
การคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์



ทงหล่อ วันวิเศษ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

พ.ศ. 2558

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

คณะกรรมการสอบได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ นายทองหล่อ วันวิเศษ แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีศึกษา ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สุขศรีงาม)

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ไพรวรรณ)

กรรมการ
(ผู้ทรงคุณวุฒิ)

.....
(อาจารย์ ดร.ธนวัชร สมตัว)

กรรมการ
(อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก)

.....
(อาจารย์ ดร.พัชรภรณ์ พิมพ์จันทร์)

กรรมการและเลขานุการ
(อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานิตย์ อัญญาโพธิ์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สนิท ดีเมืองซ้าย)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่.....เดือน 22 ต.ค. 2558 พ.ศ.

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ชื่อเรื่อง : การสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้การเรียนแบบวัฏจักร
การเรียนรู้ 5 ขั้น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ
และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัย : ทองหล่อ วันวิเศษ

ปริญญา : วท.ม. (เคมีศึกษา)

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ธนวัชร สมด้วง

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ดร.พัชรารัตน์ พิมพ์จันทร์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม 2558

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาและประเมินผลการใช้บทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ที่มีประสิทธิผลที่เหมาะสมและการประเมินผลการใช้บท
ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 29 คน ในภาคเรียนที่ 2
ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ อำเภอคูขันธ์ จังหวัดมหาสารคาม ได้มาโดยการ
สุ่มแบบเจาะจงและการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) บทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเรียนตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น พร้อมทั้งมีคำถามที่ส่งเสริม
การคิดขั้นสูง จำนวน 7 บทปฏิบัติการ แต่ละบทปฏิบัติการใช้เวลาสอน 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์
2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 40 ข้อ 3) แบบทดสอบวัดการคิด
วิจารณ์ญาณ ประกอบด้วย 4 ด้าน จำนวน 40 ข้อ และ 4) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการ
ทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ประกอบด้วย 5 ด้าน จำนวน 30 ข้อ การทดสอบสมมุติฐานใช้
Paired t-test และ F-test (One-way MANCOVA และ ANCOVA)

ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.5629
นักเรียน โดยส่วนรวม และจำแนกตามเพศที่เรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีคะแนน
เฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ โดยรวมและรายด้าน และทักษะกระบวนการ
ทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวมและรายด้านหลังเรียน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน ยกเว้น
นักเรียนหญิงมีการคิดวิจารณ์ญาณ ด้านนิรนัย และด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น
ไม่เปลี่ยนแปลงจากก่อนเรียน และนักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวม และอีก 3 ด้าน

คือ ด้านทักษะการตั้งสมมติฐาน ด้านทักษะการทดลอง และด้านทักษะการแปลความหมายและ
ลงข้อสรุป มากกว่านักเรียนชาย แต่มีการคิดวิจารณ์เฉพาะด้านความน่าเชื่อถือของ
แหล่งข้อมูลและการสังเกต น้อยกว่านักเรียนชาย

คำสำคัญ: บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เน้นการเรียนรู้ตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น,
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, การคิดวิจารณ์, ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ชั้นบูรณาการ



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

TITLE : A Development of Science Laboratory Entitled Chemical Bonds Using the 5E Learning Cycle Approach for Enhancing Learning Achievement, Critical Thinking, and Science Process Skills of Grade 10 Students

AUTHOR : Thonglor Wanvised **DEGREE :** M.S. (Chemistry Education)

ADVISORS : Dr.Thanawat Somtua Major Advisor

Dr.Pacharaporn Pimjan Co-advisor

RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY, 2015

ABSTRACT

This research aimed to develop and evaluate science laboratory lessons with an appropriate effectiveness index and study effects of implementation of the developed science laboratory lessons with 29 Mathayomsuksa 4 (Grade 10) students in the second semester of the academic year 2014, selected using the purposive sampling and cluster random sampling techniques, who attended the Napopithayasan School in Gudrang district, Maha Sarakham province. Research instruments included 1) 7 science laboratory lessons with some higher order thinking questions at the end of each lesson, each lesson for 2 hours of learning in each week; 2) a learning achievement test with 40 items; 3) a critical thinking test with 4 subscales and 40 items; and 4) a test on science process skills with 5 subscales and 30 items. The paired t-test and the F-test (One-way MANCOVA and ANCOVA) were employed for testing hypotheses.

The major findings found that the developed science laboratory lessons had an effectiveness index of 0.5629. The students as a whole and as classified according to sex showed gained in learning achievement, science process skills in general and in each subscale and critical thinking in general and in each subscale from before learning via the developed laboratory lessons. Except for the female students who did not show different deduction subscale and assumption identification subscale between the pretest and the posttest means. The female students indicated more science process skills in general and in 3 subscales:

formulating hypotheses, experimenting, and interpreting and making conclusion ; but showed less critical thinking in the subscale of crebility of sources and observation than did the male students.



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร.ชนวัชร สมตัว อาจารย์ ดร.พัชราภรณ์ พิมพ์จันทร์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ช่วยกระตุ้นให้ผู้วิจัยรักการทำงาน สนับสนุนและให้กำลังใจ

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สุขศรีงาม ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ไพรวรรณ กรรมการสอบ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและ ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง อาจารย์ ดร.สุพรรณ ยอดยิ่งยง และ คุณครูพิศุลสินธุ์ ภาณวัตร ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ในครั้งนี้ ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.ปนัดดา แทนสุโพธิ์ ประธานคณะกรรมการหลักสูตร ที่คอย ให้คำแนะนำและช่วยเหลือเรื่องการทำเครื่องมือในการวิจัยและการปรับปรุงเครื่องมือวิจัย มาโดยตลอด

ขอขอบคุณผู้บริหารและคณะคุณครู-นักเรียน โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ อำเภอภูกระดึง จังหวัดมหาสารคาม ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้การ สนับสนุนทุนวิจัย

ขอขอบคุณคุณพ่อสุวัฒน์ วันวิเศษ คุณแม่ระคม วันวิเศษ อีกทั้งครอบครัวญาติพี่น้อง เพื่อนๆ ที่ได้ให้กำลังใจที่ติดตลอดมา รวมถึงบุคคลที่เกี่ยวข้องที่ไม่ได้กล่าวทั้งหมดซึ่งมีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบผลสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายสุดนี้คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่อง บูชาแก่คุณบิดา มารดา ผู้ให้กำเนิดอบรมเลี้ยงดูและบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาท ความรู้แก่ผู้วิจัยให้ประสบผลสำเร็จ และคลบ้นดาลให้พบแต่ความสุขตลอดไป

ทงหล่อ วันวิเศษ

สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
บทคัดย่อ	๗
ABSTRACT	๗
กิตติกรรมประกาศ	๘
สารบัญตาราง	๘
สารบัญภาพ	๘
บทที่ 1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา	5
สมมุติฐานของการศึกษา	5
ขอบเขตของการศึกษา	5
นิยามศัพท์เฉพาะ	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย	8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	9
การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	17
การเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น	24
การหาดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	26
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	27
การคิดวิจารณ์	32
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	50
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	54
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	61
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	61
แบบแผนการศึกษา	61

หัวเรื่อง	หน้า
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	62
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ	62
วิธีดำเนินการวิจัย	71
การวิเคราะห์ข้อมูล	73
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	73
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	75
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	75
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	75
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	76
บทที่ 5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ	90
วัตถุประสงค์ของการศึกษา	90
สรุปผล	90
อภิปรายผล	91
ข้อเสนอแนะ	93
บรรณานุกรม	95
ภาคผนวก ก สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัยและ รายนามผู้เชี่ยวชาญ	105
ภาคผนวก ข ตัวอย่างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และคู่มือครู	111
ภาคผนวก ค การประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	141
ภาคผนวก ง การประเมินคุณภาพเครื่องมือวิจัย	154
ภาคผนวก จ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัย	167
ภาคผนวก ฉ การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของ One-way MANCOVA และ One-way ANCOVA	175
ภาคผนวก ช การแบ่งกลุ่มนักเรียน (กลุ่มสูง, กลุ่มกลาง, กลุ่มต่ำ) โดยใช้คะแนน T-scores	179
ภาคผนวก ซ ประมวลภาพประกอบการวิจัย	181
ประวัติผู้วิจัย	184

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง	12
2	แบบแผนการทดลองของการวิจัย	62
3	แสดงการจำแนกข้อสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของพฤติกรรม 4 ด้าน	69
4	กำหนดการทดลองสอนแบบคู่ขนาน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี	71
5	คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนและดัชนีประสิทธิผล	76
6	ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยส่วนรวม	77
7	ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยส่วนรวม	77
8	ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหญิง	78
9	ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบการคิดวิจารณ์ก่อนเรียนและหลังเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยส่วนรวม	79
10	ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบการคิดวิจารณ์ ก่อนเรียนและหลังเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชาย	80
11	ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบการคิดวิจารณ์ ก่อนเรียนและหลังเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหญิง	81
12	การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและ หลังเรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยส่วนรวม	82
13	ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชาย	83
14	การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและ หลังเรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหญิง	84

15	ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ โดยรวม และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวมหลังเรียน ของนักเรียนที่เพศต่างกัน (One – way MANCOVA)	86
16	ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวมหลังเรียน ของนักเรียนที่มีเพศต่างกัน (One – way ANCOVA).	87
17	การเปรียบเทียบการคิดวิจารณ์ญาณรายด้านหลังเรียน ของนักเรียนที่เพศต่างกัน (One – way ANCOVA)	87
18	ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการรายด้านหลังเรียน ของนักเรียนที่เพศต่างกัน (One – way ANCOVA)	88
19	คะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนของนักเรียนจำแนกตามเพศ	89

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่

หน้า

- | | | |
|---|---|----|
| 1 | กรอบแนวคิดการวิจัย | 8 |
| 2 | แสดงการพัฒนาทางสติปัญญาของมนุษย์ตามวิธีการของเพียเจต์ | 37 |



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-based Society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. 2551 : 1) วิทยาศาสตร์ทำให้คนได้พัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดเชิงเหตุผล (Logical Thinking) ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity Thinking) มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitude) มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2545 :1)

การจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 หมวด 4 ยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถในการเรียนรู้ พัฒนาตนเองได้ ถือว่าผู้เรียนสำคัญที่สุดและได้นำรูปแบบการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ มีครูเป็นผู้จัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงออกซึ่งความรู้ ความสามารถจากการปฏิบัติด้วยตนเอง (Learning by Doing) คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านละเกิดการใฝ่รู้ อย่างต่อเนื่อง ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดหาเหตุผลและวิธีแก้ปัญหา ด้วยการสอนให้คิดมากกว่าจำ ทำมากกว่าท่อง นำความรู้ ไปใช้เพื่อป้องกันและแก้ปัญหาในชีวิตได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546 : 1-3) แต่ในการสอนตามแบบของ สสวท. เป็นการสอนในกลุ่มวิชาสาระวิทยาศาสตร์ พบปัญหา คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่มสาระวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำ นักเรียนส่วนมากสอบผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้าน ทฤษฎี อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ (กรมวิชาการ. 2545 : 7-8) อีกทั้งสภาพการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์

ในปัจจุบัน พบว่า การจัดการเรียนรู้ของครูใช้การบรรยายประกอบแบบเรียน ไม่เน้นการฝึกทักษะ กระบวนการ นักเรียนก็เรียนรู้ด้วยการจดบันทึก และ ท่องจำทำให้นักเรียนขาดการวิเคราะห์ สังเคราะห์ความรู้ การแสดงความคิดเห็น และขาดทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองอันเป็น ความรู้ที่ทรงทน การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ควรใช้วิธี การจัดการเรียนรู้ที่ หลากหลาย ในการ พัฒนาผู้เรียนให้เกิดความคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์คิดวิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญในการ ค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ โดยอาศัยกรอบแนวคิดทฤษฎี พัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget ประกอบไปด้วย ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจ และค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation) ตามลำดับ (Bybee and others. 1991) การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอนที่ครูและนักเรียนได้ศึกษาปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และด้วยจิตใจเป็นนักวิทยาศาสตร์ (Kusland and Stone. 1968 : 138-140) เน้นให้ผู้เรียนปฏิบัติ กิจกรรมหาความรู้ด้วยตนเอง สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบรู้จัก ใช้ข้อมูลที่หลากหลายในการ ตัดสินใจ ผู้เรียนจำเป็นต้อง ใ้ได้รับการกระตุ้นให้ เกิดการเรียนรู้ เชนปัญหา มีโอกาสได้คิดลงมือ ปฏิบัติจริง และการจัดการเรียนรูจึงต้องคำนึงถึงผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยจัดการเรียนรู้ ให้เหมาะสม ตามความสนใจ และความถนัดของผู้เรียน นอกจากนี้ ในการจัดการเรียนรู้ต้องส่งเสริมและพัฒนา ผู้เรียน ให้มีเจตคติ คุณธรรม จริยธรรมค่านิยมที่ เหมาะสมต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (กรมวิชาการ. 2546 : 1) การเรียนรู้ ไม่ใช่การรับรู้จากแหล่งเรียนรู้ใหม่ๆ แต่เกิดจากผู้เรียนเป็น ผู้สร้างความรู้ขึ้นมาเอง โดยใช้แนวคิด ความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว (Wheatley. 1991 : 9-21) การเรียนรู้ จึงเป็นการเปลี่ยนแปลงแนวคิด หรือสร้างความรู้ใหม่ (Duschl. 1991 : 839-858 ; ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2534 : 58-69) การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนต้องมุ่งสร้างความรู้ ปรับปรุง และแก้ไขความรู้ที่มี อยู่แล้ว พรอมทั้งให้นักเรียนได้ใช้ความคิด และปรับเปลี่ยนความคิด และการสร้างแนวคิดใหม่ๆ เพิ่มขึ้น (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2545 : 5 ; Hewson and Hewson. 1988 : 597- 614)

การสอนการคิดวิจารณ์ญาณเปรียบเสมือนการจัดเตรียมเครื่องมือให้ผู้เรียนมีความ สามารถ ใช้เหตุผลเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่สำคัญทางสังคมใน โลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Kelly. 2009 : 70) การคิดวิจารณ์ญาณ เป็นการทำงานของสมอง กระบวนการคิดประกอบด้วยเจตคติ ความรู้ และทักษะ ผู้คิดต้องคิดกว้าง คิดลึก คิดถูกทาง คิดชัดเจน คิดอย่างมีเหตุผล โดยใช้ประสบการณ์มา สัมพันธ์กับสิ่งเร้าและสภาพแวดล้อม หรือเชื่อมโยงกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่รับรู้มาก่อน นำข้อมูลมา วิเคราะห์ เปรียบเทียบ สังเคราะห์ ผ่านการพิจารณาปัจจัยรอบด้านอย่างกว้างขวาง ลึกซึ้ง และผ่าน การพิจารณาถ่วงถ่วง ไตร่ตรอง ทั้งทางด้านคุณ-โทษ คุณค่าที่แท้จริง ประเมินอย่างมีระบบ ตลอดจนพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เพื่อให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหาอย่าง

เหมาะสมและสร้างสรรค์ ยุคปัจจุบันเข้าสู่ยุคข้อมูลข่าวสารและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้เกิดการคิดวิจารณ์ญาณ ควรให้กรอบความคิดแก่ผู้เรียนก่อนการ สอนเนื้อหาสาระใดๆ จะช่วยเป็นสะพานหรือโครงสร้างที่ผู้เรียนสามารถนำเนื้อหา/สิ่งที่เรียนใหม่ ไปเชื่อมโยงยึดเกาะได้ ทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความหมาย ขอมรับการแสวงหาหลักฐานมา สนับสนุนสิ่งที่อ้างว่าเป็นจริง แล้วใช้ความรู้ด้านการอุปมาอุปไมยมาสรุปใจความสำคัญ และการสรุปเป็น กรณีย์ทั่วไป สามารถเลือกรับข่าวสารข้อมูล ได้อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุดกับตนเองและ สร้างความรู้ด้วยตนเองและให้คนคิดมีพฤติกรรมที่ดีงาม (ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และดารณี คำวังนัง. 2546 : 5-6 ; ทิศนา แคมมณี. 2548 : 304 ; สมนึก ภัททิยธนี. 2548 : 1 ; รูปทอง กว้างสวาสดี. 2552 : 55-56 ; กมลรัตน์ ฉิมพาลี. 2554 : 2-3)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ประกอบด้วย (1) ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นสติปัญญา (Intellectual Skills) ไคแก ทักษะทางสติปัญญา ที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้โมเดล หลักการและกฎ ช่วยให้การลงข้อสรุปแบบอุปนัยมีความ เทียบตรงเชื่อถือได้ (ไพฑูริย์ สุขศรีงาม. 2530 : 5 ; อ้างถึงใน Gagne. 1965 : 10) (2) ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นพฤติกรรม เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เน้น พฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติงานและฝึกฝนอย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ นำมาใช้ในการแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ทักษะดังกล่าวจำเป็นต้องใช้การสังเกต บันทึกรายข้อมูล ทำการวัด การตั้งสมมุติฐาน หาความสัมพันธ์ของตัวแปร ทำการทดลอง เป็นต้น การสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หรือการสอนแบบทดลองจึงเป็นการสร้างองค์ความรู้จากสิ่งที่เป็น รูปธรรม ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อนักเรียนซึ่งได้รับประสบการณ์ตรง มีโอกาสฝึกทักษะ รู้จัก การแก้ปัญหามีการทำงานร่วมกัน (ภพ เลหาไพบูลย์. 2542 : 170-171) อาจกล่าวได้ว่าทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกถึงความสามารถในการเลือกใช้ และการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง ซึ่งนักวิทยาศาสตร์และผู้ที่น่า วิถีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาในการศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาต่างๆ จนเกิดความรู้ ความเข้าใจสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาค้นหาและแสวงหาความรู้ใหม่ๆ อย่างมี ประสิทธิภาพและเชื่อถือ ได้พร้อมทั้งนำมาใช้แก้ปัญหา เสริมสร้างชีวิตและสังคมให้ดีขึ้น

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือทดลองด้วย ตนเอง ใช้ผลการทดลองเป็นหลักในการนำไปสู่การเรียนรู้ วิธีสอนจะเน้นให้นักเรียน รู้จักคิดค้น ด้วยตนเอง รู้จักนำวิธี การทางวิทยาศาสตร์ไปเป็นเครื่องมือในการค้นคว้าหาความรู้ เพื่อพัฒนา นักเรียนให้เกิดความรู้ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียน วิทยาศาสตร์ มีการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง โดยครูเป็นผู้ดูแลให้คำปรึกษาควบคู่ไปกับ

กระบวนการเรียนการสอนทั้งในด้านความรู้หรือความจริง ด้านความสามารถหรือความงามด้านการแสดงออกหรือความดี สอดคล้องกับ (พัศตราภรณ์ แสงปัญญา, 2553 : 12) กล่าวไว้ว่า “วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการเป็นวิธีที่ให้ผู้เรียน ได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนทดลองด้วยตนเองมากที่สุด โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนเป็นผู้กระทำทดลอง เป็นผู้แก้ปัญหา เป็นผู้ค้นคว้าแลกเปลี่ยนประสบการณ์ซึ่งกันและกัน” จากการศึกษาผลการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพอลิเมอร์และผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีจุดมุ่งหมาย 3 ประการ คือ 1. เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพอลิเมอร์และผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 77.31/79.68 นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทดลองสูงกว่าระดับดี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการ โดยรวมสูงกว่าระดับมาก

จากการศึกษาการสอนตามแบบของ สสวท. พบว่าในรายวิชาเคมีเพิ่มเติม โดยเฉพาะเรื่องพันธะเคมี ยังขาดกิจกรรมที่เน้นทักษะปฏิบัติการทดลองและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีเนื้อหาค่อนข้างมาก กิจกรรมการทดลองมีบางเรื่อง ไม่ครอบคลุมเรื่องยาก บางกิจกรรมสารเคมีไม่ครบและไม่สามารถทดแทนกันได้ อุปกรณ์บางอย่างไม่มี คำถามขาดความน่าสนใจและขั้นตอนในการประเมินไม่ชัดเจน แต่จากการศึกษาแนวทางในการจัดการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ พบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สามารถสร้างกิจกรรมได้อย่างหลากหลายโดยเฉพาะสามารถประยุกต์ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายในห้องถื่น และสามารถสร้างได้ในเนื้อหาที่ค่อนข้างเข้าใจยาก เช่น รูปร่าง โมเลกุล โคเวเลนต์ มุมระหว่างพันธะเคมี ปฏิกริยาเคมีของสารประกอบไอออนิก ปฏิกริยาเคมีของสารประกอบโคเวเลนต์ และคุณสมบัติของพันธะ โลหะ เป็นต้น บทปฏิบัติการจัดทำได้เป็นลำดับขั้นตอน เริ่มตั้งแต่มีวิธีการใช้บอกรายละเอียดพื้นฐานของการทำกิจกรรมในแต่ละเรื่อง มีใบความรู้การทดลองสนุกสนาน น่าสนใจ หาวัสดุอุปกรณ์ได้ง่าย มีแบบฝึกหัด และแบบทดสอบท้ายการทดลอง มีลำดับขั้นตอนชัดเจนกว่าการสอนตามแบบ สสวท. ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จึงสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนที่มีเพศต่างกัน ที่เรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ที่เกี่ยวข้องใช้เป็นข้อเสนอสอนในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนให้สูงขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยรวมและจำแนกตามเพศ
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เพศต่างกัน

สมมติฐานของการศึกษา

1. นักเรียน โดยรวมและจำแนกตามเพศที่เรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน
2. นักเรียนที่มีเพศต่างกัน หลังเรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ แตกต่างกัน

ขอบเขตการศึกษา

1. สร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ประกอบด้วยบทปฏิบัติการ 4 เรื่อง จำนวน 7 บทปฏิบัติการ ดังนี้

1.1 เรื่องที่ 1 พันธะเคมีกับสมบัติของสาร ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือ บทปฏิบัติการ เรื่อง นำไฟฟ้าหรือไม่นำไฟฟ้า บทปฏิบัติการ เรื่อง พันธะเคมีกับสารประกอบในชีวิตประจำวัน

1.2 เรื่องที่ 2 พันธะไอออนิก ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก บทปฏิบัติการ คือ บทปฏิบัติการ เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

1.3 เรื่องที่ 3 พันธะโคเวเลนต์ ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการคือ บทปฏิบัติการ เรื่อง การระเหิดของไอโอดีน บทปฏิบัติการ เรื่อง รูปร่างโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์

1.4 เรื่องที่ 4 พันธะโลหะ ประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการคือ บทปฏิบัติการ เรื่อง โลหะกับสมบัติของพันธะโลหะ

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ที่เรียนในอำเภอคูคต จังหวัดมหาสารคาม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 จำนวน 84 คน จาก 3 ห้องเรียนที่มีการจัดนักเรียนแบบลด ความสามารถในการเรียน

2.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ จังหวัดมหาสารคาม ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) และ 1 ห้องเรียน จำนวน 29 คน โดยสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จาก ห้องเรียนด้วยวิธีจับฉลาก

3. ตัวแปร

3.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

3.1.1 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี

3.1.2 เพศ

3.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่

3.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.2 การคิดวิจารณ์ญาณ

3.2.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองสอน

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ทำการทดลองสอนนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 7 ครั้งๆ ละ 2 ชั่วโมง รวม 14 ชั่วโมง

5. ขอบเขตเนื้อหาที่ใช้สอน

ใช้เนื้อหาวิชาในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง เอกสารที่กำหนดแนวทางการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองของนักเรียน เรื่อง พันธะเคมี 4 เรื่อง จำนวน 7 บทปฏิบัติการ แต่ละบทปฏิบัติการ มีองค์ประกอบดังนี้ ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สาระการเรียนรู้ บทปฏิบัติการ (แนวความคิดหลัก สถานการณ์ปัญหา สารเคมีและอุปกรณ์ วิธีทดลอง บันทึกผลการทดลอง)

แบบบันทึกรายงานผลการทดลอง และคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

2. วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น หมายถึง กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นวิธีการสอนในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ประกอบไปด้วย ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation) ตามลำดับ

3. ดัชนีประสิทธิผล หมายถึง ค่าที่แสดงความก้าวหน้าในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ซึ่งคำนวณจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน คะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียน และคะแนนเต็มของแบบทดสอบ

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจความสามารถในการเรียนวิชา เคมี ว30221 เรื่อง พันธะเคมี ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในบทเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่วัดจากคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดปรนัยแบบเลือกตอบ

5. การคิดวิจารณ์ หมายถึง ความสามารถในการคิดพิจารณาไตร่ตรอง คิครอบคอบกับข้อมูลที่เป็นปัญหา ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยหาหลักฐานที่มีเหตุผลหรือข้อมูลที่เชื่อถือได้มาสนับสนุน ยืนยันประกอบการตัดสินใจตามเรื่องราวหรือสถานการณ์นั้น เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปที่ถูกต้องสมเหตุสมผล โดยวัดจากแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

6. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หมายถึง ทักษะทางสติปัญญาที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ มโนคติและหลักการทางวิทยาศาสตร์ ช่วยให้การลงข้อสรุปแบบอุปนัยมีความเที่ยงตรงถูกต้องเชื่อถือได้ (Gagne, 1965 : 10) ซึ่งต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ประกอบด้วย 5 ทักษะ ได้แก่ (1) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (2) การตั้งสมมติฐาน (3) การกำหนดและควบคุมตัวแปร (4) การทดลอง และ (5) การแปลความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป วัดได้จากแบบวัดทักษะกระบวนการเรียนรู้ขั้นบูรณาการ ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

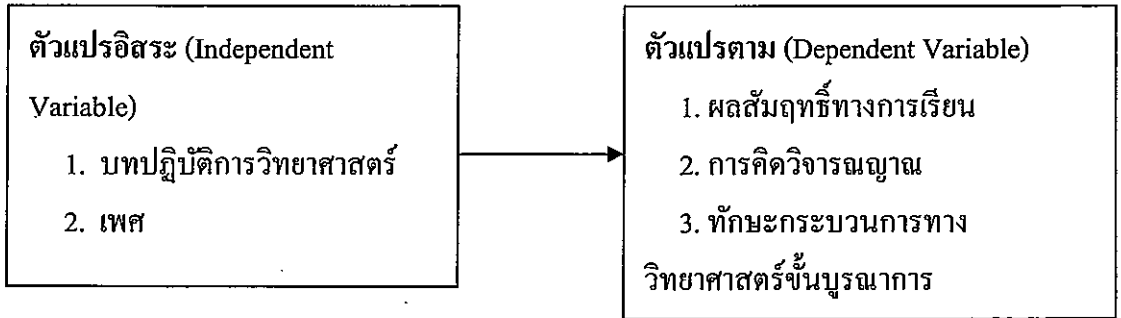
1. สามารถสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างมีประสิทธิภาพที่เหมาะสม

2. มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน

3. นักเรียนที่เพศต่างกัันมีการคิดวิจารณ์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัย ได้ศึกษาและกำหนดกรอบแนวคิดในการพัฒนาบปปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ซึ่งสรุปเป็นขั้นตอนดำเนินการดังแผนภาพที่ 1 ดังนี้



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
 RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอในหัวข้อต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
3. การเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น
4. การหาดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
6. การคิดวิจารณ์
7. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 8.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยง ความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการ ในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญ ไว้ดังนี้ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. 2551 : 1)

สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการดำรงชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดทางพันธุกรรม การทำงานของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และเทคโนโลยีชีวภาพ

ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตที่หลากหลายรอบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับ สิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศ ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ

การใช้และจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ในระดับท้องถิ่น ประเทศ และ โลก ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสภาพแวดล้อมต่างๆ

สารและสมบัติของสาร สมบัติของวัสดุและสาร แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเปลี่ยนแปลงสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร สมการเคมี และการแยกสาร

แรงและการเคลื่อนที่ ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน โมเมนต์การเคลื่อนที่แบบต่างๆ

พลังงาน พลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน สมบัติและปรากฏการณ์ของแสง เสียง และวงจรไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงานการอนุรักษ์พลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก โครงสร้างและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณี สมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ปรากฏการณ์ทางธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ

ดาราศาสตร์และอวกาศ วิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพ ปฏิสัมพันธ์และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และ โลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์

คุณภาพผู้เรียน เมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1. เข้าใจการรักษาคูณภาพของเซลล์และกลไกการรักษาคุณภาพของสิ่งมีชีวิต
2. เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผัน มิวเทชัน วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อมต่างๆ
3. เข้าใจกระบวนการ ความสำคัญและผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
4. เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ การเกิดปฏิกิริยาเคมีและเขียนสมการเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราเกิดปฏิกิริยาเคมี
5. เข้าใจชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่างๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว
6. เข้าใจการเกิดปิโตรเลียม การแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ การนำผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม ไปใช้ประโยชน์และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

7. เข้าใจชนิด สมบัติ ปฏิกริยาที่สำคัญของพอลิเมอร์และสารชีวโมเลกุล
8. เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบต่างๆ สมบัติของคลื่น กล คุณภาพของเสียงและการได้ยิน สมบัติ ประโยชน์และโทษของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์
9. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลกและปรากฏการณ์ทางธรณีที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
10. เข้าใจการเกิดและวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพและความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ
11. เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่างๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม
12. ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้
13. วางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม วิเคราะห์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์หรือสร้างแบบจำลองจากผลหรือความรู้ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ
14. สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบ โดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ
15. อธิบายความรู้และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ
16. แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ และซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้
17. ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ แสดงถึงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ่างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย
18. แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น
19. แสดงถึงความพอใจ และเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหา

20. ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็น โดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบ เกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

1. มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาระดับพื้นฐาน

สาระที่ 3 : สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 : เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิต วิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 : เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-ม.6	1. สืบค้นข้อมูลและอธิบาย โครงสร้างอะตอม และสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ	<ul style="list-style-type: none"> - นักวิทยาศาสตร์ใช้ข้อมูลจากการศึกษา โครงสร้างอะตอม สร้างแบบจำลอง อะตอมแบบต่าง ๆ ที่มีพัฒนาการอย่างต่อเนื่อง - อะตอมประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานสำคัญ 3 ชนิด คือ โปรตอน นิวตรอน และ อิเล็กตรอน จำนวน โปรตอนในนิวเคลียส เรียกว่า เลขอะตอม ผลรวมของจำนวน โปรตอนกับนิวตรอนเรียกว่า เลขมวล ตัวเลขทั้งสองนี้จะปรากฏอยู่ในสัญลักษณ์ นิวเคลียร์ของไอโซโทปต่าง ๆ ของธาตุ

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	2. วิเคราะห์และอธิบายการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม ความสัมพันธ์ระหว่างอิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดกับสมบัติของธาตุและการเกิดปฏิกิริยา	<ul style="list-style-type: none"> - อิเล็กตรอนในอะตอมของธาตุจะจัดเรียงอยู่ในระดับพลังงานต่าง ๆ และในแต่ละระดับพลังงานจะมีจำนวนอิเล็กตรอนเป็นค่าเฉพาะ - อิเล็กตรอนในระดับพลังงานนอกสุดจะแสดงสมบัติบางประการของธาตุ เช่น ความเป็นโลหะ อโลหะ และเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาของธาตุนั้น
	3. อธิบายการจัดเรียงธาตุและทำนายแนวโน้มสมบัติของธาตุในตารางธาตุ	<ul style="list-style-type: none"> - ตารางธาตุปัจจุบันจัดเรียงธาตุตามเลขอะตอมและอาศัยสมบัติที่คล้ายกัน ทำให้สามารถทำนายแนวโน้มสมบัติของธาตุในตารางธาตุได้ - แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนหรืออะตอมของธาตุให้อยู่รวมกันเป็นโครงผลึกหรือโมเลกุลเรียกว่าพันธะเคมี
	4. วิเคราะห์และอธิบายการเกิดพันธะเคมีใน โครงผลึก และในโมเลกุลของสาร	<ul style="list-style-type: none"> - พันธะเคมีแบ่งออกเป็น พันธะไอออนิก พันธะโควาเลนต์ และพันธะโลหะ
	5. สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือด จุดหลอมเหลว และสถานะ	<ul style="list-style-type: none"> - จุดเดือดจุดหลอมเหลวและสถานะของสาร มีความเกี่ยวข้องกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารนั้น สารที่อนุภาคยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงยึดเหนี่ยว
	6. ของสารกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสาร	หรือพันธะเคมีที่แข็งแรงจะมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง สารในสถานะของแข็ง อนุภาคยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงที่แข็งแรงกว่าสารในสถานะของเหลวและแก๊สตามลำดับ

มาตรฐาน ว 3.2 : เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสาร สิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.4-ม.6	1. ทดลอง อธิบายและเขียน สมการของปฏิกิริยาเคมี ทัวไปที่พบในชีวิตประจำวัน รวมทั้งอธิบายผลของสารเคมี ที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและ สิ่งแวดล้อม	<ul style="list-style-type: none"> - ในชีวิตประจำวันจะพบเห็นปฏิกิริยาเคมีจำนวนมาก ทั้งที่เกิดในธรรมชาติและมนุษย์เป็นผู้กระทำ - ปฏิกิริยาเคมีเขียนแทน ได้ด้วยสมการเคมี - มนุษย์นำสารเคมีมาใช้ประโยชน์ทั้งในบ้าน ในทางการเกษตรและอุตสาหกรรม แต่สารเคมี บางชนิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
	2. ทดลองและอธิบายอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มี ผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และนำความรู้ไปใช้ ประโยชน์	<ul style="list-style-type: none"> - ปริมาณของสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนแปลง ไปต่อหน่วยเวลาเรียกว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และปริมาณของสารที่เปลี่ยนแปลงไปนั้น อาจวัด จากค่าความเข้มข้น ปริมาตร หรือมวลของสาร ซึ่ง ขึ้นอยู่กับลักษณะของสาร - ความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี การ ควบคุมปัจจัยเหล่านี้เพื่อทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นใน อัตราที่เหมาะสม สามารถนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้
	3. สืบค้นข้อมูลและอธิบาย การเกิดปิโตรเลียม กระบวนการแยกแก๊ส ธรรมชาติ และการกลั่น ลำดับส่วนน้ำมันดิบ	<ul style="list-style-type: none"> - การสลายตัวของซากพืชและซากสัตว์ ที่ทับถมอยู่ใต้ทะเลอย่างต่อเนื่องภายใต้อุณหภูมิ และความดันสูงนานนับล้านปี จะเกิดเป็นปิโตรเลียม โดยมีได้ทั้งสถานะของแข็ง ของเหลวหรือแก๊ส ซึ่งมีสารประกอบ ไฮโดรคาร์บอนหลายชนิดรวมกันและอาจมี สารประกอบอื่น ๆ ปะปนอยู่ด้วยการนำแก๊ส ธรรมชาติมาใช้ประโยชน์จะต้องผ่านกระบวนการ แยกแก๊ส ส่วนของเหลวหรือน้ำมันดิบจะแยกโดย การกลั่นลำดับส่วน

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	4. สืบค้นข้อมูลและอภิปราย การนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ ไปใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลของผลิตภัณฑ์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	<ul style="list-style-type: none"> - มีเทน อีเทน โพรเพนและบิวเทน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกแก๊สธรรมชาติและกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงและสารตั้งต้น ส่วนผลิตภัณฑ์อื่นๆ ซึ่งมีจำนวนอะตอมคาร์บอนเพิ่มขึ้น นำไปใช้ประโยชน์แตกต่างกัน - การสัมผัสตัวทำละลายและไฮโดรคาร์บอนบางชนิดในรูปของไอและของที่ใช้แล้ว อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ รวมถึงการกำจัดอย่างไม่ถูกวิธีก็จะมีผลต่อสิ่งแวดล้อมด้วย
	5. ทดลองและอธิบายการเกิดพอลิเมอร์ สมบัติของพอลิเมอร์	<ul style="list-style-type: none"> - พอลิเมอร์เป็นสารประกอบที่โมเลกุลมีขนาดใหญ่เกิดจากมอนอเมอร์จำนวนมากเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ มีทั้งที่เกิดในธรรมชาติและสังเคราะห์ขึ้น - ปฏิกริยาที่มอนอเมอร์รวมกันเป็น พอลิเมอร์ เรียกว่า ปฏิกริยาพอลิเมอไรเซชัน ซึ่งอาจเป็นแบบควบแน่น หรือแบบเติม - พอลิเมอร์มีหลายชนิด แต่ละชนิดอาจมีสมบัติบางประการเหมือนกันและบางประการแตกต่างกัน
ม.4-ม.6	6. อภิปรายการนำพอลิเมอร์ไปใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลที่เกิดจากการผลิตและใช้พอลิเมอร์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	<ul style="list-style-type: none"> - พอลิเมอร์นำไปใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน ตามสมบัติของพอลิเมอร์ชนิดนั้นๆ เช่น ใช้พลาสติกทำภาชนะ ใช้เส้นใยสังเคราะห์ทำเครื่องนุ่งห่ม - พอลิเมอร์สังเคราะห์ที่นำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน บางชนิดสลายตัวยาก การใช้อย่างฟุ่มเฟือยและไม่ระมัดระวังอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้
	7. ทดลองและอธิบายองค์ประกอบ ประโยชน์และปฏิกิริยา บางชนิดของคาร์โบไฮเดรต	<ul style="list-style-type: none"> - คาร์โบไฮเดรตจัดเป็นแหล่งพลังงานของสิ่งมีชีวิตพบได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน เช่น น้ำตาล แป้ง เซลลูโลสและไกลโคเจน โดยมีน้ำตาลเป็นหน่วยย่อยสำคัญ ซึ่งประกอบด้วยธาตุ C H และ O

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		ตรวจสอบชนิดของน้ำตาลทำได้โดยใช้สารละลายเบเนดิกต์
	8. ทดลองและอธิบายองค์ประกอบ ประโยชน์ และปฏิกิริยา บางชนิดของไขมันและน้ำมัน	<ul style="list-style-type: none"> - ไขมันและน้ำมันเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ เกิดจากการรวมตัวของกรดไขมันกับกลีเซอรอล กรดไขมันมีทั้งชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยใช้สารละลายไอโอดีน - ไขมันและน้ำมันนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งการบริโภคและใช้ในอุตสาหกรรม การบริโภคไขมันที่ขาดความระมัดระวังจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้
	9. ทดลองและอธิบายองค์ประกอบ ประโยชน์ และปฏิกิริยา บางชนิดของโปรตีน และกรดนิวคลีอิก	<ul style="list-style-type: none"> - โปรตีนเป็นสารที่ช่วยในการเจริญเติบโต เสริมสร้างและซ่อมแซมเนื้อเยื่อ หน่วยย่อยของโปรตีนคือกรดอะมิโนซึ่งมีทั้งกรดอะมิโนจำเป็นและไม่จำเป็น มีธาตุองค์ประกอบ - คัญคือ C H O N การทดสอบโปรตีนในอาหารใช้สารละลาย CuSO_4 กับ NaOH

จากเอกสารดังกล่าวข้างต้นเป็นแนวทางที่ให้ผู้ศึกษาได้ศึกษา วิเคราะห์เนื้อหาเกี่ยวกับเรื่อง พันธะเคมี ในสาระย่อยที่ 3.1 ข้อ 4 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับ โครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคตามมาตรฐานการเรียนรู้ขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เพื่อนำมา พัฒนาเป็นบทปฏิบัติการ เรื่อง พันธะเคมี

การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คำว่า “บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์” ตามความหมายในพจนานุกรมไทยฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2542 ยังไม่ได้บัญญัติคำนี้ไว้ แต่ได้ให้ความหมายของคำว่า “ปฏิบัติการ” ซึ่งหมายถึงการทดลอง พิสูจน์ข้อเท็จจริงตามทฤษฎี นอกจากนี้ยังมีนักการศึกษาหลาย

ท่านได้ให้ความหมายในลักษณะที่เป็นการสอนวิธีหนึ่งที่ใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ดังนี้

วิล สาราณวนิช (2532 : 79-80) ได้ให้ความหมายการสอนแบบปฏิบัติการหรือ การทดลอง (Laboratory Method) ว่าการทดลองหมายถึง การที่นักเรียนได้ทำงาน ได้ปฏิบัติ และ เรียนรู้จากการทดลองด้วยตนเองภายใต้การแนะนำของครูซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้ นักเรียน เข้าใจ มีโอกาสปฏิบัติงานร่วมกันขณะปฏิบัติการทดลอง ได้สัมผัสและรู้จักวิธีใช้อุปกรณ์ทาง วิทยาศาสตร์ รู้จักรับผิดชอบงานร่วมกัน

บุญชม ศรีสะอาด (2541 : 68) ได้ให้ความหมายการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (Laboratory) คือ การสอนที่ให้ผู้เรียนกระทำกิจกรรมการเรียนรู้ภายใต้การแนะนำช่วยเหลืออย่าง ใกล้ชิด โดยทำการทดลองปฏิบัติการฝึกการใช้ทฤษฎีโดยผ่านการทดลอง

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542 : 167-168) ได้ให้ความหมายการสอนแบบทดลอง (Experimental Method) ว่าเป็นการสอนเพื่อจัดประสบการณ์ในการทดลองและการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้กับ นักเรียนให้มีความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อเท็จจริง กฎ หลักการหรือทฤษฎีได้ถูกต้อง เป็นการทดลองเพื่อทดสอบหรือยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้วและเป็นการปฏิบัติการเพื่อเสาะ แสวงหาความรู้ใหม่ เป็นการเน้น การหาแนวทางในการแก้ปัญหาหรือค้นหาคำตอบได้ด้วยตนเอง โดยใช้การทดลองเป็นศูนย์กลางในการเรียนการสอน

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2543 : 87-88) ได้ให้ความหมาย วิธีสอนแบบทดลอง (Experimental Approach) ว่าวิธีสอนแบบทดลองเป็นเทคนิควิธีสอนแบบหนึ่งของวิธีสอนแบบสืบเสาะแสวงหา ความรู้ด้วยตนเองเป็นการพิสูจน์หรือหาคำตอบที่นักเรียนสงสัย หรือคาดคะเน หรือตั้งสมมติฐาน แล้ววางแผนการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

จากการศึกษาและประมวลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งงานวิจัยภายในประเทศและงานวิจัย ต่างประเทศที่ศึกษาเกี่ยวกับบทยปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า บทยปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ชุดการทดลองหรือชุดปฏิบัติการที่มุ่งเน้นให้นักเรียน ได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำการทดลอง ด้วยตนเอง เป็นผู้วางแผนการทดลอง เตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ ดำเนินการทดลอง การสังเกต บันทึก ผลการทดลอง วิเคราะห์ผล แปลผลและสรุปผลด้วยตนเองช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหา วิทยาศาสตร์ เพื่อทดสอบหรือยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้วและแสวงหาความรู้ใหม่ภายใต้คำแนะนำ ช่วยเหลืออย่างใกล้ชิดของครูผู้สอน การเรียนการสอนโดยใช้บทยปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มุ่งศึกษาผล การทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อจะนำผลการทดลองที่ได้ไปพัฒนาเป็นบทยปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สำหรับใช้ในการเรียนการสอนให้กับนักเรียนให้เกิดทักษะปฏิบัติการที่นักเรียนได้ปฏิบัติจริง มีการ

วางแผนการทดลอง จัดเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง บันทึกผลการทดลองตลอดจนสรุปผลการทดลองอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้จนเกิดการสร้างสรรค์ความรู้ด้วยตนเอง

2. จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542 : 170-171 ; บุญชม ศรีสะอาด. 2541 : 69 ; สุเทพ อุสาหะ 2526 : 68 ; วิมล สำราญวานิช. 2532 : 85-86 และ สุภาพ วาดเขียน. 2523 : 10) สรุปการสอนแบบปฏิบัติการ ดังนี้

1. นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง และมีโอกาสฝึกทักษะในการทดลองและใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา
2. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอน และได้เรียนโดยผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรงและอาจศึกษากิจกรรม วิธีปฏิบัติจากสิ่งที่สามารถเรียนด้วยตนเองได้
3. เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง เนื่องจากนักเรียนเป็นผู้ออกแบบการทดลอง ทำการทดลอง โดยได้สืบเสาะหาความรู้ วิเคราะห์หาเหตุผล ทดสอบสมมติฐาน สรุปผล และวัดผลการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง
4. นักเรียนเพิ่มพูนความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและมีทักษะมากขึ้น
5. นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน
6. การจัดการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการอาจดำเนินการโดยผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มเล็กๆได้ เป็นการฝึกการทำงานร่วมกันแบบประชาธิปไตย
7. เป็นการเตรียมนักเรียนแต่ละคนให้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นในการแก้ปัญหา รวมทั้งเป็นการฝึกการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ
8. ทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

Hofstein และ Lunetta (สันติ พันธุ์ชัย. 2553 : 34-35 ; อ้างถึงใน Hofstein & Lunetta. 1982 : 203) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจความคิดแบบวิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจในกิจกรรมของมนุษย์ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
2. เพื่อปลูกฝังให้เกิดความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็น ทักษะการสืบสอบ ความพึงพอใจเจตคติ ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาอื่นๆ ได้
3. เพื่อช่วยพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เกิดความรู้สึกรักวิชาซึ่ง และเลียนแบบบทบาทของนักวิทยาศาสตร์

4. เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติของทฤษฎีและแบบจำลองรวมทั้งเข้าใจต่อความมีระเบียบของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

5. เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์และความสามารถทางสติปัญญา

6. เพื่อพัฒนาความสามารถทางการปฏิบัติการ

สรุปได้ว่า การสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หรือการสอนแบบทดลองเป็นการสร้างองค์ความรู้จากสิ่งที่เป็นรูปธรรม ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อนักเรียนซึ่งได้รับประสบการณ์ตรง มีโอกาสฝึกทักษะ รู้จักการแก้ปัญหาในการทำงานร่วมกัน นักเรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง โดยการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี 4 เรื่อง 7 บทปฏิบัติการซึ่งประกอบด้วยบททดลองที่เน้นการเรียนรู้ตามวัฏจักร 5 ขั้น นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง รู้จักเชื่อมโยงความรู้ที่ได้ศึกษาจากการทำการทดลองกับการศึกษาค้นคว้าในเรื่องใหม่ๆ ฝึกนักเรียนคิดขั้นสูงโดยใช้คำถาม ฝึกทักษะปฏิบัติการทดลอง เกิดความรู้เกี่ยวกับ กฎ หลักการและทฤษฎีต่างๆ

3. รูปแบบการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

วิมล สำราญวานิช (2532 : 80-81) ได้กำหนดรูปแบบการจัดกิจกรรมการทดลองในห้องปฏิบัติการเป็น 2 แบบดังนี้

1. การทดลองแบบสำเร็จรูป (Structured Laboratory) เป็นการทดลองที่ครูกำหนดปัญหาไว้ก่อนบอกวิธีการแก้ปัญหาและอื่นๆ ไว้เสร็จ นักเรียนเพียงแต่ทำตามคำสั่งชี้แจงในคู่มือการทดลอง (Lab Direction) ก็สามารถได้คำตอบซึ่งเป็นรูปแบบที่เก่าแก่เป็นการปฏิบัติการทดลองเพื่อพิสูจน์หลักการในบทเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว

2. การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured Laboratory Works) เป็นการทดลองที่ให้นักเรียนค้นหาคำตอบเอง โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหาให้นักเรียนทั้งชั้นร่วมกันอภิปรายวางแผนและกำหนดวิธีการแก้ปัญหาเมื่อได้แนวทางแล้วจึงนักเรียนแยกทำการทดลองแล้วนำผลที่ได้มาอธิบายหน้าชั้นอีกครั้งซึ่งถือเป็นการทดลองในแบบที่ส่งเสริมสมรรถภาพทางความคิดของนักเรียน เป็นรูปแบบที่อยู่บนพื้นฐานของการสืบเสาะ (Inquiry Model) เน้นให้นักเรียนได้ค้นและสืบสอบในหลักการที่วิเคราะห์วิจารณ์ในห้องเรียน นักเรียนมีการวางแผนการทดลองซึ่งประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐานและสร้างแบบการทดลองตามลำดับแล้วจึงลงมือทดลองตามแบบที่กำหนดไว้ ซึ่งครูควรฝึกนักเรียน โดยเริ่มจากการทดลองแบบสำเร็จรูปก่อนแล้วค่อยๆ ลดการกำหนดแนวทางของครูจนนักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2543 : 87-88) ได้กำหนดชนิดของวิธีสอนแบบทดลองแบ่งได้ 3 ชนิดคือ

1. วิธีสอนแบบทดลองตามบทปฏิบัติการหรือตามแบบฝึก (Laboratory Approach or Cookbook Experiment) โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนปฏิบัติตามใบงานการทดลอง (Lab Sheet) ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้เรียบร้อยโดยมุ่งหวังให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในข้อเท็จจริงหรือมโนคติและเน้นการตรวจสอบหลักการ กฎ และทฤษฎี

2. วิธีสอนแบบทดลองโดยมีการชี้แนะ (Guided Experiment) มุ่งเน้นให้นักเรียนได้คิดออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยตนเอง โดยมีครูคอยตั้งคำถามชี้แนะแนวทาง

3. วิธีสอนแบบทดลองที่แท้จริง (Pure Experiment) มุ่งเน้นให้นักเรียนมีวิธีการในการคิด ทั้งด้านการเลือก กำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง ปฏิบัติการทดลองและสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 219 - 220) สรุปถึงวิธีการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ซึ่งการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการสอนแบบทดลอง ซึ่งเป็นการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้วิธีหนึ่ง โดยอาศัยกิจกรรมการเรียนการสอน ดังต่อไปนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน หรือเรื่องที่มีซึ่งเกิดขึ้นจากความสงสัย ความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจมาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่ได้เรียนมาเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือกระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อนักเรียนยอมรับคำถามหรือประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจ ตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะหรือปรากฏการณ์ต่างๆ มีวิธีการตรวจสอบซึ่งวิธี การตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสร้างสถานการณ์จำลอง(Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลเพียงพอจากการสำรวจ ตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อเสนอแนะที่ได้ มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือวาดรูป สร้างตาราง การค้นพบ

ในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างองค์ความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม นำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้ อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ จากขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยทฤษฎีการวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า ขั้นตอนการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น มีดังนี้ เริ่มจากขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) โดยใช้สถานการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ และสงสัยอยากทดลอง ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation) รูปแบบการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างกัน แต่ก็มีความสัมพันธ์กันซึ่งส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งในด้านความรู้ การคิดวิเคราะห์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ดังนั้นควรควรฝึกนักเรียนโดยเริ่มจากการกระตุ้นความคิดทำให้นักเรียนอยากรู้หรืออยากทดลอง ให้นักเรียนฝึกการวางแผนการทำงานร่วมกันเป็นทีม วางแผนการทดลอง ลงมือทำ และสามารถแก้ปัญหา สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้

4. หน้าที่และบทบาทของครูในการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ประวิตร ชูศิลป์ (2524 : 5-6) และ (วิมล สาราญวานิช. 2532 : 83-84) ได้กล่าวถึงหน้าที่และบทบาทของครูในการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ซึ่งครูมีหน้าที่และบทบาทสำคัญที่จะช่วยเหลือแนะแนวทางให้นักเรียนพบความสำเร็จในการทดลอง โดยแบ่งเป็น 3 ตอนดังนี้

1. หน้าที่ก่อนทดลองหรือการอธิบายก่อนทดลอง (Pre-Lab Discussion) โดยครูต้องเตรียมคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้หรืออยากเห็นเป็นการแนะแนวทางเพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะหาคำตอบต่อไป หน้าที่โดยตรงของครูได้แก่ การกำหนดจุดหมายให้ชัดเจน ทดลองด้วยตนเองก่อน วางแผนและกำหนดวิธีแก้ปัญหา เตรียมความพร้อมในเรื่องอุปกรณ์ แบ่งกลุ่ม นักเรียนตามความเหมาะสม ถ้าเป็นการทดลองแบบสำเร็จรูปครูต้องจัดทำคู่มือการทดลอง ให้พร้อม รวมทั้งวางแผนเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูล

2. หน้าที่ระหว่างนักเรียนทำการทดลองหรือการให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง (Experiment Period) ครูต้องคอยดูแลให้คำแนะนำต่างๆ อย่างใกล้ชิด คอยเตือนเรื่องความปลอดภัย กำหนดเวลาให้พอเหมาะสำหรับการทดลองแต่ละเรื่อง ควบคุมดูแลให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมในการทดลอง หรือการทำงานเป็นกลุ่มรวมทั้งกระตุ้นให้นักเรียนสังเกต และบันทึกผลการทดลอง

3. หน้าที่หลังการทดลองหรือการอภิปรายผลการทดลอง (Post-Lab Discussion) ครูต้องเตรียมคำถามต่างๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลหรือผลการทดลองที่รวบรวมได้ สรุปเป็น กฎเกณฑ์ ทฤษฎี หรือหลักการต่าง ๆ รวมทั้งอภิปรายถึงข้อผิดพลาดของการทดลองที่อาจเป็นไปได้ ในส่วนของนักเรียนก็ให้ แต่ละกลุ่มเขียนรายงานเสนอผลการทดลอง อภิปรายผล และสรุปประเด็นสำคัญ เสนอแนะให้นักเรียน ไปศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้อื่นๆ

สรุปได้ว่า หน้าที่และบทบาทของครูในการสอนปฏิบัติการ จะต้องทำหน้าที่ดูแลให้คำแนะนำนักเรียนตั้งแต่ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง ตลอดจนการอภิปรายผลการทดลองเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น มีความระมัดระวังในเรื่องความปลอดภัย ดูแลให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการ รวมทั้งสรุปความรู้ที่ได้จากการทดลองเป็นกฎ ทฤษฎี หรือ หลักการต่างๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้และนำความรู้เหล่านั้น ไปใช้ ตลอดจนค้นคว้าเพิ่มเติมในเรื่องเหล่านั้นจากแหล่งเรียนรู้อื่นๆ ได้ด้วยตนเอง

5. ประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการ

จากการศึกษาเอกสารด้านวิชาการของ (ภพ เลาห์ไพบูลย์. 2542 : 170-171 ; บุญชม ศรีสะอาด. 2541 : 69 ; วิมล ตำราญวานิช. 2532 : 85-86 ; และ สุภาพ วาดเขียน. 2523 : 10) สรุปประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการ ดังนี้

1. นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง และมีโอกาสฝึกทักษะในการทดลองและใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา
2. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอน และได้เรียนโดยผ่านประสาทสัมผัสหลายด้าน โดยตรงและอาจศึกษากิจกรรม วิธีปฏิบัติจากสิ่งที่สามารถเรียนด้วยตนเองได้
3. เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียน ได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง เนื่องจากนักเรียนเป็นผู้ออกแบบการทดลอง ทำการทดลอง โดยได้สืบเสาะหาความรู้ วิเคราะห์หาเหตุผล ทดสอบสมมติฐาน สรุปผล และวัดผลการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง
4. นักเรียนเพิ่มพูนความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและมีทักษะมากขึ้น
5. นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน

6. การจัดการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการอาจดำเนินการ โดยผู้เรียนเป็นรายบุคคล หรือเป็นกลุ่มเล็กๆ ได้ เป็นการฝึกการทำงานร่วมกันแบบประชาธิปไตย

7. เป็นการเตรียมนักเรียนแต่ละคนให้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นในการแก้ปัญหา รวมทั้งเป็นการฝึกการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ

8. ทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หรือการสอนแบบทดลองเป็นการสร้างองค์ความรู้จากสิ่งที่เป็นรูปธรรม ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อนักเรียนซึ่งได้รับประสบการณ์ตรง มีโอกาสฝึกทักษะ รู้จักการแก้ปัญหามีการทำงานร่วมกัน นักเรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี 4 เรื่อง 7 บทปฏิบัติการซึ่งประกอบด้วยการทดลองที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง รู้จักเชื่อมโยงความรู้ที่ได้ศึกษาจากการทำการทดลองกับการศึกษาค้นคว้าในเรื่องใหม่ๆ เป็นการฝึกทักษะปฏิบัติการทดลอง เกิดความรู้เกี่ยวกับ กฎ หลักการและทฤษฎีต่างๆ ตลอดจนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น

1. ความหมายของการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น

Lawson. (1995 : 424) กล่าวว่า วัฏจักรการเรียนรู้เป็นรูปแบบที่นักวิทยาศาสตร์ สร้างขึ้น เพื่อนำมาใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ที่ต้องอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาความรู้ ด้วยตนเองมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

กรมวิชาการ (2544 : 80) ได้ให้ความหมายไว้ว่า หมายถึง การนำความรู้ หรือแบบจำลอง ไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่นๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัดซึ่งจะก่อให้เกิดประเด็นหรือคำถามหรือปัญหาที่ จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ

จากความหมายข้างต้นสรุปว่า วัฏจักรการเรียนรู้ หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในการค้นหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาความรู้ด้วยตนเอง

2. ความเป็นมาและแนวคิดที่สำคัญ

วัฏจักรการเรียนรู้ เป็นวิธีการในการจัดการเรียนรู้ที่ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง มี 3 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นสำรวจ (Concept Exploration)
2. ขั้นสร้างมโนทัศน์ (Concept)
3. ขั้นนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept Application)

ต่อมาวัฏจักรการเรียนรู้ ได้ถูกพัฒนาโดย (Karplus and Their. 1967) ในโครงการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Science Curriculum Improvement study Program หรือ SCIS) ได้แบ่งขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ ออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. ขั้นการสำรวจ (Exploration)
2. ขั้นสร้าง (Invention)
3. ขั้นการค้นพบ (Discovery)

Barman และ Kotar. (1989) ได้ปรับเปลี่ยนขั้นสร้างและขั้นค้นพบเป็นขั้นสำรวจ ขั้นแนะนำมโนทัศน์และขั้นประยุกต์มโนทัศน์ ต่อมานักวิทยาศาสตร์ได้ปรับปรุงขั้นตอนต่างๆ อีก (Carin. 1993 : 98-99) ได้ปรับเป็นขั้นสร้างมโนทัศน์ (Abruscato. 1996 : 169) ได้ปรับเปลี่ยนเป็นขั้นได้มาซึ่งมโนทัศน์ ซึ่งก็ยังคงมีความหมายใกล้เคียงกัน แต่ละขั้นตอนมีสาระสำคัญดังนี้ (สุวัฒน์ นิยมคำ. 2531 : 514-523)

1. ขั้นสำรวจ เป็นขั้นที่นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมโดยการวิเคราะห์ สำรวจ ทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล โดยการปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง
2. ขั้นสร้างมโนทัศน์ เป็นขั้นที่ ครูเป็นผู้ กระตุ้นและชี้แนะให้นักเรียนคิดเชื่อมโยงสิ่งที่ได้ จากขั้นสำรวจ ให้นักเรียนจัดเรียงเรียงความคิดใหม่ในการค้นพบ
3. ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ เป็นขั้นที่ ครูกระตุ้นให้นักเรียนนำข้อที่ค้นพบมาประยุกต์ ใช้ในสถานการณ์ใหม่

ต่อมา ในปี ค.ศ.1990 Barman ได้พัฒนาปรับปรุงวัฏจักรการเรียนรู้ ออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสำรวจ ขั้นแนะนำมโนทัศน์ ขั้นประยุกต์ ใช้มโนทัศน์ และขั้นประเมินผลและอธิบาย ต่อมาได้ดัดแปลงชื่อเป็นขั้น 4E ได้แก่ ขั้นสำรวจ ขั้นอธิบาย ขั้นขยายมโนทัศน์ และขั้นประเมินผล ต่อมา ในปีค.ศ.1990 กลุ่มนักการศึกษาในโครงการ Biological Science Curriculum Study หรือ BSCS ได้ปรับวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 5 ขั้นตอน หรือเรียกว่า 5E (เน้นทฤษฎี บุญเคลือบ. 2540 : 13-14) ได้แก่

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจจากตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้ออกมาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม

กำหนดประเด็นที่จะศึกษาในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือเป็นผู้ กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อนแต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ ประสบการณ์เดิมหรือความรู้ จากแหล่งต่างๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจของเรื่องหรือประเด็นจะศึกษามากขึ้นและมีแนวทางที่จะใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. ขั้นสำรวจ (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอหรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูลข้อเสนอกจากการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือรูปวาด สร้างตาราง การค้นพบในขั้นนี้ อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่ได้เกี่ยวข้อง ข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้จากการค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยเชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้ความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใดจากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ในเรื่องอื่นๆ

การหาดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของดัชนีประสิทธิผล

กรมวิชาการ (2545 : 58) กล่าวถึงการหาค่าดัชนีประสิทธิผลของสื่อหรือนวัตกรรม

การเรียนรู้โดยการวิเคราะห์คะแนน ได้จากการทดสอบก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน โดยใช้สูตร

$$E.I. = \frac{P_2 - P_1}{\text{Total} - p_1}$$

สำหรับเกณฑ์ที่ยอมรับได้ว่าสื่อหรือนวัตกรรมที่มีประสิทธิผลช่วยให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้ได้จริง คือ ตั้งแต่ .05 ขึ้นไป

เผชิญ กิจระการ และ สมนึก ภัททิยชนี (2545 : 30-31) ได้กล่าวถึง ดัชนีประสิทธิผลว่าดัชนีประสิทธิผล คือ ค่าความแตกต่างของคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและคะแนนทดสอบหลังเรียน หรือเป็นการทดสอบความแตกต่างเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดัชนีประสิทธิผลคำนวณได้จากการหาค่าความแตกต่างของการทดสอบก่อนการทดลองและการทดสอบหลังทดลองด้วยคะแนนพื้นฐาน (คะแนนทดสอบก่อนเรียน) และคะแนนที่สามารถทำได้สูงสุด ดัชนีประสิทธิผล จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงขอบเขตประสิทธิภาพสูงสุดของสื่อหรือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียน โดยอาศัยการหาค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index ; E.I.) มีสูตรดังนี้ (เผชิญ กิจระการ และสมนึก ภัททิยชนี. 2545 : 31-35)

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนทดสอบหลังเรียน} - \text{ผลรวมของคะแนนทดสอบก่อนเรียน}}{(\text{จำนวนผู้เรียน})(\text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนทดสอบก่อนเรียน}}$$

หรือ

$$E.I. = \frac{P_2 - P_1}{\text{Total} - p_1}$$

เมื่อ P_1 แทน ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน

P_2 แทน ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน

Total แทน ผลคูณของจำนวนนักเรียนกับคะแนนเต็ม

สรุปได้ว่า ดัชนีประสิทธิผล หมายถึง ค่าคะแนนที่แสดงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเปรียบเทียบกับผลต่างของคะแนนทดสอบหลังเรียนและก่อนเรียน กับผลต่างระหว่างคะแนนเต็มคูณกับจำนวนนักเรียนและคะแนนทดสอบก่อนเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เยาเวตี วิบูลย์ศรี (2545 : 28) ให้แนวคิดที่ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้เชิงวิชาการ มักใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเน้นการวัดความรู้ความสามารถจากการเรียนรู้ในอดีตหรือในสภาพปัจจุบันของแต่ละบุคคล

Ross และ Stanley (เยาเวตี วิบูลย์ศรี. 2545 : 16 ; อ้างถึงใน Ross and Stanley. 1967) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถทางวิชาการ เช่น แบบทดสอบวิชาเลขคณิต แบบทดสอบคณิตฯ เป็นต้น

Gronlund (พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2544 : 98 ; อ้างถึงใน Gronlund. 1993) ให้ความหมายว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นกระบวนการเชิงระบบเพื่อการวัดพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ที่คาดว่าเกิดขึ้นจากกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีหน้าที่หลักสำหรับการปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2544 : 23) กล่าวไว้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความสามารถทางวิชาการที่ผู้เรียน ได้เรียนรู้มาแล้วว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดเพียงใด

ศิริชัย กาญจนวาสี (2544 : 124) กล่าวไว้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เรียนตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ เพื่อให้ทราบว่าผู้เรียน ได้พัฒนาความรู้ความสามารถถึงมาตรฐานที่ผู้สอนกำหนดไว้หรือไม่ หรือมีความรู้ความสามารถในระดับใด หรือมีความรู้ความสามารถเพียงใดเมื่อเทียบกับเพื่อนๆ ที่เรียนด้วยกัน

จากข้อความที่กล่าวมาแล้วพอสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ความสามารถหรือคุณลักษณะและประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดความเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพทางสมอง สามารถวัดได้โดยใช้แบบทดสอบให้นักเรียนตอบคำถามด้วยกระดาษและดินสอ

2. การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

มยุรี บุญปิ่น. (2555 : 49 ; อ้างถึงใน ประวิตร ชูศิลป์. 2524 : 21-31) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ 4 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความรู้ ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้อยู่มาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี

2. ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังอีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3. การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือที่ต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น ด้านการสังเกต การจำแนกประเภท การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป เป็นต้น

ลูริยัน แสงแก้ว (2535 : 23-25) กล่าวถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ 5 ประการ ดังนี้

1. เพื่อระดับพัฒนาการเรียนของผู้เรียน
2. เพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการแนะแนวนักเรียน
3. เพื่อประโยชน์ในด้านการวางแผนสร้างหลักสูตรต่อไป
4. เพื่อใช้ในการสอบคัดเลือกและเลื่อนชั้น
5. เพื่อใช้เปรียบเทียบความสามารถในการสอบของครูในโรงเรียนเดียวกัน หรือเปรียบเทียบระหว่างโรงเรียนในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อวัดความรู้เนื้อหา ผู้ประเมินต้องมีการวางแผนมีการดำเนินการสร้างที่เป็นระบบ มีความรู้ในด้านเนื้อหา เขียนข้อคำถามที่ตรงประเด็น ตลอดจนสามารถตรวจสอบคุณภาพของข้อคำถามแต่ละข้อได้ ดังที่ (อุทุมพร จามรรณ 2532 : 27) ได้กล่าวถึงการสร้างข้อสอบที่เป็นระบบนั้นมีขั้นตอน ดังนี้

- 5.1 การระบุนจุดมุ่งหมายในการทดสอบ
- 5.2 การระบุเนื้อหาที่ชัดเจน
- 5.3 การทำตารางเนื้อหาจับคู่จุดมุ่งหมายในการทดสอบ
- 5.4 การกำหนดน้ำหนัก
- 5.5 การกำหนดเวลาสอบ
- 5.6 การกำหนดจำนวนข้อหรือคะแนน
- 5.7 การเขียนข้อสอบ
- 5.8 การตรวจสอบข้อสอบที่เขียนขึ้น
- 5.9 การทดลองแก้ไขปรับปรุง

Kapfer (ภพ เลหาไพบูลย์. 2542 : 295-304 ; อ้างถึงใน Kapfer. 1990) ได้กล่าวถึง

การประเมินการเรียนรู้ด้านสติปัญญา หรือความรู้ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์เป็น 4 พฤติกรรม ดังนี้

1. ด้านความรู้ ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกสิ่งที่เคยเรียนมาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์ การจัดประเภท และการบรรยายลักษณะที่เคยเรียนมาแล้วตัวอย่างตรงไปตรงมา พฤติกรรมด้านความรู้ ความจำ แบ่งเป็น 9 ประเภท คือ

- 1.1 ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง
- 1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์ และนิยามทางวิทยาศาสตร์
- 1.3 ความรู้เกี่ยวกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์
- 1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง
- 1.5 ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและการลำดับชั้น
- 1.6 ความรู้เกี่ยวกับการแยกประเภท การจัดประเภทและเกณฑ์
- 1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิค และวิธีการดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์
- 1.8 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์
- 1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและแนวคิดที่สำคัญ

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความ สร้างข้อสรุปขยายความได้ นักเรียนที่มีความสามารถในด้านนี้จะแสดงออกโดยสามารถเปรียบเทียบ แสดงความสัมพันธ์ อธิบาย ชี้แจง จำแนก จัดเข้าเป็นหมวดหมู่ ยกตัวอย่าง ให้เหตุผล จับใจความ เขียนภาพประกอบ ตัดสิน การเลือกแสดงความคิดเห็น จัดเรียงลำดับ อ่านกราฟ แผนภูมิและแผนภาพได้หมายเหตุ พฤติกรรมด้านความเข้าใจแบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ

2.1 ความสามารถจำแนกหรือระบุความรู้ได้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปแบบใหม่ เช่น กำหนดสถานการณ์ใหม่มาให้ให้นักเรียนระบุข้อเท็จจริง มโนคติ หลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น ๆ หรือให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริงมโนคติ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่กำหนดให้

2.2 กำหนดสถานการณ์ใหม่มาให้แล้วให้นักเรียนยกตัวอย่างหรือระบุสถานการณ์หนึ่งที่เป็นไปตามวิธีการ หลักการ กฎ ทฤษฎีเดียวกัน

3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์สืบเสาะหาความรู้ ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อย ดังนี้

- 3.1 การสังเกตและการวัด ประกอบด้วย
 - 3.1.1 การสังเกตสิ่งของและปรากฏการณ์ต่าง ๆ
 - 3.1.2 การบรรยายสิ่งของที่สังเกตได้โดยใช้ภาษาที่เหมาะสม
 - 3.1.3 การวัดสิ่งของและการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ

3.1.4 การเลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสม

3.1.5 การประเมินจากการวัด และการยอมรับขีดจำกัดของความถูกต้องของเครื่องมือเครื่องใช้

3.2 การมองเห็นปัญหาและวิธีแก้ไขปัญหา ประกอบด้วย

3.2.1 การมองเห็นปัญหา

3.2.2 การตั้งสมมติฐาน

3.2.3 การเลือกวิธีทดสอบมาตรฐานที่เหมาะสม

3.2.4 การออกแบบการทดลองที่เหมาะสมสำหรับทดสอบสมมติฐาน

3.3 การตีความหมายของข้อมูล และการสรุป ประกอบด้วย

3.3.1 การจัดกระทำกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

3.3.2 การนำเสนอข้อมูล

3.3.3 การแปลความหมายของข้อมูล และการสังเกตต่าง ๆ

3.3.4 การตีความและการขยายข้อมูล

3.3.5 การประเมินสมมติฐานภายใต้ขอบเขตของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

3.3.6 การสร้างข้อสรุป กฎ หรือหลักการเหมาะสมอย่างมีเหตุผลตาม

ความสัมพันธ์ที่พบ

4. การนำความรู้ลึกและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานความรู้ต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา หาผลลัพธ์จากข้อมูล คาดคะเน การใช้เครื่องมือปฏิบัติการได้ถูกต้อง และการนำเอาวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือปัญหาใหม่ได้ พฤติกรรมด้านนำไปใช้ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

4.1 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน

4.2 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์ต่างสาขากัน

4.3 การนำความรู้ไปแก้ปัญห่อื่นๆ นอกเหนือไปจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

5. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มีการดำเนินการ ดังนี้ (พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2544 : 99)

5.1 วิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร การสร้างแบบทดสอบควรเริ่มด้วยการวิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาสาระและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดตารางวิเคราะห์หลักสูตรจะใช้เป็นกรอบในการออกข้อสอบซึ่งระบุจำนวนข้อสอบในแต่ละเรื่องและพฤติกรรมที่ต้องการวัดไว้

5.2 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นพฤติกรรมที่เป็นผลการเรียนรู้ที่ผู้สอนมุ่งหวัง จะให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนซึ่งผู้สอนจะต้องกำหนดไว้ล่วงหน้า สำหรับเป็นแนวทางในการจัดการเรียน การสอนและการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

5.3 กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีสร้าง โดยการศึกษาตารางวิเคราะห์ หลักสูตรและจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาและตัดสินใจเลือกใช้ชนิดของ ข้อสอบที่จะใช้วัดว่าจะเป็นแบบใด โดยต้องเลือกให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของการเรียนรู้และ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียนแล้วศึกษาวิธีเขียนข้อสอบชนิดนั้นให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักและ วิธีการเขียนข้อสอบ

5.4 เขียนข้อสอบ ผู้ออกข้อสอบลงมือเขียนข้อสอบ ตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ใน ตารางวิเคราะห์หลักสูตร และให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยอาศัยหลักและวิธีการ เขียน

ข้อสอบที่ได้ศึกษามาแล้วในชั้นที่ 3

5.5 ตรวจสอบข้อสอบ เพื่อให้ข้อสอบที่เขียนไว้แล้วในชั้นที่ 4 มีความถูกต้องตาม หลักวิชาการ มีความสมบูรณ์ครบถ้วนตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตรผู้ ออกข้อสอบต้องพิจารณา ทบทวนอีกครั้งก่อนที่จะจัดพิมพ์และนำไปใช้ต่อไป

5.6 จัดพิมพ์ข้อสอบฉบับทดลอง เมื่อตรวจสอบข้อสอบเสร็จแล้วให้พิมพ์ข้อสอบ ทั้งหมด จัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับทดลอง โดยมีคำชี้แจงหรือคำอธิบายวิธีตอบแบบทดสอบ และ จัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

5.7 ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ การทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ เป็น วิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนนำไปใช้จริง โดยนำแบบทดสอบไปทดลองสอบกับ กลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มที่ต้องการทดสอบจริง แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์และ ปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพ โดยสภาพการปฏิบัติจริงของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในโรงเรียน มักไม่ค่อยมีการทดลองและวิเคราะห์ข้อสอบ ส่วนใหญ่นำแบบทดสอบไปใช้ทดสอบแล้วจึง วิเคราะห์ข้อสอบ เพื่อปรับปรุงข้อสอบและนำไปใช้ในครั้งต่อไป

5.8 จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง จากผลการวิเคราะห์ข้อสอบ หากพบว่าข้อสอบ ข้อใด ไม่มีคุณภาพหรือมีคุณภาพไม่ดีพอ อาจจะต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงแก้ไขข้อทดสอบให้มี คุณภาพดีขึ้น และจึงจัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับจริงที่จะนำไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

การคิดวิจารณ์

1. ความหมายของการคิดวิจารณ์

คำว่า“การคิดวิจารณ์ญาณ” แปลมาจากภาษาอังกฤษคำว่า“Critical Thinking” ซึ่งมีผู้ใช้ชื่อภาษาไทยมากมายแตกต่างกันออกไป เช่น ความคิดวิจารณ์ญาณ การคิดวิพากษ์วิจารณ์ การคิดวิเคราะห์วิจารณ์ การคิดเป็น การคิดอย่างมีเหตุผล การคิดวิจารณ์ญาณ ถึงแม้ว่าจะใช้ชื่อที่แตกต่างกันออกไปแต่เมื่อพิจารณาความหมายแล้วจะพบว่ามีความคล้ายคลึงกัน ดังนั้น เพื่อความเข้าใจตรงกันสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงใช้คำว่า“การคิดวิจารณ์ญาณ” การให้ความหมายของคำว่า“การคิดวิจารณ์ญาณ” นั้น มีผู้ให้ความหมายที่แตกต่างกันออกไป บ้างขึ้นอยู่กับ การสืบค้น แล้วพัฒนาออกเป็นความสามารถต่างๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นการคิดวิจารณ์ญาณ เพราะฉะนั้นการกำหนด คำนิยาม ความหมายของการคิดวิจารณ์ญาณในหลาย ๆ ลักษณะทุกคำนิยามล้วนมีความถูกต้อง แต่ไม่มีคำนิยามใดสามารถอธิบายความหมายของการคิดวิจารณ์ญาณได้ สมบูรณ์ที่สุด ดังนั้นมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ คำนิยาม ความหมายของการคิดวิจารณ์ญาณในแง่ต่าง ๆ ดังนี้

Dewey (จุฬามาศ อนันต์เต่า. 2553 : 46 ; อ้างมาจาก Dewey. 1933 : 30) ได้อธิบายว่า การคิดวิจารณ์ญาณ หมายถึงการคิดอย่างใคร่ครวญไตร่ตรองอย่างรอบคอบต่อความเชื่อความรู้ต่างๆ โดยอาศัยหลักฐานมาสนับสนุน ความเชื่อหรือความรู้ที่รวมทั้งข้อสรุปที่เกี่ยวข้องและได้อธิบายขอบเขตของการคิดวิจารณ์ญาณว่ามีขอบเขตอยู่ระหว่าง 2 สถานการณ์ คือ การคิดที่เริ่มต้นจากสถานการณ์ที่มีความยุ่งยาก สับสนและสิ้นสุดหรือจบลงด้วยสถานการณ์ที่มีความชัดเจน

Ennis (พรพรรณ พลเยี่ยม. 2555 : 34 ; อ้างมาจาก Ennis. 1962 : 81-111) กล่าวว่า การคิดวิจารณ์ญาณ เป็นการคิดแบบไตร่ตรองและมีเหตุผลเพื่อการตัดสินใจก่อนที่จะเชื่อหรือก่อนที่จะลงมือปฏิบัติ

Watson และ Glaser (จุฬามาศ อนันต์เต่า. 2553 : 46 ; อ้างอิงมาจาก Watson and Glaser. 1964) ได้ให้ความหมายของการคิดวิจารณ์ญาณว่า ประกอบด้วยกระบวนการและความสามารถโดยที่กระบวนการ หมายถึง วิธีการแก้ปัญหาแบบวิทยาศาสตร์และเจตคติในการสืบเสาะแสวงหาความรู้ ส่วนความสามารถหมายถึง ความรู้ ในข้อเท็จจริงหลักการสรุปในกรณีทั่วไป การอนุมานการยอมรับในข้อตกลงเบื้องต้น การนิรนัย การตีความหมาย และการประเมินผลรวมทั้งทักษะความเข้าใจ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

ถ้าโย สนั่นรัมย์ (2542 : 8) ได้ให้ความหมายของการคิดวิจารณ์ญาณว่าเป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์หาสาเหตุ และเหตุผลที่นำมาสนับสนุนความเชื่อเพื่อหาทางเลือก และตัดสินใจแก้ปัญหาด้วยตัวเองซึ่งการคิดวิจารณ์ญาณประกอบด้วย เจตคติความรู้และทักษะ

อรุณี รัตนวิจิตร (2543 : 7) กล่าวว่า การคิดวิจารณ์ญาณ หมายถึง การคิดหรือกระบวนการคิดพิจารณา ไตร่ตรองอย่างรอบคอบ เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปอย่างสมเหตุ สมผลซึ่งในการ

พิจารณากระบวนการคิดวิจารณ์ญาณนั้นสามารถทำได้โดยอาศัยแนวทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิจารณ์ญาณ

วนิดา ปานโต (2543 : 11) กล่าวว่า การคิดวิจารณ์ญาณ หมายถึงกระบวนการใช้สติปัญญาในการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างสุขุม รอบคอบ มีเหตุผล มีการประเมินสถานการณ์ เชื่อมโยงเหตุการณ์ สรุปความ ตีความ โดยอาศัยความรู้ ความคิดและประสบการณ์ของคนในการสำรวจหลักฐานอย่างละเอียดเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่สมเหตุสมผล ซึ่งกระบวนการต่าง ๆ ดังกล่าวใช้ทักษะความรู้ ความสามารถพื้นฐาน 5 ด้าน คือ การนิยามปัญหา การเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง การตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น การกำหนดและเลือกสมมติฐานและการลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล

อรพรรณ ลือบุญรัชชัย (2543 : 4) ได้ให้ความหมายของการคิดวิจารณ์ญาณ ว่าเป็นกระบวนการในการใช้ปัญญาคิดพิจารณาอย่างมีหลักการ มีเหตุผลมีการประเมินอย่างรอบคอบต่อข้ออ้าง หลักฐาน เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่เป็นไปได้จริง มีการพิจารณาถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องและใช้กระบวนการทางตรรกได้้อย่างสมเหตุสมผล

สุนันทา สายวงศ์ (2544 : 37) กล่าวว่า การคิดวิจารณ์ญาณ หมายถึงการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบเกี่ยวกับข้อมูลหรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหา โดยใช้ความรู้ ความคิด และประสบการณ์ของตนเองในการพิจารณาหลักฐานและข้อมูลต่างๆ เพื่อไปสู่การสรุปอย่างสมเหตุสมผล

นवलลลอ ทินานนท์ (2545 : 37-38) กล่าวว่า การคิดวิจารณ์ญาณ หมายถึงกระบวนการคิด ไตร่ตรองอย่างรอบคอบ เกี่ยวกับข้อมูลที่คลุมเครือ สภาพที่ปรากฏ โดยหาหลักฐานนำไปสู่ การตัดสินใจว่าควรเชื่อหรือทำตามสิ่งใดหรือไม่การคิดวิจารณ์ญาณต้องอาศัยทักษะและกระบวนการคิดพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำความเข้าใจความหมายและตีความนำไปสู่การเชื่อมโยงเหตุผลต่างๆ จนได้ข้อสรุป

สมศักดิ์ สิ้นธุระเวชญ์ (2545 : 89) กล่าวว่า การคิดวิจารณ์ญาณ หมายถึงการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล เพื่อตัดสินใจว่าสิ่งใดถูกต้อง สิ่งใดควรเชื่อ สิ่งใดควรทำ

พรเพ็ญ ศรีวิรัตน์ (2546 : 13) กล่าวว่า การคิดวิจารณ์ญาณ หมายถึงการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบเกี่ยวกับข้อมูลหรือสถานการณ์ ซึ่งต้องอาศัยการสังเกต ความรู้ ความเข้าใจ การวิเคราะห์ การเชื่อมโยงเหตุการณ์ การสรุปความ และประสบการณ์ ของตนเองมาประเมินข้อมูล โดยใช้เหตุผลในเชิงตรรกวิทยา ที่มีหลักเกณฑ์ที่ได้รับการยอมรับ ตลอดจนผ่านการพิจารณาปัจจัยรอบด้านอย่างกว้างไกลลึกซึ้งและผ่านการพิจารณากลับกรองทั้ง ด้านคุณ – โทษ เพื่อที่จะนำไปใช้ในการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธ แม้ว่าการคิดวิจารณ์ญาณ เป็นการคิดที่ซับซ้อน

และเป็นการคิดในขั้นสูง แต่สามารถพัฒนาได้เป็นลำดับจากง่ายไปยาก โดยอาศัยทักษะการคิดขั้นพื้นฐาน ซึ่งเป็นทักษะย่อย ๆ ที่ใช้อยู่ในชีวิตประจำวัน เช่น การสังเกต การจำแนก การเปรียบเทียบ การจัดหมวดหมู่ การเรียงลำดับ การสรุปความ เป็นต้น เมื่อประกอบกันก็จะเป็นการคิดในขั้นสูง ขณะเดียวกันการคิดในระดับนี้ต้องมีการฝึกฝนกระทำซ้ำๆ ด้วยความเอาใจใส่ และต้องใช้เวลา ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกระตุ้นส่งเสริมพัฒนาให้เกิดขึ้นตั้งแต่ระดับปฐมวัย

จอร์นัท์ วัชรกุล (2546 : 9) กล่าวว่า การคิดวิจารณ์ญาณ หมายถึงการคิด ไตร่ตรอง อย่างรอบคอบ และตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยหลักฐานประกอบด้วยสิ่งที่จะคิด จุดมุ่งหมายในการคิด และกระบวนการคิด ดังนี้

1. สิ่งที่จะคิดเป็นการคิดที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลเกิดปัญหาความไม่แน่ใจเกี่ยวกับข้อความ ข้อโต้แย้งหรือข้ออ้างจากข้อมูลหรือสภาพที่ปรากฏ
2. จุดมุ่งหมายในการคิด เป็นการคิดที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลตามข้อมูลที่มีอยู่
3. กระบวนการคิด เป็นการคิดที่อาศัยกระบวนการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างละเอียดรอบคอบเกี่ยวกับข้อมูลที่มีอยู่

เทศณีย์ ไทยถนันทน์ (2547 : 37) กล่าวว่า การคิดวิจารณ์ญาณ หมายถึง กระบวนการคิด ไตร่ตรองอย่างรอบคอบ และตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยหลักฐาน ประกอบด้วยสิ่งที่จะคิด จุดมุ่งหมายในการคิดและกระบวนการคิด มีการประเมินอย่างรอบคอบต่อข้ออ้าง หลักฐาน เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่เป็นไปได้จริง มีการพิจารณาถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง และใช้ กระบวนการทางตรรกะ ได้อย่างสมเหตุสมผล ตลอดจนทักษะในการใช้ทัศนคติและความรู้มาประเมินผลความถูกต้องของข้อความ

สาวตรี เครือใหญ่ (2548 : 47) กล่าวว่า การคิดวิจารณ์ญาณ หมายถึง กระบวนการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล โดยการวิเคราะห์ความชัดเจน ความน่าเชื่อถือ ความสัมพันธ์ และความสมบูรณ์ของข้อมูลหรือวิเคราะห์จากกรองรอยหลักฐานหรือข้อมูลที่เชื่อถือได้อย่างมีหลักเกณฑ์ และมีประสิทธิภาพ แล้วจึงลงความเห็นหรือประเมินลงข้อสรุปได้อย่างสมเหตุสมผลหรือตัดสินใจคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ

พรศรี ดาวรุ่งสวรรค์ (2548 : 29) กล่าวว่า การคิดวิจารณ์ญาณ หมายถึง การคิดพิจารณาสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างละเอียดรอบคอบ ไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล เพื่อหาข้อสรุปที่ดีที่สุดและเป็นไปได้มากที่สุด โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ คือ การระบุปัญหา การตั้งสมมติฐาน ขันทดลอง และขึ้นสรุปผลการทดลอง

จากนิยามการคิดวิจารณ์ณาดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การคิดวิจารณ์ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการพิจารณาข้อความ สถานการณ์หรือปัญหาต่าง ๆ โดยการหาหลักฐานที่มีเหตุผลหรือข้อมูลที่น่าเชื่อถือมาสนับสนุน ยืนยันในการตัดสินใจชี้ขาดตามเรื่องราวหรือสถานการณ์นั้น และได้ข้อสรุปอย่างถูกต้องสมเหตุสมผล

2. ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับการคิดวิจารณ์

2.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของเพียเจต์

ซูมาลี ชัยเจริญ (2551 : 78 - 81) กล่าวว่า เพียเจต์ (Piaget) ศึกษาทฤษฎีพัฒนาการทางเชาว์ปัญญา โดยการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเด็กว่ามีการปรับตัวและแปลความหมายสิ่งของและเหตุการณ์ในสิ่งแวดล้อมของตนด้วยวิธีการใด เพียเจต์มีแนวคิดที่ว่า เชาว์ปัญญาเป็นการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม ส่วนพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาเป็นผลมาจากประสบการณ์ที่เด็กมีปฏิสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องกับสิ่งแวดล้อมตั้งแต่เกิดการมีปฏิสัมพันธ์นี้ ทำให้มีการปรับตัวอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างบุคคลและสิ่งแวดล้อมภายนอก รวมทั้งกระบวนการคิดของคน การปรับตัวประกอบด้วย การปรับรับเข้าโครงสร้าง และการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง

การปรับรับเข้าโครงสร้าง (Assimilation) หมายถึง การตีความหรือการรับเอาข้อมูลจากภายนอกเข้าสู่โครงสร้างทางความคิดโดยอาศัยความรู้ หรือวิธีการที่มีอยู่แล้ว

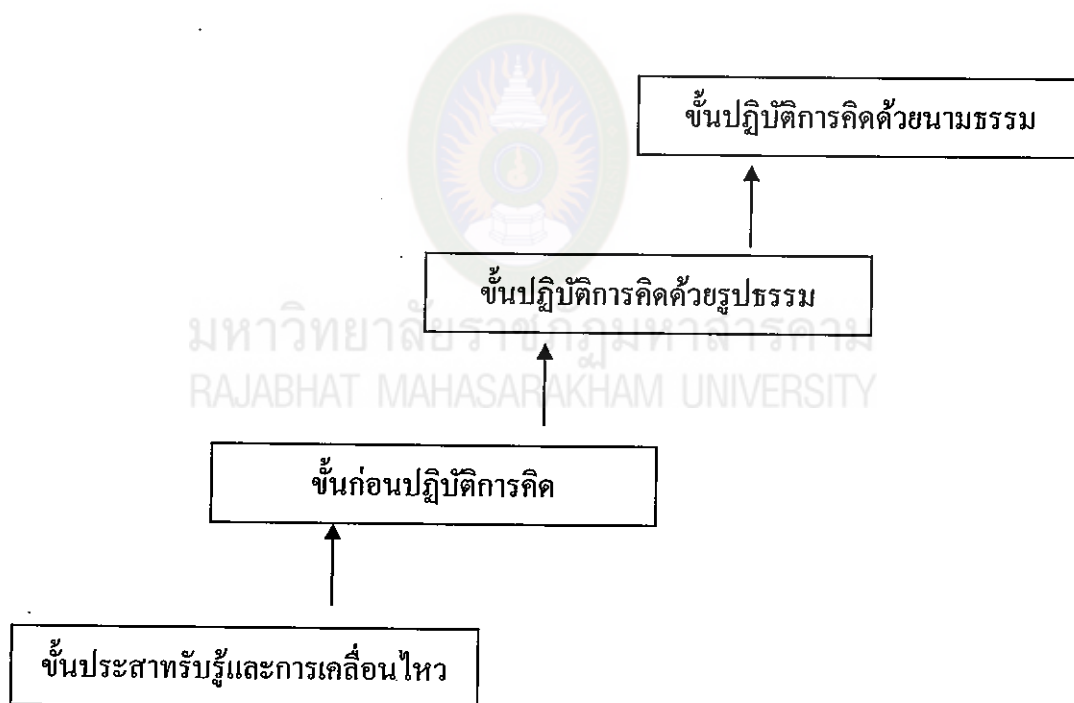
การปรับเปลี่ยนโครงสร้าง (Accommodation) หมายถึง การปรับเปลี่ยนโครงสร้างตามคุณสมบัติของวัตถุหรือสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การปรับรับเข้าโครงสร้างจึงเป็นกระบวนการปรับเปลี่ยนสิ่งแวดล้อมให้เข้ากับความคิดของคน และการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง จึงเป็นกระบวนการปรับโครงสร้างทางความคิดให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม ความคิดที่เกิดจากกระบวนการปรับรับเข้าโครงสร้างและปรับเปลี่ยนโครงสร้าง เรียกว่า “โครงสร้างความคิด” โครงสร้างความคิดจะมีการปรับเปลี่ยนอยู่เสมอเพื่อให้เกิดความสมดุลทางความคิด ถ้าบุคคลได้พบกับข้อมูลหรือสภาพการณ์ที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งหรือเกิดปัญหาขึ้นก็จะอยู่ในสภาวะที่ไม่สมดุล จำเป็นต้องมีการปรับโครงสร้างความคิดใหม่เพื่อให้เกิดความสมดุล กระบวนการดังกล่าวทำให้นักคนสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างรอบคอบ สมเหตุสมผล ซึ่งเป็นความสามารถทางสมองที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเรียกว่า “ขั้นพัฒนาการ” ขั้นพัฒนาการจะเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตามลำดับขั้นและพัฒนาการในขั้นต้นก็จะเป็นที่ฐานของพัฒนาการความสามารถทางสมองของมนุษย์เริ่มต้นแต่แรกเกิดไปจนถึงสูงสุดในช่วงอายุประมาณ 15 ปี ซึ่งแบ่งลำดับการพัฒนาการเป็น 4 ระยะดังนี้

1. ขั้นประสาทรับรู้และการเคลื่อนไหวอายุระหว่างแรกเกิดถึง 2 ปี ระยะนี้เด็กจะมีปฏิกิริยาต่อสภาพจริงๆ รอบตัว เด็กจะรับรู้เฉพาะสิ่งที่เป็นรูปธรรม

2. ขั้นก่อนการปฏิบัติ การคิด อายุ 2 – 7 ปี ระยะเวลาเด็กจะเริ่มใช้สัญลักษณ์แทนสิ่งของความคิดของเด็กจะขึ้นอยู่กับความรู้ เป็นส่วนใหญ่ ยังไม่สามารถคิดแบบใช้เหตุผลคิดย้อนกลับไปได้ เด็กจะเริ่มใช้ภาษาและแยกสิ่งต่างๆ รอบตัวได้

3. ขั้นการคิดด้วยรูปธรรม อายุระหว่าง 7-11 ปี เป็นขั้นที่ความคิดและสติปัญญาก้าวหน้ามาก เด็กสามารถเข้าใจความคงตัวของสิ่งของได้แม้ว่ารูปร่างจะเปลี่ยนไปเด็กสามารถคิดได้อย่างกว้างขวาง สามารถคิดย้อนกลับและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นได้ความสามารถนี้เป็นรากฐานสำหรับการพัฒนาสติปัญญาและการคิดในขั้นต่อไป

4. ขั้นการคิดด้วยนามธรรม อายุประมาณ 12 ปีขึ้นไป เด็กสามารถเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมคิดหาเหตุผล สามารถตั้งสมมติฐานและทดสอบโดยอาศัยเหตุผล พร้อมทั้งเห็นว่าความเป็นจริงที่เห็นได้ไม่สำคัญเท่ากับการคิดถึงสิ่งที่จะเป็นไปได้ เด็กจะมีการคิดเป็นเหตุเป็นผล ไม่เชื่ออะไรง่ายๆ สามารถคิดเองได้โดยไม่ต้องเห็นของจริง ดังแผนภาพที่ 2



แผนภาพที่ 2 แสดงการพัฒนาทางสติปัญญาของมนุษย์ตามวิธีการของเพียเจต์

ที่มา : จุฑามาศ อนันต์เต่า. (2553 : 50)

ทฤษฎีของเพียเจต์อธิบายพัฒนาการของการคิดจากขั้นหนึ่งไปสู่ขั้นหนึ่งอาศัยองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการ คือ การเจริญเติบโตของร่างกายและวุฒิภาวะทางสมอง ประสบการณ์ทางกายภาพ ประสบการณ์ทางสังคม และสภาวะสมดุลซึ่งเป็นกระบวนการที่แต่ละ

คนใช้ในการปรับตัวขั้นพัฒนาการคิดจะมีการเปลี่ยนแปลงตามลำดับขั้นซึ่งพัฒนาการในขั้นต้นจะเป็นพื้นฐานของการพัฒนาการในขั้นสูงและพัฒนาการคิดแต่ละคนมีลักษณะเดียวกันแต่จะแตกต่างกันในด้านอัตราความเร็วในการเกิดของแต่ละระดับของการพัฒนาการ (จุฬามาศ อนันต์เต่า. 2553 : 51 ; อ้างอิงจาก ประสาท อิศรปริดา. 2523 : 122 – 123)

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับการคิดวิจารณ์ญาณนักการศึกษานักจิตวิทยา และผู้เชี่ยวชาญด้านการคิดหลายท่าน ได้อธิบายถึงแนวคิดเกี่ยวกับการคิดวิจารณ์ญาณไว้ ดังนี้

Dressel และ Meyhew. (1957 : 271) ได้กล่าวถึง ความสามารถที่ถือว่าเป็นกระบวนการคิดวิจารณ์ญาณ ประกอบด้วยความสามารถต่างๆ 5 ด้าน ดังนี้

1. ความสามารถในการนิยามปัญหา ประกอบด้วย

1.1 การตระหนักถึงความเป็นไปของปัญหา ได้แก่ การล่วงรู้ถึงเงื่อนไขต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันในสภาพการณ์การรู้ถึงความขัดแย้งและเรื่องราวที่สำคัญในสภาพการณ์การระบุจุดเชื่อมต่อที่ขาดหายไปของชุดเหตุการณ์ หรือความคิดและการรู้ถึงสภาพปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบ

1.2 การนิยามปัญหา ได้แก่ การระบุถึงธรรมชาติของปัญหา ความเข้าใจถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องและจำเป็นในการแก้ปัญหา นิยามองค์ประกอบของปัญหา ซึ่งมีความยุ่งยากและเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมจำแนกแยกแยะองค์ประกอบของปัญหาที่มีความซับซ้อนออกเป็นส่วนประกอบที่สามารถจัดกระทำได้ระบุงค์ประกอบที่สำคัญของปัญหาจัดองค์ประกอบของปัญหาให้เป็นลำดับขั้นตอน

2. ความสามารถในการเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา คือ การตัดสินใจว่าข้อมูลใดมีความจำเป็นต่อการแก้ปัญหา การจำแนกแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้กับแหล่งข้อมูลที่ไม่ได้ การระบุว่าข้อมูลใดควรยอมรับหรือไม่ การเลือกตัวอย่างของข้อมูลที่มีความเพียงพอและเชื่อถือได้ตลอดจนการจัดระบบระเบียบของข้อมูล

3. ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ประกอบด้วย การระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ผู้อ้างเหตุผล ไม่ได้กล่าวไว้การระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่คัดค้านการอ้างเหตุผล และการระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ไม่เกี่ยวข้องกับการอ้างเหตุผล

4. ความสามารถในการกำหนดและเลือกสมมติฐาน ประกอบด้วย การค้นหาการชี้แนะต่อคำตอบปัญหา การกำหนดสมมติฐานต่างๆ โดยอาศัยข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้นการเลือกสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดพิจารณาเป็นอันดับแรกการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างสมมติฐานกับข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น การกำหนดสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ยังไม่ทราบและเป็นข้อมูลที่จำเป็น

5. ความสามารถในการสรุปอย่างสมเหตุสมผลและการตัดสินใจสมเหตุ

สมผลของการคิดหาเหตุผล ซึ่งประกอบด้วย

5.1 การลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลโดยอาศัยข้อตกลงเบื้องต้นสมมติฐาน และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การระบุความสัมพันธ์ระหว่างคำประพจน์ การระบุถึงเงื่อนไขที่จำเป็น และเงื่อนไขที่เพียงพอ การระบุความสัมพันธ์เชิงเหตุผล และการระบุและกำหนดข้อสรุป

5.2 การพิจารณาตัดสินความสมเหตุสมผลของกระบวนการที่นำไปสู่ข้อสรุปได้แก่การจำแนกการสรุปที่ สมเหตุสมผลจากการสรุปที่ อาศัยค่านิยม ความพึงพอใจและความลำเอียง การจำแนกระหว่างการคิดหาเหตุผลที่มีข้อสรุปได้แน่นอนกับการคิดหาเหตุผลที่ไม่สามารถหาข้อสรุปที่ เป็นข้อยุติได้

5.3 การประเมินข้อสรุปโดยอาศัยเกณฑ์การประยุกต์ ใช้ ได้แก่ การระบุถึงเงื่อนไขที่จำเป็นต่อการพิสูจน์ข้อสรุป การรู้ถึงเงื่อนไขที่ทำให้ข้อสรุปไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ และการตัดสินความเพียงพอของข้อสรุปในลักษณะที่เป็นคำตอบของปัญหา

ชาลินี เอี่ยมศรี (2536 : 15) ได้อธิบายว่า ความสามารถในการคิดวิจารณ์ญาณแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้คือ

1. การนิยามและการทำความเข้าใจอย่างชัดเจนของปัญหา ซึ่งแบ่งออกเป็น ความสามารถย่อย 4 ด้าน ได้แก่

1.1 การระบุเรื่องราวที่สำคัญหรือการระบุปัญหา เป็นความสามารถในการระบุความสำคัญของเรื่องทีอ่าน การอ้างเหตุผล ภาพล้อเลียนทางการเมือง การใช้เหตุผลในเรื่องต่าง ๆ และการใช้ข้อสรุปในการอ้างเหตุผล

1.2 การเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างระหว่างคน วัตถุสิ่งของ ความคิด หรือผลตั้งแต่สองอย่างขึ้นไป

1.3 การกำหนดว่าข้อมูลใดมี ความเกี่ยวข้องซึ่งเป็นความสามารถในการจำแนกระหว่างข้อมูลที่สามารถพิสูจน์ว่ามีความถูกต้อง ได้กับข้อมูลที่ไม่สามารถพิสูจน์ความถูกต้องได้รวมทั้ง การจำแนกระหว่างข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง ไม่เข้าประเด็นกับเรื่องราว

1.4 การกำหนดคำถามที่ เหมาะสม ซึ่งเป็นความสามารถในการกำหนดคำถาม การสร้างคำถามอันจะนำไปสู่ ความเข้าใจที่ลึกซึ้งและชัดเจนเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ

2. การพิจารณาตัดสินข้อมูลที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับปัญหาโดยแบ่งเป็น ความสามารถย่อย 6 ด้าน ได้แก่

2.1 การจำแนกหลักฐานว่าเป็นลักษณะข้อเท็จจริง ความคิดเห็นซึ่งพิจารณาตัดสิน โดยใช้เหตุผล เป็นความสามารถในการประยุกต์เกณฑ์ต่างๆ เพื่อนำมาพิจารณาตัดสินคุณภาพของการสังเกตและการคิดหาเหตุผล

2.2 การตรวจสอบความสอดคล้องเป็นความสามารถในการตัดสินว่า ข้อความหรือสัญลักษณ์ที่กำหนดให้ มีความสอดคล้องสัมพันธ์ซึ่งกันและกันรวมทั้งมีความสอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมโดยรวมทั้งหมดหรือไม่

2.3 การระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ ไม่ได้กล่าวอ้าง ซึ่งเป็นความสามารถในการระบุว่าข้อตกลงเบื้องต้นใดที่ไม่ได้กล่าวไว้ในการอ้างเหตุผล

2.4 การระบุภาพพจน์ในการอ้างเหตุผล เป็นความสามารถในการระบุความคิดที่บุคคลยึดติดหรือความคิดที่คนทั่วไปยึดถือกัน จนถือได้ว่าเป็นความคิดตามประเพณีนิยม

2.5 การระบุความมีอคติ ความลำเอียงทางอารมณ์และการโฆษณาเป็นความสามารถในการระบุความมีอคติ ความลำเอียงในการอ้างเหตุผลและการตัดสินความเชื่อถือได้ของแหล่งข้อมูล

2.6 การระบุความแตกต่างระหว่างระบบค่านิยมและอุดมการณ์เป็นความสามารถในการระบุความคล้ายคลึงและความแตกต่างระหว่างค่านิยมและอุดมการณ์

3. การแก้ปัญหาหรือการลงข้อสรุป ซึ่งแบ่งออกเป็นความมารถย่อย 2 ด้าน ได้แก่

3.1 การระบุความเพียงพอของข้อมูลเป็นความสามารถในการตัดสินใจว่า ข้อมูลที่มีอยู่และการยอมรับหลักฐานสำคัญที่มาสนับสนุนเพื่อยืนยันว่าเป็นจริงหรือไม่

3.2 การพยากรณ์ที่เป็นไปได้เป็นความสามารถในการทำนายผลที่อาจจะ เป็นไปได้ของเหตุการณ์หรือชุดของเหตุการณ์ต่างๆ

3. กระบวนการคิดวิจารณ์ญาณ

กระบวนการคิดวิจารณ์ญาณเป็นความคิดที่สมเหตุสมผลรอบคอบ โดยใช้ทักษะการคิดหลายทักษะลักษณะการคิดหลายลักษณะและมีเกณฑ์การพิจารณาคูณภาพของความคิดประกอบไปด้วย

3.1 จุดมุ่งหมายของการคิดผู้คิดวิจารณ์ญาณมีความสามารถ ดังนี้

3.1.1 สามารถกำหนดเป้าหมายในการคิดอย่างถูกต้อง

3.1.2 สามารถระบุประเด็นในการคิดได้อย่างชัดเจน

3.1.3 สามารถประมวลข้อมูลทั้งทางด้านข้อเท็จจริงและข้อคิดเห็นเกี่ยวกับ

ประเด็นที่คิดทั้งทางกว้างลึก และไกล

3.1.4 สามารถวิเคราะห์ข้อมูล และเลือกข้อมูลที่จะใช้ในการคิดได้

3.1.5 สามารถประเมินข้อมูลได้

3.1.6 สามารถใช้หลักเหตุผลในการพิจารณาข้อมูล และเสนอคำตอบ/ ทางเลือกที่สมเหตุสมผลได้

3.1.7 สามารถเลือกทางเลือก/ลงความเห็นในประเด็นที่คิดได้

3.2 วิธีคิดประกอบไปด้วย

3.2.1 ตั้งเป้าหมายในการคิด

3.2.2 ระบุประเด็นในการคิด

3.2.3 ประมวลข้อมูลทั้งทางด้านข้อเท็จจริง ความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่คิดทางกว้างลึก และไกล

3.2.4 วิเคราะห์ จำแนกแยกแยะข้อมูล จัดหมวดหมู่ข้อมูล และเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้

3.2.5 ประเมินข้อมูลที่ จะใช้ในแง่ความถูกต้อง ความเพียงพอ และความน่าเชื่อถือ

3.2.6 ใช้หลักฐานในการพิจารณาข้อมูลเพื่อแสวงหาทางเลือก/คำตอบที่สมเหตุสมผลตามข้อมูลที่มี

3.2.7 เลือกทางเลือกที่เหมาะสม โดยพิจารณาถึงผลที่ตามมา และคุณค่าหรือความหมายที่แท้จริงของสิ่งนั้น

3.2.8 ชั่งน้ำหนักผลได้ผลเสีย คุณ - โทษ ในระยะสั้นและระยะยาว

3.2.9 ใคร่ตรงทบทวนกลับไปกลับมาให้รอบคอบ

3.2.10 ประเมินทางเลือกและลงความเห็นเกี่ยวกับประเด็นที่คิด

4. การสอนทักษะการคิดวิจารณ์ (Critical Thinking) การคิดวิจารณ์เป็นรูปแบบหนึ่งของสติปัญญาซึ่งสามารถสอนให้เกิดขึ้นในคนทุกคนได้ การคิดวิจารณ์ มีความซับซ้อนกว่าการคิดทั่วไปการคิดทั่วไปมักเป็นการคิดเรื่องง่ายๆ และไม่มีมาตรฐานแต่การคิดวิจารณ์เป็นการคิดที่อยู่บนฐานของมาตรฐานที่มีความเป็นปรนัย ความเป็นประโยชน์ หรือความคงที่ครูช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิจารณ์ด้วยการฝึกให้ผู้เรียนเปลี่ยนพฤติกรรมความคิดดังนี้

1. จากการเดาเป็นการประมาณ
2. จากการชอบเป็นการประเมิน
3. จากการจัดกลุ่มเป็นการจัดหมวดหมู่

4. จากการเชื่อเป็นการสันนิษฐาน
5. จากการอ้างอิงเป็นการอ้างอิงอย่างมีเหตุผล
6. จากการเชื่อมโยงมโนทัศน์เป็นการเข้าใจหลักการ
7. จากการสมมติเป็นการตั้งสมมติฐาน
8. จากการแสดงความเห็นเป็นการแสดงความเห็น โดยมีเหตุผล

การคิดวิจารณ์ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ประเภท ได้แก่

1. องค์ประกอบด้านสมอง เป็นกระบวนการทางสมองระดับสูงใช้สำหรับวางแผนควบคุมและประเมินสิ่งที่ตนเองกำลังทำ
2. องค์ประกอบด้านพฤติกรรม เป็นขั้นลงมือกระทำของบุคคล
3. องค์ประกอบด้านการรับความรู้ เป็นกระบวนการที่ใช้เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่และการประยุกต์ใช้ความรู้นั้นในการสอนการคิดวิจารณ์ ครูต้องเข้าใจกระบวนการทางสติปัญญา มีความคุ้นเคยกับงานทักษะและสถานการณ์ที่ต้องใช้การคิดวิจารณ์ ครูควรฝึกใช้กิจกรรมในชั้นเรียนบ่อยๆ เพื่อที่จะสามารถสร้างกระบวนการคิดสำหรับนำมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอน

5. การส่งเสริมหรือการสอนการคิดวิจารณ์

การส่งเสริมหรือการสอนให้นักเรียนสามารถคิดวิจารณ์นั้นสามารถทำได้ตามข้อเสนอแนะต่อไปนี้

จุฑามาศ อนันต์เต่า. (2553 : 55 ; อ้างอิงมาจาก จิต นวนแก้ว. 2543 : 54) เสนอว่า ครูควรทำตัวดังต่อไปนี้

1. เป็นนักวิจัย (Teacher as Researcher) โดยการถามให้นักเรียนคิดอย่างกว้างไกลในการนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์
2. เป็นนักออกแบบ (Teacher as Designer) โดยการสอนให้นักเรียนออกแบบสื่อวัสดุต่างๆ ที่จะช่วยให้นักเรียนพบคำตอบได้
3. เป็นผู้ให้คำปรึกษา (Teacher as Consultant) โดยให้คำแนะนำแก่นักเรียนที่ยังไม่คุ้นเคยกับกระบวนการคิดสืบสวนเพื่อค้นหาคำตอบ
4. เป็นกรรมการ (Teacher as Referee) โดยคอยช่วยจัดข้อขัดแย้งและความสนับสนุนที่เกิดกับนักเรียนและหาจังหวะส่งเสริมให้คิดด้วยคำถามที่เหมาะสม
5. เป็นนักวิเคราะห์ (Teacher as Analyst) โดยการนำนักเรียนให้คิดไปในแนวทางที่ถูกต้อง ไม่คิดไปคนละทิศละทาง
6. เป็นผู้ตัดสินใจ (Teacher as Judge) คือ ตัดสินว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้

มากนักน้อยเพียงใด โดยการถามเพื่อทดสอบความรู้ในเนื้อหาและกระบวนการคิดนอกจากนั้น

จุฑามาส อนันต์เต่า. (2553 : 56 ; อ้างอิงมาจาก จิต นวนแก้ว. 2543 : 55) ได้ทำการวิจัยโดยใช้เทคนิคเดลฟาย (Delphi) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับข้อเสนอแนะในการสอนการคิดวิจารณ์ สรุปลงได้ดังนี้

1. สอนให้นักเรียนรู้จักตัดสินใจเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด
2. สอนให้เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน
3. ครูไม่ทำตัวเป็นผู้ให้คำตอบ (Answer Giver) แก่นักเรียน
4. ครูควรได้รับการฝึกให้ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความคิด
5. ควรพัฒนาบุคลากรทุกคนให้มีความก้าวหน้าในการสอนการคิดอย่างมี

วิจารณ์

6. ไม่ใช่ใบงานเป็นหลักในการสอน

อาจกล่าวได้ว่าข้อเสนอแนะทั่วไปเกี่ยวกับการสอนการคิดวิจารณ์ข้างต้นเป็นแนวทางที่ครูผู้สอนตระหนักอยู่เสมอ นอกจากข้อเสนอแนะทั่วไปดังกล่าวครูควรสอนให้นักเรียนคุ้นเคยกับการคิดวิจารณ์ โดยตรงด้วยขั้นตอนตามองค์ประกอบย่อยต่างๆ

6. การวัดการคิดวิจารณ์

จากการศึกษาค้นคว้าในเรื่องของความคิดวิจารณ์ ได้มีผู้สร้างแบบทดสอบขึ้นมามากมายเพื่อวัดการคิดวิจารณ์ ดังต่อไปนี้

6.1 การวัดการคิดวิจารณ์ตามแนวทางของ Watson และ Glaser โดยใช้แบบประเมินความคิดวิจารณ์ของ Watson และ Glaser ในการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการคิดวิจารณ์นั้น Norris. (1985 : 40-45) ได้อธิบายว่า Goodwin ศาสตราจารย์ทางการศึกษาแห่งมหาวิทยาลัยโคลัมเบีย เป็นคนแรกที่พัฒนาแบบทดสอบเพื่อวัดความคิดวิจารณ์ขึ้น โดยทำการศึกษาเกี่ยวกับการวัด ความเที่ยงธรรมทางจิตใจต่อมาได้ทำการศึกษาวิจัยและทดลองแบบทดสอบในการวัดความสามารถในการคิดวิจารณ์โดยที่วัดสัน ได้พัฒนาเชื่อมโยงกับการวัดความเที่ยงธรรมทางจิตใจของเขาซึ่งต่อมาในปี ค.ศ.1973 Glaser ซึ่งเป็นนักจิตวิทยาได้ดัดแปลงและปรับปรุงขยายไปใช้กับงานของเขา คือ การทดลองเพื่อพัฒนาความคิดวิจารณ์ ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมาแบบทดสอบนี้ก็ประสบความสำเร็จในการทดลอง มีการวิเคราะห์และดัดแปลงปรับปรุงเพื่อให้เข้ากับแนวคิดหลักของความคิดวิจารณ์ โดยมีการใช้คำถามจำนวนมาก เพื่อฝึกการแก้ปัญหาที่ยุ่ยากซับซ้อน ผลพบว่า สามารถดึงความคิดวิจารณ์ให้ปรากฏออกมาได้เกลเซอร์ได้ร่วมมือกับวัดสัน ทำการวิเคราะห์และทดลองพัฒนาแบบทดสอบนี้เรื่อยมาทำให้ได้แบบทดสอบความคิดวิจารณ์ได้ตรงตามคำนิยามที่ให้ไว้ต่อมาในปี ค.ศ. 1963

วัตสัน และเกลเซอร์ได้ทำการปรับปรุงจนได้แบบทดสอบความคิดวิจารณ์ญาณ ที่มีคุณภาพได้รับการรับรองจากผู้ทรงคุณวุฒิและเป็นที่ยอมรับของผู้ใช้แบบทดสอบจนกลายเป็นแบบทดสอบความคิดวิจารณ์ญาณที่นำไปใช้แพร่หลายมากที่สุด และแบบประเมินดังกล่าวมีชื่อว่า แบบประเมินความคิดวิจารณ์ญาณของวัตสัน และเกลเซอร์

โดยในปี ค.ศ. 1964 Watson และ Glaser. (1964 : 2) ได้พัฒนาแบบประเมินการคิดวิจารณ์ญาณอย่างต่อเนื่อง ฉบับล่าสุดปี ค.ศ. 1980 เพื่อให้เป็นแบบทดสอบที่เป็นแบบฝึกหัดให้มีการประยุกต์ใช้ความสามารถที่สำคัญเกี่ยวข้องกับการคิดวิจารณ์ญาณ โดยในแบบทดสอบประกอบด้วยปัญหาข้อความ การโต้แย้ง และการตีความหมายข้อมูลอันคล้ายกับการดำเนินชีวิตประจำวันของประชาชนในสังคมประชาธิปไตยซึ่งเป็นประสบการณ์ที่สามารถพบเจอได้ในการทำงาน การอ่านหนังสือพิมพ์หรือข้อความในวารสาร การฟังสุนทรพจน์ หรือการมีส่วนร่วมในการอภิปรายต่างๆ โดยแบบทดสอบนี้มี 2 แบบ คือ แบบ Ym และแบบ Zm ซึ่งเป็น แบบทดสอบคู่ขนานกัน โดยในแต่ละแบบประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย จำนวน 5 ฉบับ ซึ่งมีการออกแบบให้วัดในสิ่งที่แตกต่างกัน ในแง่ของการคิดวิจารณ์ญาณ ในแต่ละแบบมีข้อคำถาม จำนวน 100 ข้อ ใช้เวลาในการทำประมาณ 50 นาทีแบบทดสอบย่อยทั้ง 5 ฉบับ ได้แก่

1. ความสามารถในการสรุปอ้างอิง (Inferences) เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินใจและจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่า ข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ ลักษณะของแบบทดสอบนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้แล้วมีข้อสรุปของสถานการณ์ 3 – 5 ข้อสรุป จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินใจว่า ข้อสรุปแต่ละข้อเป็นเช่นไร โดยเลือกจากตัวเลือก 5 ตัวเลือก ได้แก่ เป็นจริง น่าจะเป็นจริง ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ น่าจะเป็นเท็จ และเป็นเท็จ
2. ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumptions) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่า ข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ข้อความใดไม่ป็นลักษณะของแบบทดสอบนี้ มีการกำหนดสถานการณ์มาให้แล้วมีข้อความตามมา สถานการณ์ละ 2 – 3 ข้อความ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินใจข้อความในแต่ละข้อว่า ข้อใดเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้นของสถานการณ์ทั้งหมด
3. ความสามารถในการนิรนัย (Deduction) เป็นการวัดความสามารถในการหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากสถานการณ์ที่กำหนดมาให้โดยใช้หลักตรรกศาสตร์ ลักษณะของแบบทดสอบนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ 1 ย่อหน้า แล้วมีข้อสรุปตามมา สถานการณ์ละ 2 - 4 ข้อ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินใจว่า ข้อสรุปในแต่ละข้อเป็นข้อสรุปที่เป็นไปได้หรือไม่ตามสถานการณ์นั้น
4. ความสามารถในการแปลความ (Interpretation) เป็นการวัดความสามารถ

ในการให้นำหน้าข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อตัดสินความเป็นไปได้ของข้อสรุป ลักษณะของแบบสอบย่อยนี้มี การกำหนดสถานการณ์มาให้แล้วมีข้อสรุปสถานการณ์ละ 2 – 3 ข้อ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าข้อสรุปในแต่ละข้อว่าน่าเชื่อถือหรือไม่ภายใต้สถานการณ์อันนั้น

5. ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Arguments)

เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกการใช้เหตุผลว่าสิ่งใดเป็นความสมเหตุสมผล ลักษณะของแบบสอบย่อยนี้มี การกำหนดชุดของคำถามเกี่ยวกับประเด็นปัญหาสำคัญมาให้ ซึ่งแต่ละคำถามมีชุดของคำตอบพร้อมเหตุผลกำกับ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าคำตอบใดมีความสำคัญเกี่ยวข้องโดยตรงกับคำถามหรือไม่และให้เหตุผลประกอบ

6. การวัดการคิดวิจารณ์ตามแนวของเอนนิส โดยใช้แบบทดสอบความคิดวิจารณ์ญาณ คอร์เนล (Cornell Critical Thinking Test) เป็นการวัดความสามารถทางสมองของนักจิตวิทยาที่ว่าความสามารถทางสมองของมนุษย์แต่ละคนมีระดับที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถวัดได้โดยการใช้แบบทดสอบมาตรฐาน แบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้ในการวัดความสามารถในการคิดวิจารณ์ญาณ ที่ใช้ในปัจจุบันเป็นแบบทดสอบวัดการคิดวิจารณ์ญาณของคอร์เนลสร้างขึ้นโดย Ennis และ Millman ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1961 จากนั้นได้มีการพัฒนาปรับปรุงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1985 ทั้งสองได้ร่วมกันสร้างแบบทดสอบวัดการคิดวิจารณ์ญาณขึ้นมา 2 ฉบับ เพื่อวัดกลุ่มบุคคลในระดับต่างกัน ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดการคิดวิจารณ์ญาณคอร์เนลระดับเอกซ์ (Cornell Critical Thinking Test Level X) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดกับนักเรียนตั้งแต่เกรด 4 จนถึงเกรด 12 เป็นแบบทดสอบปรนัย 3 ตัวเลือก จำนวน 71 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 50 นาที ซึ่งแบบทดสอบฉบับนี้จะวัดความสามารถใน 4 ด้าน คือการอุปนัย การนิรนัย ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกตและการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

2. แบบทดสอบวัดการคิดวิจารณ์ญาณคอร์เนลระดับแซด (Cornell Critical Thinking Test Level Z) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดกับเด็กระดับมัธยมศึกษาที่มีปัญญาเลิศและกลุ่มนักศึกษาระดับวิทยาลัยจนถึงวัยผู้ใหญ่ เป็นแบบปรนัย 3 ตัวเลือก จำนวน 52 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 50 นาที ซึ่งแบบทดสอบฉบับนี้จะวัดความสามารถ 7 ด้าน คือการอุปนัย ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล การพยากรณ์และการวางแผนการทดลอง การอ้างอิงเหตุผลผิดหลักการนิรนัย การให้คำนิยาม และการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

3. การวัดการคิดวิจารณ์ญาณ โดยใช้แบบทดสอบของนิวเจอร์ซี่ แบบทดสอบวัดทักษะการใช้เหตุผลของนิวเจอร์ซี่ ถูกสร้างขึ้นโดยสถาบันการส่งเสริมด้านปรัชญาสำหรับเด็ก ในปี ค.ศ. 1983 แบบทดสอบนี้สามารถวัดการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณของนักเรียน

ตั้งแต่อายุเกรด 5 ถึงระดับนักศึกษามหาวิทยาลัย เป็นแบบปรนัย 3 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อซึ่งใช้วัดความสามารถด้านการใช้เหตุผลทางภาษา จำนวน 4 ด้าน คือ การระบุข้อตกลงเบื้องต้น การอุปนัย การอ้างเหตุผลที่ดี และชนิดกัณฑ์ระดับ

4. การวัดการคิดวิจารณ์ญาณ โดยใช้แบบทดสอบวัดกระบวนการการคิดทางสติปัญญาในระดับสูงของรอสส์ (Ross Test Higher Cognition Process) แบบทดสอบวัดกระบวนการการคิดทางสติปัญญาในระดับสูงของโรสส์ถูกสร้างขึ้นโดยโรสส์ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1976 จากนั้นได้มี การปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งในปี ค.ศ. 1979 แบบทดสอบนี้ได้ใช้วัดการคิดวิจารณ์ญาณของนักเรียนตั้งแต่เกรด 4 จนถึงเกรด 6 โดยวัดความสามารถของนักเรียนด้านการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินค่า ซึ่งสร้างขึ้นตาม จุดมุ่งหมายทางการศึกษาของบลูม แบบทดสอบนี้มีจำนวน 105 ข้อ ซึ่งประกอบด้วย 8 ตอน คือ การอุปมาอุปมัยการอ้างเหตุผลแบบนิรนัยข้ออ้างที่อ้างถึงความสัมพันธ์แบบนามธรรม การจัดลำดับ ยุทธวิธีการ ตั้งคำถาม การวิเคราะห์ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง และการวิเคราะห์การอ้างเหตุผลในแต่ละขั้นตอนของแบบทดสอบจะวัดความสามารถที่แตกต่างกัน คือ ตอนที่ 1, 3 และ 7 จะวัดความสามารถในการวิเคราะห์ ตอนที่ 4, 5 และ 8 จะวัดความสามารถในการสังเคราะห์ส่วนในตอนที่ 2 และ 6 จะวัดความสามารถในการประเมินค่า

7. ความสำคัญของการคิดวิจารณ์ญาณ

ออร์พอร์น ลีออนูชว็ชชั (2543 : 7-8) กล่าวว่า การคิดวิจารณ์ญาณมีความสำคัญสำหรับบุคคลทุกระดับทุกอาชีพรวมถึงการดำเนินชีวิตประจำวัน ดังนี้

1. การคิดเป็นคุณสมบัติพิเศษของมนุษย์ที่มีสมองมีปัญญามนุษย์จะต้องคิดอยู่ตลอดเวลา เพื่อพัฒนาสร้างสรรค์โลก สังคม ครอบครัว และตนเอง เพื่อการดำรงชีวิตที่ดีขึ้น
2. การคิดวิจารณ์ญาณ จะนำไปสู่ความรู้ที่ชัดเจนขึ้นเมื่อเราใช้การสังเกตเราก็จะเห็นข้อมูล เมื่อมีการคิด การตีความ การทำความเข้าใจข้อมูลเหตุการณ์ด้วยการใช้สมองต่อไปเราก็จะเกิดความชัดเจนในประเด็นปัญหา สามารถอธิบายได้ขึ้นชั้นได้
3. การคิดวิจารณ์ญาณจะนำไปสู่การตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพในการดำเนินชีวิตประจำวัน ในสังคมยุคข้อมูลข่าวสารที่แพร่กระจายอย่างรวดเร็วและมากมายการตัดสินใจเลือกรับข้อมูลข่าวสารการตัดสินใจเชื่อหรือไม่ในข้อมูลและเหตุการณ์ที่รับทราบตลอดจนการตัดสินใจในการเลือกปฏิบัติจำเป็นต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ วินิจฉัย และตีความข้อมูลอย่างถูกต้องเหมาะสม

4. ความเจริญทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทุกสาขาวิชามีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วมนุษย์ต้องใช้ปัญญาในการติดตามข้อความรู้เหล่านั้นสม่ำเสมอ มนุษย์ต้องคิดวิเคราะห์

เพื่อประยุกต์ศาสตร์ต่างๆ ที่มีวิวัฒนาการมากขึ้นเพื่อนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมจำเป็นต้องใช้ความคิดวิจารณ์ญาณ

8. ลักษณะการแสดงออกของการคิดวิจารณ์ญาณ

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544 : 42) ได้สรุปพฤติกรรมของบุคคลที่มีการคิดวิจารณ์ญาณ ประกอบด้วยลักษณะดังนี้

1. สามารถนิยามปัญหาโดยการกำหนดปัญหาข้อโต้แย้ง หรือข้อมูลที่คลุมเครือให้ชัดเจนและเข้าใจความหมายของคำข้อความหรือแนวคิด
2. สามารถในการคิดรวบรวมข้อมูล โดยการสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยการเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาข้อโต้แย้งหรือข้อมูลที่คลุมเครือ แสวงหาข้อมูลที่ถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น ถามและพิจารณาทัศนะของคนอื่นและแสวงหาความรู้ที่ทันสมัย
3. สามารถจัดระบบข้อมูล โดยแสวงหาแหล่งที่มาของข้อมูล วินิจฉัยความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล พิจารณาความเพียงพอของข้อมูล ระบุข้อตกลงเบื้องต้นของข้อความจัดระบบข้อสนเทศต่างๆ เช่น การจำแนกตามความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่ชัดเจนกับข้อมูลที่คลุมเครือ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกัน ปัญหา ข้อเท็จจริงกับความคิดเห็นความคิดเห็นด้วยอารมณ์กับความคิดเห็นด้วยเหตุผล พิจารณาข้อมูลที่แสดงถึงความลำเอียงและการโฆษณาชวนเชื่อ พิจารณาและตัดสินความขัดแย้งของข้อความและเสนอข้อมูลได้
4. สามารถตั้งสมมติฐาน โดยกำหนดสมมติฐานจากความสัมพันธ์เชิงเหตุผลมองหาทางเลือกหลายๆ ทางในการแก้ปัญหาและเลือกสมมติฐาน
5. สามารถสรุปอ้างอิงโดยพิจารณาและตัดสินว่ามีเหตุผลเพียงพอที่ สรุปได้หรือไม่ จำแนกข้อสรุปที่สัมพันธ์กับสถานการณ์ และข้อสรุปโดยใช้เหตุผลทางตรรกศาสตร์ อธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุผลของปัญหาหรือข้อขัดแย้ง และสรุปเป็นเกณฑ์ได้
6. สามารถสรุปอ้างอิงถึง โดยพิจารณาและตัดสินข้อสรุปว่า สรุปตามข้อมูลหลักฐานหรือไม่ พิจารณาความคลุมเครือของการสรุปเหตุผลบอกเหตุผลที่ไม่เป็นไปตามหลักตรรกศาสตร์ จำแนกข้อสรุปที่มีเหตุผลหนักแน่นและน่าเชื่อถือเมื่อพิจารณาความเกี่ยวข้องกับข้อมูลและประเด็นความสำคัญ พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการตัดสินใจ โดยยืนยันการสรุปเดิม ถ้ามีเหตุผลและหลักฐานเพียงพอ และพิจารณาการสรุปใหม่ถ้าการสรุปไม่มีเหตุผลมีข้อมูลหรือเหตุผลเพิ่มเติม พิจารณาและตัดสินการนำข้อสรุปไปประยุกต์ใช้

9. แนวทางในการพัฒนาความสามารถด้านการคิดวิจารณ์ญาณ

การพัฒนาทักษะการคิดวิจารณ์ญาณ การพัฒนาความคิดของผู้เรียนนับเป็นเป้าหมายที่สำคัญยิ่งของการจัดการศึกษาและสามารถพัฒนาได้โดยการสอน การพัฒนาการคิดจึงเข้ามามี

บทบาทในการจัดการศึกษา แต่การสอนทักษะการคิดก็ยังประสบปัญหาต่างๆ โดยครูส่วนใหญ่ในโรงเรียนมักจะเน้นวิธีการท่องจำทำให้เด็กไม่ได้พัฒนาความคิดเท่าที่ควรเด็กไม่สามารถที่จะแก้ปัญหาได้เมื่อประสบด้วยตนเอง สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2540 : 25 – 27)

ทิศนา แจมมณีและคณะ (2544 : 96 – 97) ได้กล่าวว่า ประเวศ วะสี ได้เสนอกระบวนการทางปัญญาซึ่งเป็นแนวทางที่นำไปสู่การคิดระดับสูง และการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ประกอบด้วยขั้นตอนหรือกิจกรรมหลักในการพัฒนาปัญญา 10 กิจกรรม ซึ่งผู้สอนควรจะฝึกฝนให้แก่ผู้เรียน ดังนี้

1. ฝึกสังเกต ได้แก่ สังเกตในสิ่งที่เห็น สังเกตสิ่งแวดล้อม สังเกตการทำงาน การฝึกสังเกตจะทำให้เกิดปัญญามาก โลกทัศน์และวิถีคิด สติ – สมาธิ จะเข้าไปมีผลต่อการสังเกต
2. ฝึกบันทึกเมื่อสังเกตอะไรแล้วควรฝึกบันทึกโดยการวาดรูปหรือบันทึกข้อความหรือถ่ายภาพ ถ่ายวิดีโอ จะบันทึกละเอียดมากขึ้นเพียงใด ควรให้เหมาะสมกับวัยและสถานการณ์ การบันทึกช่วยพัฒนาปัญญาได้อย่างดี
3. ฝึกการนำเสนอต่อที่ ประชุมเมื่อมีการทำงานกลุ่ม ได้เรียนรู้ อะไรมาบันทึกอะไรมา ควรมีการนำเสนอแลกเปลี่ยนความรู้กัน ควรมีการฝึกการนำเสนอ การนำเสนอได้ดี เป็นการพัฒนาปัญญาทั้งของผู้นำเสนอและของกลุ่ม
4. ฝึกการฟัง การรู้จักฟังคนอื่นทำให้บุคคลฉลาดขึ้น โบราณเรียกว่าเป็นพหูสูต บางคนไม่ได้ยินคนอื่นพูด เพราะหมกมุ่นอยู่ในความคิดของตัวเอง หรือมีความฝังใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่งจนเรื่องอื่นเข้าไม่ได้ ฉันทะ สติ สมาธิ จะช่วยให้ฟังได้ดีขึ้น
5. ฝึกปุจฉา - วิสัชนา เมื่อมีการนำเสนอและการฟังแล้ว ฝึกปุจฉา – วิสัชนา หรือถามตอบซึ่งเป็นการฝึกให้เหตุผลวิเคราะห์ สังเคราะห์ ทำให้เกิดความแจ่มแจ้งในเรื่องนั้นๆ ถ้านักเรียนฟังครูโดยไม่ถาม-ตอบ ก็จะไม่แจ่มแจ้ง
6. ฝึกตั้งสมมติฐานและตั้งคำถาม เมื่อเรียนรู้อะไรไปแล้ว ควรฝึกตั้งคำถามให้ได้ว่า สิ่งนี้คืออะไร สิ่งนั้นเกิดจากอะไร อะไรมีประโยชน์ ทำอย่างไรจะสำเร็จประโยชน์อันนั้นถ้ากลุ่มช่วยกันคิดคำถามที่มีคุณค่าและมีความสำคัญก็จะอยากได้คำตอบ
7. ฝึกการค้นหาคำตอบ เมื่อมีคำถามแล้วก็ควร ไปค้นหาคำตอบจากหนังสือจากตำรา จากอินเทอร์เน็ต หรือ ไปคุยกับคนเฒ่าคนแก่แล้วแต่ธรรมชาติของคำถามการค้นหาคำตอบ ต่อคำถาม ที่สำคัญจะสนุกและทำให้ได้ความรู้มากกว่าการท่องหนังสือ โดยไม่มีคำถามบางคำถามเมื่อค้นหาคำตอบทุกวิถีทางจนหมดแล้วก็ไม่พบแต่คำถามยังอยู่และมีความสำคัญต้องหาคำตอบต่อไปด้วยการวิจัย

8. ฝึกวิจัยการวิจัยเพื่อหาคำตอบเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ทุกระดับการวิจัยจะทำให้ค้นพบความรู้ใหม่ซึ่งจะทำให้เกิดความภูมิใจ สนุก และมีประโยชน์มาก

9. ฝึกเชื่อมโยงบูรณาการ การบูรณาการเชื่อมโยงให้เห็นความเป็นทั้งหมด และเห็นตัวเองเป็นสิ่งสำคัญ ธรรมชาติของสรรพสิ่งล้วนมีความเชื่อมโยงกัน เมื่อเรียนรู้ อะไรมาไม่ควรให้ความรู้นั้นแยกเป็นส่วน ๆ แต่ควรเชื่อมโยงเป็นบูรณาการให้เห็นความเป็นทั้งหมด ในความเป็นทั้งหมดจะมีความงาม และมีมิติอื่นผุดบังเกิดออกมาเหนือความเป็นส่วนๆ และในความเป็นทั้งหมดนั้นต้องมองให้เห็นตัวเอง เกิดการรู้ตัวเองตามความเป็นจริงว่าสัมพันธ์กับความเป็นทั้งหมดอย่างไร ในการบูรณาการความรู้ที่เรียนรู้มาให้รู้ความเป็นทั้งหมดและเห็นตัวเองนี้ จะนำไปสู่อิสรภาพและความสุขหลุดพ้นจากความบีบคั้นของความไม่รู้

10. ฝึกการเขียนเรียงเรียงทางวิชาการ หมายถึง การให้ผู้เรียนฝึกการเขียนและเรียงเรียงกระบวนการเรียนรู้ และความรู้ใหม่ที่ได้มาการเรียงเรียงทางวิชาการเป็นการเรียงเรียงความคิดให้ประณีตขึ้นทำให้เกิดการค้นคว้าหาหลักฐานที่ถูกต้องน่าเชื่อถือ การเรียงเรียงทางวิชาการจึงเป็นการพัฒนาปัญญาของตนเองอย่างสำคัญและเป็นประโยชน์ในการเรียนรู้ของผู้อื่นในวงกว้างออกไป

อรพรรณ พรสีมา (2543 : 40-42) ซึ่งเป็นศูนย์ฝึกอบรมเกี่ยวกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการศึกษา ได้ทำคู่มือการฝึกทักษะการคิดระดับสูงโดยเสนอกิจกรรมที่จำเป็นต่อการพัฒนาทักษะการคิด 2 ลักษณะ คือ การคิดวิจารณ์ญาณ และการคิดแบบสร้างสรรค์ โดยมีกิจกรรมที่จำเป็นต่อการคิดวิจารณ์ญาณ ดังนี้

1. ฝึกคิดเกี่ยวกับรายละเอียดขององค์ประกอบของกิจกรรม สิ่งของ สถานที่ และเหตุการณ์ต่างๆ
2. ฝึกแยกแยะองค์ประกอบที่ทำให้กิจกรรมล้มเหลว หรือความเลวร้ายของสถานการณ์
3. ฝึกแยกแยะความคิดเห็นที่แตกต่างหรือคล้ายกันของบุคคล หรือกลุ่มบุคคลว่าแตกต่างหรือเหมือนกันอย่างไร
4. ฝึกแยกแยะและจำแนกข้อมูลที่ เป็นจริงและที่เป็นเพียงความคิดเห็นออกจากกัน
5. ฝึกแยกแยะข่าวสารข้อมูลที่ ได้รับจากสื่อมวลชนและแหล่งข้อมูลอื่นว่ามีความเหมือนหรือต่างกันอย่างไร
6. ฝึกแยกแยะข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะที่เราเห็นว่าสมเหตุสมผลและที่ไม่สมเหตุสมผล

7. ให้นักเรียนฝึกสร้างเกณฑ์ในการตัดสินความถูกต้อง ความเหมาะสมความดีและความงามของสิ่งต่าง ๆ

8. ฝึกหาข้อมูลนำมาใช้สนับสนุนความคิดเห็นและข้อเท็จจริงที่ ต้องการกล่าวอ้าง

9. ฝึกแยกแยะข้อคิดเห็นในเชิงทำลายและสร้างสรรค์ของนักเรียน นักการเมืองและนักวิเคราะห์วิจารณ์

10. ประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนมีความคิดวิจารณ์ญาณ
ทิสนา แชมมณี และคณะ (2544 : 59) กล่าวถึง ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการสอน
ให้ผู้เรียนมีความคิดวิจารณ์ญาณที่สำคัญ มีดังนี้

1. ช่วยให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีหลักการและเหตุผล และได้งานที่มีประสิทธิภาพ
2. ช่วยให้ผู้เรียนประเมินงาน โดยใช้เกณฑ์อย่างสมเหตุสมผล
3. ส่งเสริมให้ผู้รู้จักประเมินตนเองอย่างมีเหตุผล และมีทักษะในการตัดสินใจ
4. ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาอย่างมีความหมาย และเป็นประโยชน์
5. ช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา
6. ช่วยให้ผู้เรียนสามารถกำหนดเป้าหมายรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ ค้นคว้าความรู้ ทฤษฎี หลักการ ตั้งข้อสันนิษฐาน ตีความหมาย และลงข้อสรุป
7. ช่วยให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการใช้ภาษาและสื่อความหมาย
8. ช่วยให้ผู้เรียนสามารถคิดอย่างชัดเจน คิดอย่างถูกต้อง คิดอย่างแจ่มแจ้ง คิดอย่างกว้างขวางและคิดอย่างลุ่มลึกตลอดจนคิดอย่างสมเหตุสมผล
9. ช่วยให้ผู้เรียนเป็นผู้มีปัญญา ประกอบด้วย ความรับผิดชอบ ความมีระเบียบวินัย ความเมตตา และเป็นผู้มีประโยชน์
10. ช่วยให้ผู้เรียนสามารถอ่าน เขียน พูด ฟัง ได้ดี
11. ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ ตลอดชีวิตอย่างต่อเนื่องในสถานการณ์ที่โลกมีการเปลี่ยนแปลง

โดยสรุป การคิดวิจารณ์ญาณ หมายถึง การคิดอย่างมีเหตุผล มีหลักเกณฑ์ครีกรองอย่างรอบคอบที่ ใช้เหตุผล ทักษะการคิดตัดสินใจ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทัศนคติในการสืบเสาะความรู้ ในการหาแหล่งข้อมูลอ้างอิง หาข้อผิดพลาด ข้อสงสัย การใช้ประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อการตัดสินใจก่อนที่จะเชื่อหรือก่อนที่จะลงมือปฏิบัติ ความสามารถในการตัดสินข้อความหรือปัญหาว่าสิ่งใดเป็นจริง สิ่งใดเป็นเหตุเป็นผล

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

Gagne (ไพฑูริย์ สุขศรีงาม. 2548 : 5 ; อ้างอิงมาจาก Gagne. 1965 : 10) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะทางสติปัญญาที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้โมเดล หลักการและกฎช่วยให้การลงข้อสรุปแบบอุปนัยมีความเที่ยงตรงเชื่อถือได้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มี ลักษณะที่สำคัญ 4 ประการ คือ

1. กระบวนการอย่างง่ายหรือพื้นฐานซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับกระบวนการที่ซับซ้อน
2. แต่ละกระบวนการเป็นทักษะทางสติปัญญาเฉพาะอย่าง ที่ นักวิทยาศาสตร์ ใช้ทำให้เข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ ต่างๆ ในธรรมชาติได้
3. แต่ละกระบวนการเป็นพฤติกรรมของนักวิทยาศาสตร์ที่สามารถวินิจฉัยได้ และนักเรียนสามารถเรียนรู้ได้
4. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถถ่ายโอนไปยังเนื้อหาวิชาที่แตกต่างกันได้ และช่วยให้เกิดความคิดอย่างสมเหตุสมผลในชีวิตประจำวันได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 76) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากปฏิบัติ และฝึกฝนความนึกคิดอย่างมี ระบบซึ่งก่อให้เกิดความงอกงามทางสติปัญญา

ภพ เลหาไพบูลย์ (2544: 14) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่เน้นพฤติกรรม หมายถึง การปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบ โดยใช้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ฝึกการสังเกต การบันทึกข้อมูล การตั้งสมมุติฐาน และการทดลอง

ไพฑูริย์ สุขศรีงาม (2548 : 11) กล่าวถึงแนวความคิดในการเสนอแนะให้นำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการเรียนการสอนมาตั้งแต่กลางปี ค.ศ 1800 เพราะเป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เป็นกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทำให้ได้ความรู้ซึ่งอาศัยการใช้กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์แบบอุปนัย (Induction) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงไม่ควรเน้นการถ่ายทอดความรู้ แต่ควรเน้นการฝึกความสามารถในการสังเกตและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้มีนักการศึกษาและผู้มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้นิยามต่างกันหลายประการ สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นสติปัญญา
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นพฤติกรรม

โดยสรุป ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการทางสติปัญญาที่ส่งเสริมให้บุคคลสามารถค้นหาความจริง หรือค้นหาสิ่งที่ยังไม่รู้ โดยเริ่มจากกระบวนการที่ง่ายไปจนถึงกระบวนการที่ย่างยาก ซับซ้อนได้ด้วยตนเอง ซึ่งจะประสบความสำเร็จหรือล้มเหลวขึ้นอยู่กับความสามารถในการนำทักษะกระบวนการไปใช้ อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งได้ว่า วิธีการสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สมาคมส่งเสริมความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science : AAAS) ได้ กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไว้ 13 ทักษะกระบวนการ (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2548 : 93 ; อ้างอิงมาจาก Collette. 1973 : 65)

1. ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน (Basic Process Skill) แบ่งออกเป็น 8 ทักษะ ดังนี้

- 1.1 การสังเกต (Observing)
- 1.2 การจัดประเภท (Classifying)
- 1.3 การวัด (Measuring)
- 1.4 การใช้เลขจำนวน (Using Number)
- 1.5 การสื่อความหมาย (Communicating)
- 1.6 การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับเวลา (Using Space-Time Relationship)
- 1.7 การพยากรณ์ (Predicting)
- 1.8 การลงข้อวินิจฉัย (Inferring)

2. ทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการ (Integrated Process Skills) แบ่งออกเป็น 5 ทักษะ ดังนี้

- 2.1 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)
- 2.2 การสร้างสมมุติฐาน (Formulating Hypothesis)
- 2.3 การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Controlling Data)
- 2.4 การทดลอง (Experimenting)
- 2.5 การแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting Data)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ได้แก่

1. ทักษะการสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลาย

อย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนังไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุ หรือเหตุการณ์ โดยมีวัตถุ ประสงค์ที่จะหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้นๆ โดยไม่ ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป

2. ทักษะการวัด หมายถึง การเลือกและการใช้เครื่องมือทางการวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสม และถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ
 3. ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ โดยมีเกณฑ์ดังกล่าว อาจจะใช้ความเหมือนความแตกต่างหรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้
 4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา มิติของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองที่ ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วมิติของวัตถุ จะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง ความสัมพันธ์ ระหว่าง 3 มิติ กับมิติของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างมิติของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง ที่อยู่ของวัตถุ กับเวลา หรือความสัมพันธ์ ระหว่างมิติของวัตถุ ที่เปลี่ยนไปกับเวลา
 5. ทักษะการคำนวณ หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุ และการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่ นับได้ มาคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร หรือหาค่าเฉลี่ย
 6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำเสียใหม่โดยการหาความถี่เรียงลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ไดอะแกรม วงจรกราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น
 7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้ หรือประสบการณ์เดิมเข้าช่วย
 8. ทักษะพยากรณ์ หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทดลองโดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎี ที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นๆ มาช่วยในการสรุป
- ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ มี 5 ทักษะ ได้แก่
1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการให้คำอธิบาย ซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้นๆ ต่อไป สมมติฐานเป็นข้อความที่แสดงการคาดคะเน ซึ่งอาจเป็นคำอธิบายของสิ่งที่ ไม่ สามารถตรวจสอบโดยการสังเกตได้ หรืออาจเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ ที่คาดคะเนว่าจะเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรต้น

กับตัวแปรตาม ข้อความของสมมติฐานนี้สร้างขึ้น โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิม เป็น พื้นฐานการคาดคะเนคำตอบที่คิดล่วงหน้านี้ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือ ทฤษฎี มาก่อน ข้อความของสมมติฐานต้องสามารถทำการตรวจสอบ โดยการทดลองและแก้ไขเมื่อมีความรู้ ใหม่ได้

2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึงความสามารถในการกำหนด ความหมายและขอบเขตของค่า หรือตัวแปรต่างๆ ให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตและวัดได้
3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง การบ่งชี้ ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ ต้องควบคุม ในสมมติฐานหนึ่งการควบคุมตัวแปร นั้นเป็นการควบคุมสิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่ทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากว่า ไม่ ควบคุมให้เหมือนกัน ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (Independent Variable) เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องการศึกษา หรือเป็นตัวแปรที่ต้องการทดลองดูว่าจะก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่ ตัวแปรตาม (Dependent Variable) เป็นตัวแปรที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้น เปลี่ยน ไป ตัวแปรตามจะเปลี่ยนไปด้วย ตัวแปรควบคุม (Controlled Variable) เป็นตัวแปรตัวอื่นๆ ที่ ยังไม่สนใจศึกษาที่อาจจะมี ผลต่อตัวแปรตามในขณะนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมให้คงที่ไว้ก่อน
- ทักษะ การกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถที่จะบ่งชี้ได้ว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปร ต้นตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรใดเป็นตัวแปรควบคุมในการหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น ระหว่าง ตัวแปรในสมมติฐานหนึ่งๆ หรือในปรากฏการณ์หนึ่งๆ
4. ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการตรวจสอบสมมติฐาน โดยการทดลอง โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ ออกแบบไว้ ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง และการบันทึกผลการทดลอง
5. ทักษะแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการบอก ความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ซึ่งอาจอยู่ใน รูปตาราง กราฟ แผนภูมิหรือรูปภาพต่างๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูล ในเชิงสถิติด้วย และสามารถลงข้อสรุปโดยการนำเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมด สรุปให้ เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาภายในขอบเขตของการทดลอง นั้นๆ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

ธนวรรณ โสมน้อย (2548) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาบทปฏิบัติการเคมี โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อ 1) ทดลองใช้จุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียในน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมและโรงฆ่าหมู ย่อยสลายสีย้อมผ้าและนำผลที่ได้ 2) พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จากผลการทดลอง และ 3) ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ดำเนินการ 3 ขั้นตอน คือ 1) การทดลองการใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 บทปฏิบัติการ ได้แก่ 1. เรื่อง การศึกษาชนิดและสัณฐานวิทยาของจุลินทรีย์ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ 2. เรื่อง การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการถ่ายเชื้อโดยเทคนิคปลอดเชื้อ 3. เรื่อง การย้อมสีแบคทีเรียแบบแกรมและการแยกเชื้อแบคทีเรียให้บริสุทธิ์ 4. เรื่อง การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมผ้าของจุลินทรีย์บนอาหารแข็งและในอาหารเหลว 5. เรื่อง การตรวจผลและการสรุปผลบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 3) นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนในการทดลองสอนให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) กรุงเทพมหานคร จำนวน 10 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ขณะเรียนทุกบทและเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หลังจากเรียนจบทุกบท ผลการวิจัย พบว่า 1) ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นไปตามทฤษฎีที่ได้ศึกษาค้นคว้าและสามารถนำไปพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ได้ 2) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 บท มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก 3) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนได้ผลดี กล่าวคือ 1. นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน 2. นักเรียนมีทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 80

ปัทมา สังกาตรี (2555) ได้ทำการวิจัย การแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อ 1) พัฒนาบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ให้มีประสิทธิภาพ 75/75 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร และ 3) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียน โดยใช้บทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 35 คน โรงเรียนอัคระวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม ผลการวิจัย พบว่า 1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 76.89/75.58 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียน โดยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่า

ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3. ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พรยมล บัวศิริ (2546) ได้ทำการวิจัยการพัฒนามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 มีความมุ่งหมาย 3 ประการคือ 1) เพื่อพัฒนามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้และผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และ 3) เพื่อศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 77.75/79.33 2) นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ และผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และ 3) ด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าระดับดี

วารีย์ บุญลือ (2550) ได้ทำการวิจัยการพัฒนามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 โดยมีจุดมุ่งหมาย 4 ประการคือ 1) เพื่อพัฒนามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 3) เพื่อศึกษาทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 4) เพื่อศึกษาความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม ผลการวิจัยพบว่า 1) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนามีประสิทธิภาพ 84.38/80.50 2) นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 3) นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับ ดีมาก และ 4) นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

สันติ พันธุ์ชัย (2553) ได้ศึกษาการพัฒนามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพอลิเมอร์และผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีจุดมุ่งหมาย 3 ประการ คือ 1. เพื่อพัฒนามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์และผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ และด้านทักษะปฏิบัติการทดลอง 3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ผลการวิจัยพบว่า 1) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 77.31/79.68 2) นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทดลองสูงกว่าระดับดี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการ โดยรวมสูงกว่าระดับมาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัมพร กรุดวงษ์ (2548) ได้ทำการวิจัย เพื่อ 1) พัฒนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) ศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ดำเนิน 3 ขั้นตอน คือ 1) การพัฒนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์, 2) การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ 75/75 และ 3) การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิจัย พบว่า 1) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 78.25/79.50 2) นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าระดับดี 3) ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีพัฒนาการสูงขึ้นตามลำดับ และสูงกว่าระดับดี

สยาม เจริญศรี (2549) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความมุ่งมั่นสู่ความสำเร็จของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมปฏิบัติการทดลองของโรงเรียนสารสาสน์พิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษารุงเทพมหานคร เขต 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 30 คน ผลการศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมปฏิบัติการทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 และมีผลความมุ่งมั่นสู่ความสำเร็จของนักเรียนสูงขึ้นด้วย

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Yakar และ Baykara (2014 : 173-183) ได้ศึกษาผลของการปฏิบัติการเรียนรู้เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อการทดลองวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้รับการวิเคราะห์ วิธีการวิเคราะห์ที่ไม่ได้ทดลองเชิงปริมาณแต่वलุ่มการออกแบบการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง ได้ถูกนำมาใช้เพื่อที่จะสังเกตการพัฒนาระดับความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของครูก่อนการจัดการเรียนรู้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษา พบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์มีผลในเชิงบวกและมีเจตคติที่ดีต่อการนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการจัดการเรียนสอน

Klag (1990 : 2989-A) ได้ศึกษาผลการฝึกใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่มีต่อเจตคติและความชำนาญในการนำเครื่องมือวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ กลุ่มตัวอย่างเป็นครู

ฝึกสอนซึ่งได้รับการฝึกใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรม พบว่า 252 กิจกรรมและบทเรียนเป็นจำนวนมากที่เกี่ยวกับการฝึกใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ครูฝึกสอนที่ได้รับการสอน โดยฝึกใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์มีความชำนาญในการนำเครื่องมือวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์เพิ่มมากขึ้นและมีคุณภาพในการปฏิบัติจริงในห้องเรียนสูงขึ้น

Serlin (1977 : 5729-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 แบบ โดยแบบแรกนักเรียนได้รับคำแนะนำบอกรายละเอียด วิธีทำปฏิบัติการ ให้ทั้งหมด แบบที่สองครูจะสอนว่าจะแก้ปัญหอย่างไรและช่วยออกแบบการทดลองให้ด้วยให้นักเรียนเข้าร่วมในการทดลอง 372 คนจำนวน 16 ห้องเรียนครู 76 คน ระหว่างสอนมีการประเมินพฤติกรรมการสอนโดยการสังเกตบันทึกแบบระบบการศึกษาห้องเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และการวิเคราะห์คำถามเพื่อทดสอบว่าครูที่สอนนักเรียนคนละวิธีนี้สอนภาคทฤษฎีเหมือนกัน การวัดผลใช้แบบสอบประเมินความคิดวิเคราะห์ของวัตสัน เกล้เซอร์ และแบบสอบกระบวนการวิทยาศาสตร์ทดสอบเริ่มเรียนและสิ้นภาคการศึกษา ผลพบว่า ไม่มีความแตกต่างในด้านการคิดวิเคราะห์และความรู้เกี่ยวกับกระบวนการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียน 2 วิธีต่างกัน นอกจากนี้ยังไม่ปรากฏความแตกต่าง ในด้านพฤติกรรมในห้องเรียน จำนวนคำถามที่ครูใช้ถามนักเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางเนื้อหาวิชา ของนักเรียนอีกด้วย

Kolebas (1972 : 4443-A) ได้ศึกษาเจตคติของนักเรียนและครูวิทยาศาสตร์ที่มีต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ใน โรงเรียนมัธยมศึกษาของคูเวต ตัวอย่างประชากรประกอบด้วยนักเรียน โรงเรียนมัธยมศึกษาจำนวน 1,480 คน และครูที่สอนนักเรียนที่เป็นตัวอย่างประชากรจำนวน 51 คน จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีความเห็นว่ากิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็น น่าสนใจ และเป็นประโยชน์ต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามนักเรียนยังไม่แน่ใจในความสามารถของตนเองในการที่จะทำการทดลองมากกว่านักเรียนชายที่อยู่นอกเมือง ครูวิทยาศาสตร์และนักเรียนทั้งอยู่ในเมืองและรอบๆเมืองคูเวต มีเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในทางบวกสูงกว่าครูวิทยาศาสตร์และนักเรียนที่อยู่นอกเมือง

Okebukola (1985 : 221-231) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของนักเรียนในห้องปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์กับทักษะการทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตทักษะการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงมาจากแบบวัดเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของฮอฟสตัน พบว่า พฤติกรรมของนักเรียนในห้องปฏิบัติการ

วิทยาศาสตร์กับทักษะการทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันทางบวก

Chatterjee (2009 : 1427 – 1432) ได้ศึกษาการทำปฏิบัติการสืบเสาะมีความสำคัญต่อการพัฒนามโนทัศน์ของนักศึกษาและทำให้นักศึกษามีความเข้าใจลึกซึ้งขึ้น โดยแบ่งนักศึกษาเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มที่ทำการทดลองสืบเสาะแบบมีโครงสร้าง (guided inquiry) และแบบสืบเสาะแบบเปิดกว้าง (open inquiry) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สอนวิชาเคมีทั่วไป ของมหาวิทยาลัยใหญ่ทางตอนใต้แห่งหนึ่ง (large southwestern university) นักศึกษาถูกถามให้ทำแบบใหม่ คือ สืบเสาะแบบมีโครงสร้าง สืบเสาะแบบปลายเปิด หรือทั้งสองวิธี การศึกษายังรวมถึงสอบถาม เจตคติของนักศึกษาต่อการสืบเสาะทั้งสองแบบที่นักศึกษาได้ทำระหว่างเรียน และสิ่งที่นักศึกษาได้รับมากขึ้นจากการทำการทดลองสืบเสาะแบบปลายเปิด ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าร้อยละ 78 ของนักศึกษาสามารถระบุบทปฏิบัติการแบบสืบเสาะแบบมีโครงสร้าง ขณะที่ร้อยละ 54 สามารถระบุบทปฏิบัติการแบบสืบเสาะแบบเปิดกว้าง มีเพียงร้อยละ 46 ที่ระบุได้ทั้งสองวิธีอย่างถูกต้อง นักศึกษาชอบการทดลองสืบเสาะแบบมีโครงสร้าง มากกว่าแบบปลายเปิด และพวกเขาได้เรียนรู้มากกว่าเมื่อทำการสืบเสาะแบบมีโครงสร้าง

Lindsay (1974 : 7068-A) ได้ศึกษาผลการสอนโดยวิธีที่นักเรียนเป็นศูนย์กลาง(Student-centered) วิธีตาม โปรแกรม Chem Study และวิธีครูเป็นศูนย์กลาง (Teacher-centered) ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสนใจทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ ตัวอย่างเป็นนักเรียนที่เรียนเคมีใน โรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 76 คน ผลการศึกษาพบว่า การสอนโดยให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางจะทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ถูกสอนโดยวิธีตาม โปรแกรม Chem study และวิธีครูเป็นศูนย์กลาง และเพศของนักเรียน ไม่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเมื่อความสนใจทางวิทยาศาสตร์หรือความคิดสร้างสรรค์เปลี่ยนแปลงไป

Davis (1976 : 4164-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยการค้นพบแนะแนวทางกับการสอนแบบครูบอกให้รู้ตามตำราที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทัศนคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาจำนวน 103 คนแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 50 คน ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และค้นพบชี้แนะแนวทาง กลุ่มควบคุม 53 คน ได้รับการสอนแบบครูบอกความรู้ตามตำรา ผลการทดสอบพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างไม่แตกต่างกัน

Mahan (1970 : 309-316-A) ได้ศึกษาผลการสอนของครู 2 แบบคือการสอนแบบบรรยายประกอบการอภิปรายและวิธีสอนแบบแก้ปัญหาในกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9 ใช้เกณฑ์

ในการตัดสินใจคือ ระดับสติปัญญา คุณวุฒิของครูผู้สอนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับใกล้เคียงกันหลังจากการเรียนการสอนผ่านไป 1 ปีแล้วทำการสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชายมีความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์มากขึ้นและสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้นักเรียนที่เรียนอ่อนมีความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และมีทักษะในการแก้ปัญหามากขึ้น

Beasley และ Heibkinen (1983) ได้ศึกษาการใช้เทคนิค ผีการคิดพิจารณาทบทวนด้วยตนเองเพื่อฝึกทักษะการทดลองของนักศึกษาที่เรียนวิชาเคมี ในการใช้เครื่องมือทดลอง ตาชั่ง ปีเปตต์ บิวเรตต์และการใช้ขวดปริมาตร แบ่งเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มลงมือปฏิบัติ กลุ่มใช้ความคิดพิจารณาทบทวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น กลุ่มลงมือปฏิบัติและใช้ความคิดพิจารณาทบทวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น และกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่จบชั้นมัธยมศึกษาয়ชาติเทคนิคการใช้ขวดหาปริมาตรจากการเรียนวิชาเคมี การวางแผนการฝึกปฏิบัติจะปรับปรุงการปฏิบัติการทดลองได้ และไม่มี ความแตกต่างกันระหว่างการใช้วิธีลงมือปฏิบัติและการใช้ความคิดพิจารณาทบทวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

Martar (1986) ได้ศึกษาความต้องการในวิชาชีพของครูวิทยาศาสตร์ใน โรงเรียนมัธยมศึกษาโดยใช้แบบสอบถามกับครูวิทยาศาสตร์ ปรากฏว่า ครูมีความต้องการเป็นอย่างมากในเรื่องความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติการทดลอง และอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่จัดให้มีขึ้น และมีความต้องการน้อยกว่าในเรื่องของการวางแผน การประเมินผล และการจัดการกับวิธีสอน และการปรับปรุงตนเองการมีประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์ เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลสูง ส่วนวิชาเอก และวิชาที่สอนมีอิทธิพลน้อย

Beasley (1979 : 5428-5436A) ได้ศึกษาผลของการฝึกทักษะภาคปฏิบัติโดยวิธีปฏิบัติจริง และวิธีการติดต่อการทำปฏิบัติการทดลองเคมี ของนักเรียนวิชาเคมีพื้นฐาน เพื่อศึกษาผลของการฝึกทักษะด้วยการปฏิบัติด้วยทักษะการทดลองอย่างเดี่ยว ผลของการฝึกทักษะด้วยการคิดอย่างเดี่ยว และผลของการฝึกทักษะปฏิบัติการทดลอง และการคิดร่วมกัน โดยแบ่งนักศึกษาออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม กลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม การประเมินผลปฏิบัติการทดลองใช้เกณฑ์ในการประเมิน 2 เกณฑ์ คือความถูกต้องแม่นยำ และความคงที่แน่นอน โดยใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรมของ นักศึกษาขณะทำการทดลอง ทำการสังเกต 2 สัปดาห์ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน จากการศึกษาพบว่า ทักษะภาคปฏิบัติของนักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะแบบต่างๆ ทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันและนักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะภาคปฏิบัติการทดลอง แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงว่าการฝึกทักษะในการปฏิบัติการทดลองทำให้มีเทคนิคการทดลองถูกต้องแม่นยำ

Macbeth (1974 : 45-51) ได้ศึกษาขอบเขตความสามารถของนักเรียนเกี่ยวกับทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ โดยเปรียบเทียบทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนอนุบาลกับนักเรียนเกรด 3 จากการศึกษาพบว่า การสอน โดยให้เด็กอนุบาลได้ทำการทดลองด้วยตนเองจะช่วยให้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในเด็กอนุบาล ได้ดีกว่าเด็กที่มีอายุมากกว่าและการสอนเด็กเล็กๆ ได้ทดลองด้วยตนเองไม่ได้ผล สาเหตุหนึ่งเนื่องมาจากทักษะทางด้านการพูดและการติดต่อสื่อสาร โดยให้ข้อเสนอแนะว่า การใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ในระดับสูงขึ้นไปควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทดลองใช้อุปกรณ์ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้และทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับอายุ และพัฒนาการระดับสติปัญญาของเด็กการสอน โดยให้นักเรียนได้เรียนจากของจริง มีผลต่อการเรียนของเด็กเล็กมากกว่าเด็กโต

จากผลการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวกับการสอน โดยใช้บทบาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ นั้นสามารถช่วยพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนทั้ง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ การคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนนี้ มาใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในเนื้อหาเรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi – Experimental Research) โดยมีขั้นตอนดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนการศึกษา
3. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา
4. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ที่เรียนในอำเภอคูคต จังหวัดมหาสารคาม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 จำนวน 84 คน จาก 3 ห้องเรียนที่มีการจัดนักเรียนแบบคละความสามารถในการเรียน

2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ จังหวัดมหาสารคาม ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) และ 1 ห้องเรียน จำนวน 29 คน โดยสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จากห้องเรียนด้วยวิธีจับฉลาก

แบบแผนการศึกษา

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi – Experimental Research) ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการทดลองตามแบบ The Randomized Pretest-Posttest Design (ชวลิต ชูกำแหง. 2553 : 67) ซึ่งมีแบบแผนดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แบบแผนการทดลองของการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง	สอบก่อนเรียน	การทดลอง	สอบหลังเรียน
RE ₁	O ₁	X	O ₂

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

- RE₁ แทน กลุ่มทดลองใดมาโดยการสุ่ม
 O₁ แทน การทดสอบก่อนทดลอง (Pretest)
 O₂ แทน การทดสอบหลังทดลอง (Posttest)
 X แทน การสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 7 บท

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี จำนวน 7 บทปฏิบัติการ บทปฏิบัติการ 2 ชั่วโมง รวม 14 ชั่วโมง
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ
3. แบบทดสอบวัดการคิดวิจารณ์ตาม เป็นแบบปรนัย ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ ด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต (Credibility of Sources and Observation) ด้านความสามารถในการนิรนัย (Deduction) ด้านความสามารถในการอุปนัย (Induction) ด้านความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption identification) จำนวน 40 ข้อ
4. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เป็นแบบปรนัย ประกอบด้วย 5 ด้าน คือ ด้านการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ด้านการตั้งสมมติฐาน ด้านการกำหนดและควบคุมตัวแปร ด้านการทดลอง และด้านการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป จำนวน 30 ข้อ

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ผู้วิจัยทำการศึกษาค้นคว้า มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. การสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น จำนวน 7 บทปฏิบัติการ ดังนี้

1.1 ศึกษาเอกสารหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สารและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของโรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ อำเภอคูระ จังหวัดมหาสารคาม

1.2 วิเคราะห์หลักสูตร และเนื้อหาหลักสูตรสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาเคมี ว 30221 ภาคเรียนที่ 2 ปการศึกษา 2557 จากหลักสูตรสถานศึกษาสำหรับนำมาเป็นเนื้อหาประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในการวิจัยซึ่งผู้วิจัยเลือกเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 เรื่อง สารและสมบัติของสาร มาตรฐาน ว 3.1 มาสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 4 เรื่องจำนวน 7 บทปฏิบัติการ ดังนี้

1.2.1 เรื่องที่ 1 พันธะเคมีกับสมบัติของสาร ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือ บทปฏิบัติการ เรื่อง นำไฟฟ้าหรือไม่นำไฟฟ้า บทปฏิบัติการ เรื่อง พันธะเคมีกับสารประกอบในชีวิตประจำวัน

1.2.2 เรื่องที่ 2 พันธะไอออนิก ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก บทปฏิบัติการ คือ บทปฏิบัติการ เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

1.2.3 เรื่องที่ 3 พันธะโคเวเลนต์ ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการคือ บทปฏิบัติการ เรื่อง การระเหิดของไอโอดีน บทปฏิบัติการ เรื่อง รูปร่างโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์

1.2.4 เรื่องที่ 4 พันธะโลหะ ประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการคือ บทปฏิบัติการ เรื่อง โลหะกับสมบัติของพันธะโลหะ

1.3 ศึกษาหลักการ ทฤษฎี และวิธีการสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้คำถามที่ส่งเสริมและพัฒนาการคิดขั้นสูง (นักเรียน) ตามการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ตามขั้นตอนของ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546 : 219 - 220)

1.4 ศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (นันทิยา บุญเคลือบ. 2540 : 13-14)

1.5 สร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น จำนวน 7 บทปฏิบัติการ เวลาเรียน 14 ชั่วโมง ตามหลักการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ของ (Marvin N. Tolman. 2006 : 401 - 404) ดังนี้

1.5.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น

- 1) ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- 2) คำชี้แจงแนวปฏิบัติ
- 3) วัตถุประสงค์
- 4) แนวคิดหลัก

- 5) แนวคิดรอง
- 6) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
- 7) สถานการณ์
- 8) กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้น

ชั้นที่ 1 ชั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) ชั้นนี้นักเรียนจะได้ศึกษาถึงสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ มีความสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียนในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ชั้นที่ 2 ชั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) ชั้นนี้นักเรียนจะร่วมกันวางแผนการทดลองตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการทดลอง โดยกำหนดหน้าที่หมุนเวียนตามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละเรื่อง

ชั้นที่ 3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase) ชั้นนี้นักเรียนจะช่วยกันสรุปผลจากผลการทดลอง และตอบคำถามที่ส่งเสริมการคิดซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ทำการทดลองในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ชั้นที่ 4 ชั้นขยายความรู้ (Expansion Phase) ชั้นนี้นักเรียนจะช่วยกันอธิบายคำถามที่เน้นความคิดขั้นสูง โดยระดมความคิดเห็นซึ่งอาจจะเกิดการโต้แย้งภายในกลุ่ม

ชั้นที่ 5 ชั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ชั้นนี้นักเรียนจะถูกประเมินจากการตอบคำถามในขั้นตอนที่ 2 – ขั้นตอนที่ 4

1.6 นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสาระสำคัญ จุดประสงค์ การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดผลประเมินผลในแต่ละบทปฏิบัติการ แล้วนำมาปรับปรุง โดยได้ทำการปรับปรุงสาระสำคัญให้ สอดคล้องกับจุดประสงค์ ความเหมาะสมของภาษา ความครอบคลุมของเนื้อหา ความเหมาะสมด้านการใช้ สื่อการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและการวัดผลและประเมินผล

1.7 นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ที่ปรับแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบความชัดเจน ความเหมาะสมของภาษา ความเหมาะสมด้านการใช้สื่อการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและการวัดผลและประเมินผลซึ่งผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

1.7.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผล ประเมินผล จำนวน 1 ท่าน คือ

1) อาจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม

1.7.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 1 ท่าน คือ

2) อาจารย์ ดร.สุพรรณ ยอดยิ่งยง สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล ถ.พุทธมนฑลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม

1.7.3 ครูผู้สอนด้านทักษะปฏิบัติการเคมี จำนวน 1 ท่าน คือ

3) ครูพิศุณสินธุ์ ภาณุวัชร ตำแหน่ง ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ อำเภอกุฉีกรัง จังหวัดมหาสารคาม

ผู้เชี่ยวชาญประเมิน ตรวจสอบและพิจารณาโดยใช้แบบประเมินชนิดมาตราส่วน 5 ระดับ (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert) (สมนึก กัทพิษธนี. 2552 : 103-111)

ช่วงคะแนนเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ และความเหมาะสม
4.51 – 5.00	มีคุณภาพ และเหมาะสมมากที่สุด
3.51 – 4.50	มีคุณภาพ และเหมาะสมมาก
2.51 – 3.50	มีคุณภาพ และเหมาะสมปานกลาง
1.51 – 2.50	มีคุณภาพ และเหมาะสมน้อย
1.00 – 1.50	มีคุณภาพ และเหมาะสมน้อยที่สุด

ค่าเฉลี่ยที่มีค่าตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป จึงจะถือว่าเป็นบทปฏิบัติการแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ได้ ซึ่งจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 – 5.00 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด (ภาคผนวกที่ 7)

1.8 นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ปรับแล้วนำเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องแล้วนำไปจัดพิมพ์

1.9 นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ อำเภอกุฉีกรัง จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 31 คน เพื่อศึกษาสภาพปัญหาต่างๆ โดยใช้เวลาตามตารางเรียนปกติซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ทดลองเพื่อทดสอบความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ หาข้อบกพร่องแล้วนำมาปรับปรุงในประเด็นที่เกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ความสอดคล้องของกิจกรรมกับเนื้อหา และความรู้เดิมของนักเรียน การใช้สื่อการเรียนรู้และการประเมินผลที่เป็นตามสภาพจริง

1.10 นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มาปรับปรุงแล้วนำไปจัดพิมพ์ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ทดลองสอนจริงกับกลุ่มตัวอย่าง

2. การสร้างคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนที่จะนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการเรียนการสอน โดยดำเนินการดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย 1) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551) คู่มือตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา 3) คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พุทธศักราช 2545 และ 4) เอกสารเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ทำการศึกษาและวิเคราะห์ในส่วนที่เกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

2.2 ศึกษาตัวชี้วัด สาระแกนกลางมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ คำอธิบายรายวิชา สาระที่ : 3 สารและสมบัติของสาร จุดประสงค์ รวมทั้งเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการสร้างคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละบทมีองค์ประกอบ ดังนี้ 1) ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) คำชี้แจงแนวปฏิบัติ 3) วัตถุประสงค์ 4) แนวคิดหลัก 5) แนวคิดรอง 6) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 7) สถานการณ์ 8) ตัวบทปฏิบัติการ และ 9) แนวการตอบคำถามการคิดขั้นสูงท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

2.3 นำคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและหาคุณภาพ

2.4 การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและหาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยนำคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย

2.4.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผล ประเมินผล จำนวน 1 ท่าน คือ

1) อาจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม

2.4.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 1 ท่าน คือ

2) อาจารย์ ดร.สุพรรณ ยอดยิ่งยง สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล ถ.พุทธมนต์พลสาย 4 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม

2.4.3 ครูผู้สอนด้านทักษะปฏิบัติการเคมี จำนวน 1 ท่าน คือ

3) ครูพิกุลสินธุ์ ภาณวัตร ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ อำเภอกุฉีราษฎร์ จังหวัดมหาสารคาม

ผู้เชี่ยวชาญลำดับที่ 2.4.1 – 2.4.3 ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และองค์ประกอบของคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยพิจารณาจาก ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไปและนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข ซึ่งกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องดังนี้

+1 หมายถึง สอดคล้อง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

-1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

องค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัดแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)

1. ความเหมาะสมของเนื้อหาในสถานการณ์ที่กำหนด

2. ภาษาที่ใช้ถูกต้อง เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)

1. ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสมขั้นตอนการทดลองเหมาะสม ทดลองได้

จริง

2. เวลาในการทดลองเหมาะสม

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)

1. ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม

2. ข้อคำถามสอดคล้องการทดลองในบทปฏิบัติการ

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase/Elaboration Phase)

1. ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม

2. ข้อคำถามส่งเสริมให้นักเรียนคิดสอดคล้องกับบทปฏิบัติการ

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)

1. เกณฑ์การให้คะแนนมีความเหมาะสม ยุติธรรม

ผู้เชี่ยวชาญประเมินคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ปรากฏว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแต่ละบทปฏิบัติการ อยู่ในช่วง 0.67 -1.00 แสดงว่านำไปใช้ทดลองได้ นำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข (ภาคผนวกที่ 1) และตรวจสอบและพิจารณาโดยใช้แบบประเมินชนิดมาตราส่วน 5 ระดับ (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert) (สมนึก ภัททิษณี. 2552 : 103-111)

ช่วงคะแนนเฉลี่ย

4.51 –5.00

ระดับคุณภาพ และความเหมาะสม

มีคุณภาพ และเหมาะสมมากที่สุด

3.51 –4.50	มีคุณภาพ และเหมาะสมมาก
2.51 –3.50	มีคุณภาพ และเหมาะสมปานกลาง
1.51 –2.50	มีคุณภาพ และเหมาะสมน้อย
1.00 –1.50	มีคุณภาพ และเหมาะสมน้อยที่สุด

ค่าเฉลี่ยที่มีค่าตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป จึงจะถือว่าเป็นบทปฏิบัติการแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ได้ ซึ่งจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ปรากฏว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 – 5.00 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดถึงมากที่สุด (ภาคผนวกที่ 7)

2.5 นำคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ปรับแล้วนำเสนอต่อ คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องแล้วนำไปจัดพิมพ์

2.6 นำคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ อำเภอกุสุมาลย์ จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 31 คน เพื่อศึกษาสภาพปัญหาด้านต่างๆ โดยใช้เวลตามตารางเรียนปกติซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ทดลองเพื่อทดสอบความเหมาะสม และความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ หาข้อบกพร่องแล้วนำมาปรับปรุงในประเด็นที่เกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ความสอดคล้องของกิจกรรมกับเนื้อหา และความรู้เดิมของนักเรียน การใช้สื่อการเรียนรู้และการประเมินผลที่เป็นตามสภาพจริง

2.7 นำคู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มาปรับปรุงแล้วนำไปจัดพิมพ์ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ทดลองสอนจริงกับกลุ่มตัวอย่าง

3. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ดำเนินการดังนี้

3.1 ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัยของ (สันติ พันธุ์ชัย. 2553 : 66 - 69) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2 วิเคราะห์เนื้อหาและผลการเรียนรู้รายวิชาเคมี แล้วนำผลที่ได้มาสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (4 ตัวเลือก) จำนวน 40 ข้อ โดยมีพฤติกรรม 4 ด้าน ดังนี้ และดังตารางที่ 3

3.2.1 ด้านความรู้ – ความจำ

3.2.2 ด้านความเข้าใจ

3.2.3 ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้

3.2.4 ด้านการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงการจำแนกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้จากพฤติกรรม 4 ด้าน

เนื้อหา	พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านที่								รวม	
	รู้-จำ		เข้าใจ		กระบวนการฯ		นำไปใช้			
	ข้อที่ ออก	ข้อที่ ใช้	ข้อที่ ออก	ข้อที่ ใช้	ข้อที่ ออก	ข้อที่ ใช้	ข้อที่ ออก	ข้อที่ ใช้	ข้อที่ออก	ข้อที่ใช้
1 พันระเคมีกับ สมบัติของสาร	3	3	6	4	3	3	4	3	16	10
2 พันระไอออนิก	4	3	6	2	3	2	4	4	17	11
3 พันระโคเวเลนต์	4	2	6	2	3	3	3	3	16	10
4 พันระโลหะ	4	2	6	3	1	1	-	-	11	9
รวม	15	10	24	11	10	9	11	10	60	40

3.3 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับชุดที่ประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ลำดับที่ 4.1.1 – 4.1.3 เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามกับพฤติกรรมการเรียนรู้ ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป และนำข้อเสนอนี้มาปรับปรุงแก้ไข (ภาคผนวกที่ 3)

3.4 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไข ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 31 คน แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบเป็นรายชื่อ

3.5 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก(r) อยู่ระหว่าง 0.25 ถึง 1.00

3.6 นำข้อสอบที่คัดเลือกมาหาค่าความเชื่อมั่น แบบคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) สูตร KR 20 ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.90 (ภาคผนวกที่ 4)

3.7 นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง

4. แบบทดสอบวัดการคิดวิจารณ์

ผู้วิจัยได้ขอความอนุเคราะห์ใช้แบบทดสอบวัดการคิดวิจารณ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สุขศรีงาม ซึ่งเป็นแบบวัดชนิดปรนัย แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที จำแนกเป็น 4 ด้าน ได้แก่

4.1 ความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต

4.2 ความสามารถในการนิรนัย

4.3 ความสามารถในการอุปนัย

4.4 ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

การตรวจให้คะแนนมีดังนี้ ข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดให้ 0 คะแนน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำแบบวัดไปหาคุณภาพของเครื่องมือ โดยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 2 โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 31 คน แล้วนำผลมาวิเคราะห์หาคุณภาพ ได้แก่ ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตร KR-20 ผลปรากฏว่าแบบวัด มีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.25 ถึง 0.46 มีค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายชื่อในแต่ละด้าน อยู่ระหว่าง 0.31 ถึง 0.77 ซึ่งเป็นค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าความเชื่อมั่นรายด้านและทั้งหมดอยู่ระหว่าง 0.77 ถึง 0.83 (ภาคผนวกที่ 5)

5. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ผู้วิจัยได้ขอความอนุเคราะห์ให้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สุขศรีงาม ซึ่งเป็นแบบวัดชนิดปรนัย แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาทำ 60 นาที จำแนกเป็น 5 ทักษะ ได้แก่

5.1 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

5.2 การตั้งสมมติฐาน

5.3 การกำหนดและควบคุมตัวแปร

5.4 การทดลอง

5.5 การแปลความหมายและการลงข้อสรุป

การตรวจให้คะแนนมีดังนี้ ข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดให้ 0 คะแนน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำแบบวัด ไปหาคุณภาพของเครื่องมือ โดยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 2 โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 31 คน แล้วนำผลมาวิเคราะห์หาคุณภาพ ได้แก่ ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตร KR-20 ผลปรากฏว่าแบบวัด มีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.25 ถึง 1.00 มีค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายชื่อในแต่ละด้าน อยู่ระหว่าง 0.30 ถึง 0.63 และมีค่าความเชื่อมั่นรายด้านและทั้งหมดอยู่ระหว่าง 0.72 ถึง 0.79 (ภาคผนวกที่ 6)

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองสอนด้วยตนเองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ อำเภอคูคต จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 1 ห้อง โดยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ผู้วิจัยนำหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ไปขอความร่วมมือจากผู้อำนวยการ โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ อำเภอคูคต จังหวัดมหาสารคาม เพื่อขออนุญาตทดลองเก็บรวบรวมข้อมูล ระยะเวลาทำการสอนใช้เวลาทั้งหมดกลุ่มละ 14 ชั่วโมง ตั้งแต่วันที่ 23 มกราคม 2558 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2558 โดยดำเนินการ ดังนี้
2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (ผ่านผู้เชี่ยวชาญ และ Try out แล้ว) แบบทดสอบวัดการคิด วิจัยารณญาณ และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยใช้เวลาในการทดสอบ แบบทดสอบละ 1 ชั่วโมง และตรวจเก็บคะแนนไว้
3. ผู้วิจัยแบ่งนักเรียนกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม 5 คน ได้ 5 กลุ่ม และกลุ่ม 4 คน ได้ 1 กลุ่ม โดยในแต่ละกลุ่มประกอบด้วย นักเรียนที่มีผลคะแนนทดสอบวัดผลปลายภาคเรียนวิชา เคมีพื้นฐาน ของภาคเรียนที่ 1/2557 ซึ่งแบ่งได้เป็น กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนทดสอบวัดผลปลายภาคเรียนวิชา เคมีพื้นฐาน สูง กลาง และต่ำ จำนวน 29 คน โดยในแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยนักเรียนที่มีคะแนนทดสอบวิชาเคมีพื้นฐาน สูง 3 คน กลาง 1 คน และต่ำ 1 คน เว้นแต่นักเรียนกลุ่ม 4 คน เป็นนักเรียนที่มีคะแนนทดสอบวิชาเคมีพื้นฐาน สูง 2 คน กลาง 1 คน และต่ำ 1 คน โดยใช้คะแนน T-Score (ภาคผนวกที่ 14) และทำความเข้าใจกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีสอนแบบคู่ขนานในแต่ละสัปดาห์ ถึงขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรมในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แต่ละเรื่อง เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนที่ผู้วิจัยกำหนดไว้จำนวน 7 บทปฏิบัติการ บทปฏิบัติการละ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ รวมเวลาในการสอน 14 ชั่วโมง ทั้งนี้ไม่รวมเวลาในการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 กำหนดการทดลองสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี

วัน/เดือน/ปี	เวลา	นักเรียน	กิจกรรม
23 ม.ค.58	8.30 – 09.30 น.	ไม่ใช้กลุ่มตัวอย่าง	ทดสอบก่อนเรียน – แบบวัดผลสัมฤทธิ์ฯ
23 ม.ค.58	9.30 – 10.30 น.	ไม่ใช้กลุ่มตัวอย่าง	ทดสอบก่อนเรียน – แบบวัดการคิดฯ

วัน/เดือน/ ปี	เวลา	นักเรียน	กิจกรรม
26 ม.ค.58	13.50 – 14.30 น.	ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง	ทดสอบก่อนเรียน – แบบวัดทักษะฯ
23 ม.ค.58	13.50 – 14.30 น.	กลุ่มตัวอย่าง	ทดสอบก่อนเรียน – แบบวัดผลสัมฤทธิ์ฯ
23 ม.ค.58	14.30 – 15.30 น.	กลุ่มตัวอย่าง	ทดสอบก่อนเรียน – แบบวัดการคิดฯ
26 ม.ค.58	8.30 – 09.30 น.	กลุ่มตัวอย่าง	ทดสอบก่อนเรียน – แบบวัดทักษะฯ
23 ม.ค.58	13.50 – 15.30 น.	ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง	นำไฟฟ้าหรือไม่นำไฟฟ้า
27 ม.ค.58	10.20 – 12.00 น.	กลุ่มตัวอย่าง	นำไฟฟ้าหรือไม่นำไฟฟ้า
2 ก.พ.58	13.50 – 15.30 น.	ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง	พันธะเคมีกับสารประกอบใน ชีวิตประจำวัน
6 ก.พ.58	10.20 – 12.00 น.	กลุ่มตัวอย่าง	พันธะเคมีกับสารประกอบใน ชีวิตประจำวัน
9 ก.พ.58	13.50 – 15.30 น.	ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง	สมบัติของสารประกอบไอออนิก
13 ก.พ.58	10.20 – 12.00 น.	กลุ่มตัวอย่าง	สมบัติของสารประกอบไอออนิก
16 ก.พ.58	13.50 – 15.30 น.	ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง	การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก
20 ก.พ.58	10.20 – 12.00 น.	กลุ่มตัวอย่าง	การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก
23 ก.พ.58	13.50 – 15.30 น.	ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง	การระเหิดของไอโอดีน
27 ก.พ.58	10.20 – 12.00 น.	กลุ่มตัวอย่าง	การระเหิดของไอโอดีน
2 มี.ค.58	13.50 – 15.30 น.	ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง	รูปร่างโมเลกุลของสารประกอบโคเว เลนต์
6 มี.ค.58	10.20 – 12.00 น.	กลุ่มตัวอย่าง	รูปร่างโมเลกุลของสารประกอบโคเว เลนต์
9 มี.ค.58	13.50 – 15.30 น.	ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง	โลหะกับสมบัติของพันธะโลหะ
13 มี.ค.58	10.20 – 12.00 น.	กลุ่มตัวอย่าง	โลหะกับสมบัติของพันธะโลหะ
16 มี.ค.58	8.30 – 09.30 น.	กลุ่มตัวอย่าง	ทดสอบหลังเรียน – แบบวัดผลสัมฤทธิ์ฯ
16 มี.ค.58	9.30 – 10.30 น.	กลุ่มตัวอย่าง	ทดสอบหลังเรียน – แบบวัดการคิดฯ
16 มี.ค.58	10.30 – 11.30 น.	กลุ่มตัวอย่าง	ทดสอบหลังเรียน – แบบวัดทักษะฯ

4. ทดสอบหลังเรียน (Posttest) เมื่อสิ้นสุดการทดลองใช้บทปฏิบัติการทั้ง 7 บทปฏิบัติการ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดการคิดวิจารณ์ญาณ และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยใช้เวลาในการทดสอบแบบทดสอบละ 1 ชั่วโมง ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันกับการทดสอบก่อนเรียน
5. ตรวจสอบผลการทำแบบทดสอบ แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ตรวจสอบแบบทดสอบต่างๆ แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ย สอนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ
2. ค่าดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ใช้สูตรการหาค่าดัชนีประสิทธิผล
3. วิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยใช้สถิติทดสอบ Paired t-test
4. การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณทางเดียว (One-way MANCOVA) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (One-way ANCOVA) ในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของประชากร (Homogeneity of Variance) ความเป็นเอกพันธ์ความชันของการถดถอย (Homogeneity of Regression Slope) และความเป็นเอกพันธ์ของเมตริกความแปรปรวน – ความแปรปรวนร่วมของประชากร (Homogeneity of Variance – Covariance Matrices) ซึ่งข้อมูลสอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าว (ภาคผนวก ฉ)
5. การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยใช้ F-test (One-way MANCOVA)
6. การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยการคิดวิจารณ์ญาณและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเป็นรายด้าน ของนักเรียนที่มีเพศต่างกัน โดยใช้ F-test (One-way ANCOVA)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการวิจัย ผู้วิจัยใช้สถิติดังต่อไปนี้

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่

1.1 ค่าร้อยละ (Percentage)

1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean)

1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

2. สถิติที่ใช้หาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาค่าดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (สมนึก ภัททิยธนี. 2552)

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2.1 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตรค่าดัชนีความสอดคล้อง (สมนึก ภัททิยธนี. 2552)

2.2.2 ค่าความยากง่ายของข้อสอบ (P) (สมนึก ภัททิยธนี. 2552 : 214)

2.2.3 หาค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดการคิดวิจารณ์ญาณ และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีของ Kuder-Richardson 20 หรือ KR 20 (สมนึก ภัททิยธนี. 2552 : 93 - 94)

2.2.4 หาค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม โดยใช้สูตรของ เบรินแนน (Brennan) (บุญชม ศรีสะอาด. 2545 : 90)

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้น

3.1 ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและการคิดวิจารณ์ญาณ โดยใช้ Pearson Simple Correlation (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2553.)

3.2 ทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของประชากร (Homogeneity of Variance) โดยใช้ Levene's Test Statistic (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2553.)

3.3 ทดสอบความเป็นเอกพันธ์ความชันของการถดถอย (Homogeneity of Regression Slope) ใช้ F-test (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2553.)

3.4 ทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของเมตริกความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของประชากร (Homogeneity of Variance-Covariance Matrices) โดยใช้ Box's M. Method (F-test) (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2553.)

4. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

4.1 ทดสอบสมมติฐานข้อ 1 โดยใช้สถิติ Paired t-test (สมบัติ ท้ายเรือคำ. 2548 : 112)

4.2 ทดสอบสมมติฐานข้อ 2 โดยใช้สถิติ F-test (One-way MANCOVA และ ANCOVA) (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. 2553 : 92)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลความหมายข้อมูล ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการสื่อความหมาย ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

\bar{X}	แทน	คะแนนเฉลี่ย (Mean)
S.D	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
t	แทน	สถิติทดสอบใช้พิจารณาใน t-distribution
F	แทน	สถิติทดสอบใช้พิจารณาใน F-distribution
SS	แทน	ผลบวกกำลังสองของคะแนน (Sum of Squares)
MS	แทน	ค่ากำลังสองเฉลี่ยของคะแนน (Mean Square)
df	แทน	ระดับขั้นของความเสรี (Degrees of Freedom)
SOV	แทน	แหล่งความแปรปรวน (Source of Variation)

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ผลการศึกษาค้นคว้าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ ตำบลนาโพธิ์ อำเภอกุดรัง จังหวัดมหาสารคาม ได้ดำเนินการตามขั้นตอนเรียงลำดับดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการคิดวิจารณ์ก่อนเรียนและหลังเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ตอนที่ 5 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีเพศต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตารางที่ 5 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ของนักเรียนและค่าดัชนีประสิทธิผล

ผลการเรียน	คะแนน เต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		E.I
		\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D	
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	40	8.52	3.45	26.24	3.05	0.5629

จากตารางที่ 5 ผู้วิจัยได้นำคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ไปคำนวณค่าดัชนีประสิทธิผล พบว่า ได้ค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.5629 ซึ่งแสดงว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 56.29

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

1. นักเรียนโดยส่วนรวม

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยส่วนรวม

ผลการเรียน	คะแนน เต็ม	การเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์						t	P
		ก่อนเรียน (N=29)			หลังเรียน (N=29)				
		\bar{X}	S.D	ร้อยละ	\bar{X}	S.D	ร้อยละ		
ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	40	8.5172	3.4498	21.29*	26.2414	3.0549	65.60**	-33.913	<.001*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

** ร้อยละของคะแนนเต็ม

จากตารางที่ 6 พบว่า นักเรียนโดยส่วนรวมที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวม ก่อนเรียน ($\bar{X} = 8.5172$ คิดเป็นร้อยละ 21.29 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

หลังจากการเรียนรู้อโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นักเรียนโดยส่วนรวมมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวม หลังเรียน ($\bar{X} = 26.2414$ คิดเป็นร้อยละ 65.60 ของคะแนนเต็ม) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนส่วนรวมมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยรวม เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .001$)

2. นักเรียนชาย

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชาย

ผลการเรียน	คะแนน เต็ม	การเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์						t	P
		ก่อนเรียน (N=29)			หลังเรียน (N=29)				
		\bar{X}	S.D	ร้อยละ	\bar{X}	S.D	ร้อยละ		
ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	40	8.3077	3.3760	20.77**	25.1538	3.4362	62.88**	-25.204	<.001*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

** ร้อยละของคะแนนเต็ม

จากตารางที่ 7 พบว่า นักเรียนชายที่เรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวม ก่อนเรียน ($\bar{X} = 8.3077$ เป็นร้อยละ 20.77 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

หลังจากการเรียนรู้อาศัยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นักเรียนชายมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวม หลังเรียน ($\bar{X} = 25.1538$ คิดเป็น ร้อยละ 62.88 ของคะแนนเต็ม) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนชายมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยรวม เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .001$)

3. นักเรียนหญิง

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหญิง

ผลการเรียน	คะแนนเต็ม	การเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์						t	P
		ก่อนเรียน (N=29)			หลังเรียน (N=29)				
		\bar{X}	S.D	ร้อยละ	\bar{X}	S.D	ร้อยละ		
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	40	8.6875	3.6095	21.72**	27.1250	2.4732	67.81**	-24.681	<.001*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

** ร้อยละของคะแนนเต็ม

จากตารางที่ 8 พบว่า นักเรียนหญิงที่เรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวม ก่อนเรียน ($\bar{X} = 8.6875$ คิดเป็นร้อยละ 21.72 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

หลังจากการเรียนรู้อาศัยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวม หลังเรียน ($\bar{X} = 27.1250$ คิดเป็นร้อยละ 67.81 ของคะแนนเต็ม) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยรวม เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .001$)

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการคิดวิจารณ์ก่อนเรียนและหลังเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

4. นักเรียนโดยส่วนรวม

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบการคิดวิจารณ์ญาณก่อนเรียนและหลังเรียน
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยส่วนรวม

การคิด วิจารณ์ญาณ	คะแนน เต็ม	การเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์						t	P
		ก่อนเรียน (N=29)			หลังเรียน (N=29)				
		\bar{X}	S.D	ร้อยละ	\bar{X}	S.D	ร้อยละ		
1.ความ น่าเชื่อถือของ แหล่งข้อมูลและ การสังเกต	10	3.3793	1.1776	33.79**	4.7586	1.2998	47.59**	-6.151	<.001*
2.การนิรนัย	10	3.2069	1.5208	32.07**	4.3103	1.4905	43.10**	-2.911	.005*
3.การอุปนัย	10	3.1379	1.4324	31.38**	4.8276	1.3646	48.28**	-5.247	<.001*
4.การระบุ ข้อตกลง เบื้องต้น	10	4.1379	1.4324	41.38**	5.0000	1.3627	50.00**	-2.991	.003*
โดยรวม	40	13.862 1	3.4921	34.66**	18.896 6	3.3203	47.24**	-7.043	<.001*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

** ร้อยละของคะแนนเต็ม

จากตารางที่ 9 พบว่า นักเรียน โดยส่วนรวมที่เรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยการคิดวิจารณ์ญาณโดยรวม ก่อนเรียน ($\bar{X} = 13.8621$ คิดเป็นร้อยละ 34.66 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และมีคะแนนเฉลี่ยการคิดวิจารณ์ญาณรายด้าน 4 ด้าน คือ ด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต ด้านการนิรนัย ด้านการอุปนัย และด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ($\bar{X} = 3.1379 - 4.1379$ คิดเป็นร้อยละ 31.38 - 41.38 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

หลังจากการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นักเรียน โดยส่วนรวมมีคะแนนเฉลี่ยการคิดวิจารณ์ญาณโดยรวม หลังเรียน ($\bar{X} = 18.8966$ คิดเป็นร้อยละ 47.24 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และมีคะแนนเฉลี่ยการคิดวิจารณ์ญาณรายด้าน 4 ด้าน คือ ด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต ด้านการนิรนัยและด้านการอุปนัย ($\bar{X} = 4.3103 - 4.8276$ คิดเป็นร้อยละ 43.10 - 48.28 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ยกเว้นด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ($\bar{X} = 5.0000$ คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของคะแนนเต็ม) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนส่วนรวม

มีคะแนนเฉลี่ยการคิดวิจารณ์ญาณ โดยรวมและรายด้านทุกด้าน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .005$)

5. นักเรียนชาย

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบการคิดวิจารณ์ญาณ ก่อนเรียนและหลังเรียน
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชาย

การคิด วิจารณ์ญาณ	คะแนน เต็ม	การเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์						t	P
		ก่อนเรียน (N=13)			หลังเรียน (N=13)				
		\bar{X}	S.D	ร้อยละ	\bar{X}	S.D	ร้อยละ		
1.ด้านความ น่าเชื่อถือของ แหล่งข้อมูลและ การสังเกต	10	3.7692	1.0919	37.69**	5.5538	.0974	55.39**	-6.299	<.001*
2.ด้านการนิรนัย	10	3.0000	1.3540	30.00**	4.2308	1.6909	42.31**	-2.792	.008*
3.ด้านการอุปนัย	10	3.0000	1.3540	30.00**	4.6923	1.3775	46.92**	-3.941	<.001*
4.ด้านการระบุ ข้อตกลง เบื้องต้น	10	3.7692	1.3009	37.69**	5.0769	1.6564	50.77**	-2.944	.006*
โดยรวม	40	13.5385	3.7107	33.85**	19.5385	4.0950	48.85**	-6.202	<.001*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

** ร้อยละของคะแนนเต็ม

จากตารางที่ 10 พบว่า นักเรียนชายที่เรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยการคิดวิจารณ์ญาณ โดยรวม ก่อนเรียน ($\bar{X} = 13.5385$ คิดเป็นร้อยละ 33.85 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และมีคะแนนเฉลี่ยการคิดวิจารณ์ญาณรายด้าน 4 ด้าน คือ ด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต ด้านการนิรนัย ด้านการอุปนัย และด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ($\bar{X} = 3.0000 - 3.7692$ คิดเป็นร้อยละ 30.00 - 37.69 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

หลังจากการเรียนรู้อโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นักเรียนชายมีคะแนนเฉลี่ยการคิดวิจารณ์ญาณ โดยรวม หลังเรียน ($\bar{X} = 19.5385$ คิดเป็นร้อยละ 48.85 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และมีคะแนนเฉลี่ยการคิดวิจารณ์ญาณรายด้าน 3 ด้าน ($\bar{X} = 4.2308 - 4.623$ คิดเป็นร้อยละ 42.31 - 46.92 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50

ของคะแนนเต็ม ยกเว้นด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต ($\bar{X} = 0.0974$ คิดเป็นร้อยละ 55.39 ของคะแนนเต็ม) และด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ($\bar{X} = 1.6564$ คิดเป็นร้อยละ 50.77 ของคะแนนเต็ม) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนชายมีคะแนนเฉลี่ยการคิดวิจารณ์ญาณ โดยรวมและรายด้าน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p \leq .008$)

(3) นักเรียนหญิง

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบการคิดวิจารณ์ญาณ ก่อนเรียนและหลังเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหญิง

การคิด วิจารณ์ญาณ	คะแนน เต็ม	การเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์						t	P
		ก่อนเรียน (N=16)			หลังเรียน (N=16)				
		\bar{X}	S.D	ร้อยละ	\bar{X}	S.D	ร้อยละ		
1.ด้านความ น่าเชื่อถือ ของแหล่งข้อมูล และการสังเกต	10	3.0625	1.1815	30.63**	4.1250	1.2042	41.25**	-3.296	.006*
2.ด้านการนิรนัย	10	3.3750	1.6683	33.75**	4.3750	1.3602	43.75**	-1.671	.058
3.ด้านการอุปนัย	10	3.2500	1.5275	32.50**	4.9375	1.3889	49.38**	-3.511	.004*
4.ด้านการระบุ ข้อตกลง เบื้องต้น	10	4.4375	1.5042	44.38**	4.9375	1.1236	49.38**	-1.369	.096
โดยรวม	40	14.125	3.4034	35.31	18.375	2.5528	45.94	-4.189	.001*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

** ร้อยละของคะแนนเต็ม

จากตารางที่ 11 พบว่า นักเรียนหญิงที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยการคิดวิจารณ์ญาณ โดยรวม ก่อนเรียน ($\bar{X} = 14.1250$ คิดเป็นร้อยละ 35.31 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และมีคะแนนเฉลี่ยการคิดวิจารณ์ญาณรายด้าน 4 ด้าน คือ ด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต ด้านการนิรนัย ด้านการอุปนัย และด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ($\bar{X} = 3.0625 - 4.4375$ คิดเป็นร้อยละ 30.63 - 44.38 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

หลังจากการเรียนรู้อยู่โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ย

การคิดวิจารณ์ญาณโดยรวม หลังเรียน ($\bar{X} = 18.3750$ คิดเป็นร้อยละ 45.94 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และมีคะแนนเฉลี่ยการคิดวิจารณ์ญาณรายด้าน 4 ด้าน คือ ด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต ด้านการนิรนัย ด้านการอุปนัย และ ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ($\bar{X} = 4.1250 - 4.9375$ คิดเป็นร้อยละ 41.25 - 49.38 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยการคิดวิจารณ์ญาณ โดยรวมและรายด้าน 2 ด้าน คือ ด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต และด้านการอุปนัยเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .006$) ส่วนอีก 2 ด้านที่เหลือไม่เปลี่ยนแปลงไปจากก่อนเรียน

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

(1) นักเรียนโดยส่วนรวม

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยส่วนรวม

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	คะแนนเต็ม	การเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์						t	P
		ก่อนเรียน (N=29)			หลังเรียน (N=29)				
		\bar{X}	S.D	ร้อยละ	\bar{X}	S.D	ร้อยละ		
1.ด้านทักษะการกำหนดคำนิยาม	3	1.0900	.7527	35.63**	2.0345	.7311	67.83**	-7.641	<.001 *
2.ด้านทักษะการตั้งสมมติฐาน	6	2.2759	1.4366	37.93**	3.6207	1.5678	60.35**	-3.329	<.001 *
3.ด้านทักษะการควบคุมตัวแปร	4	1.0345	.7784	25.86**	2.1724	.80485	54.31**	-7.763	<.001 *
4.ด้านทักษะการทดลอง	7	2.3448	1.1426	33.49**	3.6552	1.5873	52.22**	-3.623	.005*
5.ด้านทักษะการแปลความหมายและลงข้อสรุป	10	3.7241	1.3335	37.24**	7.2069	1.8004	72.07**	-7.584	<.001 *
โดยรวม	30	10.448	2.4869	34.83	18.6897	4.8263	62.29	-8.116	<.001 *

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

** ร้อยละของคะแนนเต็ม

จากตารางที่ 12 พบว่า นักเรียนโดยส่วนรวมที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวม ก่อนเรียน ($\bar{X} = 10.4483$ คิดเป็นร้อยละ 34.83 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการรายด้าน 5 ด้าน คือ ด้านทักษะการกำหนดค่านิยม ด้านทักษะการตั้งสมมติฐาน ด้านทักษะการควบคุมตัวแปร ด้านทักษะการทดลอง และด้านทักษะการแปลความหมายและลงข้อสรุป ($\bar{X} = 1.0900 - 3.7241$ คิดเป็นร้อยละ 25.86 - 37.93 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

หลังจากการเรียนรู้อาศัยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นักเรียนโดยส่วนรวมมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวม หลังเรียน ($\bar{X} = 18.6897$ คิดเป็นร้อยละ 62.29 ของคะแนนเต็ม) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการรายด้าน 5 ($\bar{X} = 2.0345 - 7.2069$ คิดเป็นร้อยละ 52.22 - 72.07 ของคะแนนเต็ม) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนโดยส่วนรวมมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวมและเป็นรายด้านทุกด้าน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .005$)

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชาย

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	คะแนนเต็ม	การเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์						t	P
		ก่อนเรียน (N=13)			หลังเรียน (N=13)				
		\bar{X}	S.D	ร้อยละ	\bar{X}	S.D	ร้อยละ		
1.ด้านทักษะการกำหนดค่านิยม	3	0.8462	.8006	28.21**	2.0000	.7071	66.66**	-7.500	<.001*
2.ด้านทักษะการตั้งสมมติฐาน	6	2.0000	1.0801	33.33**	3.0000	1.2247	50.00**	-1.883	.042*
3.ด้านทักษะการควบคุมตัวแปร	4	0.9231	.7595	23.08**	2.0769	.9541	51.92**	-6.040	<.001*
4.ด้านทักษะการทดลอง	7	2.2308	.8320	31.87**	3.0769	1.3205	43.96**	-1.821	.047*
5.ด้านทักษะการแปลความหมายและลงข้อสรุป	10	3.6923	1.7022	36.92**	6.3846	2.1424	63.85**	-3.167	.004*
โดยรวม	30	10.3077	2.3588	34.36	16.4615	4.3897	54.87	-4.500	.005*

จากตารางที่ 13 พบว่า นักเรียนชายที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยรวม ก่อนเรียน ($\bar{X} = 10.3077$ คิดเป็นร้อยละ 34.36 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการรายด้าน 5 ด้าน คือ ด้านทักษะการกำหนดคำนิยาม ด้านทักษะการตั้งสมมติฐาน ด้านทักษะการควบคุมตัวแปร ด้านทักษะการทดลอง และด้านทักษะการแปลความหมายและลงข้อสรุป ($\bar{X} = 0.8462 - 3.6923$ คิดเป็นร้อยละ 23.08 - 36.92 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

หลังจากการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นักเรียนชายมีคะแนนเฉลี่ยทักษะสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการรายด้าน 4 ด้าน ($\bar{X} = 2.0000 - 6.3846$ คิดเป็นร้อยละ 50.00 - 66.66) เท่ากับหรือสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ยกเว้นด้านทักษะการทดลองต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ($\bar{X} = 3.0769$ คิดเป็นร้อยละ 43.96 ของคะแนนเต็ม) โดยนักเรียนชายมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวมและเป็นรายด้านเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p \leq .047$)

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหญิง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	คะแนนเต็ม	การเรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์						t	P
		ก่อนเรียน (N=16)			หลังเรียน (N=16)				
		\bar{X}	S.D	ร้อยละ	\bar{X}	S.D	ร้อยละ		
1.ด้านทักษะการกำหนดคำนิยาม	3	1.2500	.6831	41.67**	1.9375	.85391	64.58**	-3.905	.005*
2.ด้านทักษะการตั้งสมมติฐาน	6	2.5000	1.6733	41.67**	4.1250	1.6683	68.75**	-2.719	.008*
3.ด้านทักษะการควบคุมตัวแปร	4	1.1250	.8062	28.13**	2.2500	.68313	56.25**	-5.082	<.001*
4.ด้านทักษะการทดลอง	7	2.4375	1.3647	34.82**	4.1250	1.6683	58.93**	-3.183	.003*
5.ด้านทักษะการแปลความหมายและลงข้อสรุป	10	3.7500	1.0000	37.50**	7.8750	1.1475	78.75**	-9.661	<.001*
โดยรวม	30	10.502	2.6575	35.21	20.5000	4.5019	68.33	-7.315	<.001*

จากตารางที่ 14 พบว่า นักเรียนหญิงที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยรวม ก่อนเรียน ($\bar{X} = 10.5225$ คิดเป็นร้อยละ 35.21 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการรายด้าน 5 ด้าน คือ ด้านทักษะการกำหนดคำนิยาม ด้านทักษะการตั้งสมมติฐาน ด้านทักษะการควบคุมตัวแปร ด้านทักษะการทดลอง และด้านทักษะการแปลความหมายและลงข้อสรุป ($\bar{X} = 1.1250 - 3.7500$ คิดเป็นร้อยละ 28.13 - 41.67 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

หลังจากการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยรวม หลังเรียน ($\bar{X} = 20.5000$ คิดเป็นร้อยละ 68.33 ของคะแนนเต็ม) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการรายด้าน 5 ด้าน ($\bar{X} = 1.9375 - 7.8750$ คิดเป็นร้อยละ 56.25 - 78.75 ของคะแนนเต็ม) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวมและเป็นรายด้านเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .008$)

ตอนที่ 5 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีเพศต่างกัน

5.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวม ของนักเรียนที่มีเพศต่างกัน

5.2 การเปรียบเทียบการคิดวิจารณ์ญาณรายด้านหลังเรียน ของนักเรียนที่มีเพศต่างกัน

5.3 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ รายด้านหลังเรียน ของนักเรียนที่มีเพศต่างกัน

ตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ โดยรวม และทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวมหลังเรียน ของนักเรียนที่เพศ ต่างกัน (One – way MANCOVA)

Multivariate Test							
SOV	Test Statistic	Value	Hypothesis (df1)	Error (df2)	F	P	Partial Eta Squared
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน	Pallai's Trace	.505	3.000	22.000	7.470	.001*	.505
	Wilks' Lambda	.459	3.000	22.000	7.470	.001*	.505
	Hotelling's Trace	1.019	3.000	22.000	7.470	.001*	.505
	Roy's Largest Root	1.019	3.000	22.000	7.470	.001*	.505
การคิดวิจารณ์ญาณก่อนเรียน	Pallai's Trace	.228	3.000	22.000	2.169	.120	.228
	Wilks' Lambda	.772	3.000	22.000	2.169	.120	.228
	Hotelling's Trace	.296	3.000	22.000	2.169	.120	.228
	Roy's Largest Root	.296	3.000	22.000	2.169	.120	.228
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียน	Pallai's Trace	.024	3.000	22.000	.181	.908	.024
	Wilks' Lambda	.976	3.000	22.000	.181	.908	.024
	Hotelling's Trace	.025	3.000	22.000	.181	.908	.024
	Roy's Largest Root	.025	3.000	22.000	.181	.908	.024
เพศ	Pallai's Trace	.343	3.000	22.000	3.834	.024*	.343
	Wilks' Lambda	.657	3.000	22.000	3.834	.024*	.343
	Hotelling's Trace	.523	3.000	22.000	3.834	.024*	.343
	Roy's Largest Root	.523	3.000	22.000	3.834	.024*	.343

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 15 พบว่า นักเรียนที่มีเพศต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ และหรือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวมหลังเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ($p = .024$) เมื่อทดสอบ Univariate Tests พบว่า นักเรียนที่มีเพศต่างกันมีเฉพาะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ($p = .024$) และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวม ($p = .012$) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 แต่มีการคิดวิจารณ์ญาณ โดยรวมไม่แตกต่างกัน ($p = .126$) (ตารางที่ 16) โดยนักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยทั้ง 2 ด้านดังกล่าวมากกว่านักเรียนชาย (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 16 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะ
กระบวนการวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ โดยรวมหลังเรียน ของนักเรียนที่มีเพศ
ต่างกัน (One – way ANCOVA)

Univariate tests							
ผลการเรียน		SS	df	MS	F	P	Partial Eta Squared
1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	Pretest	98.627	1	98.627	19.021	.422	.000
	Contrast	22.254	1	22.254	4.292	.024*	.142
	Error	134.816	26	5.185			
2. การคิดวิจารณ์ญาณ	Pretest	44.255	1	44.255	4.517	.043	.148
	Contrast	13.470	1	13.470	1.375	.126	.050
	Error	254.726	26	9.797			
3. ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ	Pretest	1.031	1	1.031	.050	.824	.002
	Contrast	117.802	1	117.802	5.734	.012*	.181
	Error	534.199	26	20.546			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .025

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบการคิดวิจารณ์ญาณรายด้านหลังเรียน ของนักเรียนที่เพศต่างกัน
(One – way ANCOVA)

การคิดวิจารณ์ญาณ	SOV	SS	df	MS	F	p	Partial Eta Squared
1.ด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต	ก่อนเรียน	6.808	1	6.808	6.763	.015*	.206
	เพศ	7.919	1	7.919	7.867	.009*	.232
	ความคลาดเคลื่อน	26.173	26	1.007			
2.ด้านการนิรนัย	ก่อนเรียน	.354	1	.354	.149	.703	.006
	เพศ	.095	1	.095	.040	.843	.002
	ความคลาดเคลื่อน	61.704	26	2.373			
3.ด้านการอุปนัย	ก่อนเรียน	2.633	1	2.633	1.395	.248	.051
	เพศ	.261	1	.261	.138	.713	.005
	ความคลาดเคลื่อน	49.074	26	1.887			
4.ด้านการระบุข้อดกลงเบื้องต้น	ก่อนเรียน	8.655	1	8.655	5.209	.031*	.167
	เพศ	1.118	1	1.118	.673	.419	.025
	ความคลาดเคลื่อน	43.205	26	1.662			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 17 พบว่า นักเรียนที่มีเพศต่างกันมีเฉพาะการคิดวิจารณ์ญาณ ด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต ($p = .009$) โดยนักเรียนชายมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่านักเรียนหญิง (ตารางที่ 19) แต่นักเรียนทั้ง 2 เพศ มีการคิดวิจารณ์ญาณอีก 3 ด้านหลังเรียนไม่แตกต่างกัน ($p \leq .419$)

ตารางที่ 18 ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการรายด้าน หลังเรียน ของนักเรียนที่เพศต่างกัน (One-way ANCOVA)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	SOV	SS	df	MS	F	p	Partial Eta Squared
1.ด้านทักษะการกำหนดคำนิยาม	ก่อนเรียน	5.211	1	5.211	13.930	.001*	.349
	เพศ	.211	1	.211	.563	.460	.021
	ความคลาดเคลื่อน	9.726	26	.374			
2.ด้านทักษะการตั้งสมมติฐาน	ก่อนเรียน	.024	1	.024	.011	.918	.000
	เพศ	11.339	1	11.339	5.142	.032*	.165
	ความคลาดเคลื่อน	57.336	26	2.205			
3.ด้านทักษะการควบคุมตัวแปร	ก่อนเรียน	4.412	1	4.412	8.491	.007*	.246
	เพศ	.034	1	.034	.065	.801	.002
	ความคลาดเคลื่อน	13.511	26	.520			
4.ด้านทักษะการทดลอง	ก่อนเรียน	.031	1	.031	.013	.909	.001
	เพศ	10.140	1	10.140	4.364	.047*	.144
	ความคลาดเคลื่อน	60.407	26	2.323			
5.ด้านทักษะการแปลความหมายและลงข้อสรุป	ก่อนเรียน	4.257	1	4.257	1.508	.230	.055
	เพศ	12.619	1	12.619	4.469	.044*	.147
	ความคลาดเคลื่อน	73.411	26	2.823			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 18 พบว่า นักเรียนที่มีเพศต่างกันมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านทักษะการตั้งสมมติฐาน ($p = .032$) ด้านทักษะการทดลอง ($p = .047$) และด้านทักษะการแปลความหมายและลงข้อสรุป ($p = .044$) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ($p \leq .047$) โดยนักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยทั้ง 3 ด้านดังกล่าว มากกว่านักเรียนชาย (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 คะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ หลังเรียน
ของนักเรียนจำแนกตามเพศ

ผลการเรียน	เพศชาย (N = 13)		เพศหญิง (N = 16)	
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	25.154	3.436	27.125	2.473
2. การคิดวิจารณ์ญาณ				
2.1 ด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต	5.538	.967	4.125	1.204
2.2 ด้านการนิรนัย	4.230	1.690	4.375	1.360
2.3 ด้านการอุปนัย	4.692	1.377	4.937	1.388
2.4 ด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น	5.077	1.656	4.937	1.124
โดยรวม	19.538	4.095	18.375	2.553
3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ				
3.1 ด้านทักษะการกำหนดคำถาม	2.000	.707	2.062	.772
3.2 ด้านทักษะการตั้งสมมติฐาน	2.923	1.188	4.188	1.642
3.3 ด้านทักษะการควบคุมตัวแปร	2.076	.954	2.250	.683
3.4 ด้านทักษะการทดลอง	3.000	1.290	4.188	1.642
3.5 ด้านทักษะการแปลความหมายและลงข้อสรุป	6.462	2.222	7.813	1.108
โดยรวม	16.462	4.389	20.500	4.502

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ ตำบลนาโพธิ์ อำเภอภูกระดึง จังหวัดมหาสารคาม มีลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. วัตถุประสงค์ของการศึกษา
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาค่าดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ หลังเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีเพศต่างกัน

สรุปผล

1. ค่าดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีค่าเท่ากับ 0.5629
2. นักเรียน โดยส่วนรวมและจำแนกตามเพศที่เรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ โดยรวมและรายด้าน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ โดยรวมและรายด้านหลังเรียน

เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .001$) ยกเว้นนักเรียนหญิงมีการคิด
 วิจารณ์ญาณ ด้านนิรนัย และด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ไม่เปลี่ยนแปลงจากก่อนเรียน

3. นักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทาง
 วิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวม และอีก 3 ด้าน คือ ด้านทักษะการตั้งสมมติฐาน ด้านทักษะ
 การทดลอง และด้านทักษะการแปลความหมายและลงข้อสรุป มากกว่า แต่การคิดวิจารณ์ญาณ
 ด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต น้อยกว่านักเรียนชาย

อภิปรายผล

จากการศึกษาคำดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการและเปรียบเทียบผลการเรียน โดย
 ใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวิจารณ์ญาณ และทักษะ
 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนเพศต่างกัน อภิปรายผลได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์คำดัชนีประสิทธิผลของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี
 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีค่าเท่ากับ 0.5629 ซึ่งบางส่วนสอดคล้องเกี่ยวกับ
 ผลการศึกษาของ (แสงศรี สีลาอ่อน, 2553: บทคัดย่อ) พบว่า ชุดกิจกรรมการทดลอง
 วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลายกรด-เบส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีคำดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.718
 การที่ผลการศึกษาปรากฏเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง
 พันธะเคมี สำหรับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่พัฒนาขึ้นเป็นปฏิบัติการแบบสืบเสาะ (Investigative
 Laboratory) โดยใช้รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E Learning Cycle) ซึ่งมีโครงสร้างแบบ
 ปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้ตามที่ครูกำหนดไว้ให้ (Teacher-Structured Laboratory) การเรียน
 แบบวัฏจักรการเรียนรู้เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นพัฒนาความสามารถทางสติปัญญา โดยอาศัย
 กรอบแนวคิดทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget ประกอบไปด้วย ขั้นสร้างความสนใจ
 (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)
 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation) ตามลำดับ (Bybee and others,
 1991) การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอนที่ครูและนักเรียนได้ศึกษาปรากฏการณ์
 ทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์และด้วยจิตใจเป็นนักวิทยาศาสตร์ (Kusland and
 Stone, 1968 : 138-140) เน้นให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมหาความรู้ด้วยตนเอง นอกจากนี้รูปแบบ
 การเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ ยังเป็นการเรียนแบบสืบเสาะซึ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็น
 ผู้สร้างความรู้ความเข้าใจใหม่ด้วยตนเอง ตามแนวความคิดของกลุ่มสร้างสรรค์ความรู้
 (ไพฑูริย์ สุขศรีงาม, 2539 : 32-33) รูปแบบการทดลองของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ที่พัฒนาขึ้น มุ่งให้นักเรียนคิดแก้ปัญหา ได้ปฏิบัติ แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจ มีโอกาสปฏิบัติงานร่วมกัน ได้สัมผัสและรู้จักวิธีใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ และรู้จักรับผิดชอบงานร่วมกัน (วิลล สาราญวานิช. 2532 : 79-80) อีกทั้งบทบาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี เนื่องจาก นักเรียนเป็นผู้ศึกษาทดลอง วิเคราะห์เหตุผล ทดสอบสมมติฐาน สรุปและอภิปรายผล รวมถึงการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการด้วยตนเอง จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างแท้จริงและจดจำได้ดีกว่าการเรียนการสอนด้วยวิธีบรรยาย จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความก้าวหน้าในการเรียนเพิ่มมากขึ้น

2. นักเรียนโดยส่วนรวมและจำแนกตามเพศที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ โดยรวมและรายด้าน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวมและรายด้านหลังเรียน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = .001$) ยกเว้นนักเรียนหญิงมีการคิดวิจารณ์ญาณด้านนิรนัย และด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ไม่เปลี่ยนแปลงจากก่อนเรียน

การที่ผลการศึกษาปรากฏเช่นนี้ อาจเนื่องจากพัฒนาการทางสติปัญญาตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ที่เน้นในเรื่องปฏิบัติการทางสติปัญญาซึ่งสามารถพัฒนาได้ โดยต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการคิด ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้น นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้กำหนดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่าเป็นทั้งองค์ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Ragbubir. 1979 : 13) โดยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process) นี้เป็นทักษะทางสติปัญญา (intellectual skills) สำหรับใช้ในการแสวงหาความรู้ (Finley. 1983 : 48) ดังนั้นจึงมีความสอดคล้องกับแนวคิดในเรื่องพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ในแง่การสอนให้นักเรียนเกิดความรู้ข้อเท็จจริง และความรู้เชิงปฏิบัติการนักวิทยาศาสตร์ศึกษาจึงมีความเชื่อว่า ถ้าสอนวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยการสอนแบบสืบเสาะที่เน้นการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะสามารถพัฒนา สติปัญญาของนักเรียนได้ (Tamir. 1983 : 659) นอกจากนี้แล้วนักวิทยาศาสตร์ศึกษายังยอมรับทฤษฎีพัฒนาการของเพียเจต์มีประโยชน์อย่างยิ่ง ในการกำหนดเนื้อหาหรือกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียนในระดับชั้นต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ญาณ โดยรวมและรายด้าน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวมและรายด้านหลังเรียน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน นอกจากนี้นักเรียนทุกกลุ่มยังได้รับการพัฒนาความสามารถในการ

คิดขั้นสูงจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในชั้นขยายความรู้ ซึ่งมีส่วนช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิจารณ์ของนักเรียนได้ด้วย

3. นักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยรวม และอีก 3 ด้าน คือ ด้านทักษะการตั้งสมมติฐาน ด้านทักษะการทดลอง และด้านทักษะการแปลความหมายและลงข้อสรุป มากกว่า แต่มีการคิดวิจารณ์ด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต น้อยกว่านักเรียนชาย

การที่นักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยรวม และอีก 3 ด้านมากกว่านักเรียนชาย อาจเนื่องจากองค์ประกอบของสมาชิกในแต่ละกลุ่มมีนักเรียนหญิงมากกว่านักเรียนชาย จึงทำให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศเดียวกันได้มากกว่าต่างเพศ เนื่องจากเด็กวัยรุ่นเพศชายและเพศหญิงมักไม่ชอบทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ดังนั้นนักเรียนหญิงจึงมีโอกาสฝึกทักษะต่างๆ ในบทปฏิบัติการได้บ่อยครั้งมากกว่านักเรียนชาย ส่วนการที่นักเรียนชายมีการคิดวิจารณ์ด้านความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกตมากกว่านักเรียนหญิง อาจเนื่องจากนักเรียนชายเป็นเพศที่มีเหตุผล – การคิดเชิงเหตุผลได้ดีกว่านักเรียนหญิง จึงสามารถให้เหตุผลประกอบการแสดงความคิดเห็นของการได้มาซึ่งข้อมูลและแหล่งข้อมูลที่ได้ ดีกว่า แม้จะมีโอกาสได้เข้าร่วมกิจกรรมวิทยาศาสตร์ได้ไม่มากเท่ากับนักเรียนหญิง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 จากผลการวิจัย พบว่า ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะให้ครูผู้สอน วิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ควรส่งเสริมและนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นต่อไป

1.2 ในการที่ครูจะนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปใช้สอน ควรศึกษารายละเอียดและขั้นตอนการสอนต่างๆ ให้เข้าใจเพื่อการเรียนการสอนจะได้มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.3 ก่อนที่ครูจะให้ให้นักเรียนใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ควรชี้แจงแนะนำให้นักเรียนเข้าใจวิธีและขั้นตอนการใช้บทปฏิบัติการให้ดีก่อนเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในการเรียนการสอน

1.4 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มอื่น ครูควรปรับเวลาการทำกิจกรรมให้เหมาะสมกับศักยภาพของนักเรียนจะทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

2.1 ควรศึกษารูปแบบการเรียน โดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับนักเรียนในทุกระดับชั้น เนื่องจากนักเรียนได้เป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและเกิดทักษะทางวิทยาศาสตร์กับทุกคนที่ฝึกปฏิบัติอย่างจริงจัง โดยในตัวบทปฏิบัติการมีกิจกรรมที่น่าสนใจและเหมาะสมกับวัยสามารถนำความรู้จากการวิจัยบูรณาการร่วมกับเนื้อหาสาระอื่นๆ ได้

2.2 ควรมีการศึกษานำปัจจัยร่วมกับตัวแปรอื่นๆ ที่คาดว่าจะส่งผลต่อ การคิด วิเคราะห์ ตัดสินใจ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และนำไปสู่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นได้ เช่น ประสบการณ์ในการเรียนของนักเรียนแต่ละคน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ระยะเวลาในการสอนของครู (ช่วงเช้า – ช่วงบ่าย) และบุคลิกภาพของครูวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กมลรัตน์ ฉิมพาลี. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดอย่างมีวิจารณญาณการรู้
วิทยาศาสตร์และเหตุผลเชิงจริยธรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ตาม
แนวคิดประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับสังคมและการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 7 ชั้น.
วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2554.
- กรมวิชาการ. หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ,
2554.
- _____. คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2.
กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์กองการรับสงวนและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.), 2554.
- _____. การจัดการสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.
กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2546.
- _____. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ :
กระทรวงศึกษาธิการ, 2551.
- เกศณีย์ ไทยอนันต์. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และ
ความสามารถด้านการคิดวิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียน
ด้วยกิจกรรมวิทยาศาสตร์ประกอบการเขียนผังมโนคติ. สารนิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ :
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2547.
- จิรนนท์ วัชรกุล. ผลของการฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในนักเรียนชั้น
ประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2546.
- จุฑามาศ อนันต์เดา. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และ
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่าง
การจัดการเรียนรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น กับการจัดการเรียนรู้ รูปแบบซิปปา.
วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2553.
- ชาลินี เอี่ยมศรี. การพัฒนาแบบสอบการคิดวิจารณ์สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.
- ชวลิต ชูกำแพง. การวิจัยหลักสูตรและการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาสารคาม :
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2553.

- ทิตนา แชมมณี และคณะ. การคิดและการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิด. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2544.
- _____. ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ด่านสุทธาการพิมพ์, 2548.
- ธนวรรณ โสมนอย. การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้จุลินทรีย์ ในการย่อยสลายสีย้อมผ้าสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2548.
- นवलลือ ทินานนท์. “การคิดเพื่อพัฒนาการเรียนรู้” วารสารศิลปกรรมศาสตร์. 10(2) : 36-42 ; กรกฎาคม-ธันวาคม. 2548.
- นันทิยา บุญเคลือบ. “การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด Constructivism,” วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 25(96) : 13-14 ; มกราคม - มีนาคม. 2540.
- ฐปทอง ถ้วางสวัสดิ์. การสอนทักษะการคิด. มหาสารคาม : ภาควิชาหลักสูตรและการสอนคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2552.
- บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2545.
- _____. การพัฒนาการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ชมรมเด็ก, 2541.
- ปัทมา สัจชาติ. การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 2555.
- ประวิตร ชูศิลป์. หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แผนใหม่"ในเอกสารการนิเทศ การศึกษา ฉบับที่ 223 ". กรุงเทพฯ : ภาควิชาพัฒนาคำาและเอกสาร หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมฝึกหัดครู, 2524.
- เผชิญ กิจระการ และ สมนึก กัททิษณี. “การวิเคราะห์ประสิทธิภาพสื่อและเทคโนโลยีเพื่อ การศึกษา,” วารสารการวัดผลการศึกษามหาสารคาม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัย มหาสารคาม, 2545.
- พรพรรณ พลเยี่ยม. การเปรียบเทียบผลการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ วิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานกับแบบปกติ ที่มีต่อ ความสามารถในการโต้แย้งและการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีเพศต่างกัน. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2555.

- พรเพ็ญ ศรีวิรัตน์. การคิดอย่างมีวิจารณญาณของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการเล่นเกมฝึกทักษะการคิด. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2546.
- พรขมด บัวศิริ. การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2546.
- พรศรี ดาวรุ่งสวรรค์. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยชุดกิจกรรมแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์. สารนิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2546.
- พิชิต ฤทธิ์จรูญ. หลักการวัดผลและประเมินผลการศึกษา. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
- ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. “แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์,” วารสารวิจัยและพัฒนากาเรียนการสอน. 2(8) : 1-10. 2530.
- _____. “แนวการสอนของออลชูเบล,” วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒมหาสารคาม. 9(2) : 58-69. 2534.
- _____. ความเข้าใจเกี่ยวกับการสอนสืบเสาะ (Inquiry Approach). มหาสารคาม : เอกสารประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2545.
- _____. สัมมนาหลักสูตรและการสอน : เอกสารประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 506713. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2548.
- _____. เอกสารแนะนำโปรแกรม SPSS : เอกสารประกอบรายวิชา 1601501 Statistic Method for Sciences and Health Sciences. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2553.
- พิศตราภรณ์ แสงปัญญา. “งานรวบรวมคัดสรรวิเคราะห์และสังเคราะห์ ความรู้จากงานวิจัยและงานสร้างสรรค์” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :<http://rd.vru.ac.th/res/12pt.pdf>, 2553.
- เยาวดี วิบูลย์ศรี. การวัดผลและการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

- ภพ เลหาไพบูลย์. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์
ไทยวัฒนาพานิช, 2542.
- ลำไย สนั่นรัมย์. การเปรียบเทียบคุณภาพของแบบทดสอบด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มี
รูปแบบการตอบต่างกัน. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2542.
- มยุรี บุญปิ่น. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธะเคมี ระหว่าง
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4 MAT กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้
ปัญหาเป็นฐาน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2555.
- วนิดา ปานโต. การเปรียบเทียบความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านการคิด
อย่างมีวิจารณญาณที่มี การตรวจให้คะแนนและจำนวนแบบทดสอบต่างกัน.
ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2543.
- วารีย์ บุญลือ. การพัฒนาปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2550.
- วิมล สำราญวานิช. การสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา. ขอนแก่น : คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2532.
- ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และ คารณิ คำวังนัง. สอนเด็กให้คิดเป็น. กรุงเทพฯ : ปกรณศิลป์พริ้นติ้ง,
2546.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. การวัดและประเมินความสามารถในการคิด ในวิทยาการด้านการคิด.
กรุงเทพฯ : เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์ จำกัด, 2544.
- สาวิตรี เครือใหญ่. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความคิดวิจารณ์
ในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับ
การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้กับการสอนที่เน้นการเรียนรู้แบบ
ร่วมมือ. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร, 2548.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. การปฏิรูปการเรียนรู้ผู้เรียนสำคัญที่สุด.
กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2544.

- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระ
การเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย
จำกัด, 2551.
- สถาบันส่งเสริมบัณฑิตศึกษา. คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่ม
สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2546.
- สมนึก ภักดิ์ทิพย์. “การสร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ,” การวัดผลการศึกษา
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2548.
- _____. การวัดผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 7. กอปรสิทธิ์ : ประสานการพิมพ์.
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2552.
- สมบัติ ห้ายเรือคำ. ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1
กอปรสิทธิ์ : ประสานการพิมพ์, 2551.
- สมศักดิ์ สันทรเวชชัย. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช, 2545.
- สยาม เจริญศรี. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความมุ่งมั่นสู่ความสำเร็จ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมปฏิบัติการทดลองของ
โรงเรียนสารสาสน์พิทยาสรรค์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2549.
- สันติ พันธุ์ชัย. การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์และผลิตภัณฑ์พอลิ
เมอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ วท.ม. มหาสารคาม :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 2553.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด.
กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2540.
- สุวัฒน์ นิยมคา. ทฤษฎีและทางปฏิบัติ : ในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้.
กรุงเทพฯ : เจเนอรัลบุ๊คเซ็นเตอร์, 2531.
- สุเทพ อุตสาหะ. การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2526.
- สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. ชุดกิจกรรมแบบ 4MAT กกับการพัฒนาศักยภาพนักเรียน.วารสารวิชาการ
ศึกษาศาสตร์ ปีที่ 1. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2543.

- สุริยัน แสงแก้ว. การศึกษาผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างเกณฑ์การรู้แจ้งกับแรงจูงใจใฝ่
 สัมฤทธิ์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และเวลาที่ใช้ในการเรียนด้วย
 คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ :
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2553.
- สุนันทา สายวงศ์. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ
 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนวิชาสังคมศึกษาด้วยการสอนโดยใช้ เทคนิค
 การคิดแบบหมวกหกใบและการสอนแบบซินดิเคท. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ :
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2544.
- สุภาพ วาดเขียน. การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. มหาสารคาม : สหบัณฑิต, 2526.
- สุมาลี ชัยเจริญ. เทคโนโลยีการศึกษา : หลักการ ทฤษฎีสู่การปฏิบัติ. พิมพ์ครั้งที่ 1.
 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น : คลังน่านาวิทยา, 2551.
- แสงศรี ศิลาอ่อน. ผลการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบชุดกิจกรรมการทดลอง
 วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย กรด – เบส ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. การศึกษาค้นคว้า
 อิสระ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2553.
- อรพรรณ พรสีมา. การคิด. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาทักษะการคิด, 2543.
- อรพรรณ ลีบุญชูวิชชัย. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ : การเรียนการสอนทางพยาบาลศาสตร์.
 กรุงเทพฯ : ธนาเพรส แอนด์กราฟฟิกส์, 2543.
- อรุณี รัตนวิจิต. ผลการฝึกการคิดวิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
 โรงเรียนทานางแนววิทยา อำเภอแวงน้อย จังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.
 ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2543.
- อุทุมพร จามรมาน. การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวัดคุณลักษณะผู้เรียน. กรุงเทพฯ : พันนี้,
 2532.
- อัมพร กรุดวงษ์. การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับ
 นักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา).
 กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2548.
- Abruscato, Joseph. **Teaching Children Science : A Discovery Approach.**
 Boston : Allyn and Bacon., 1996.

- Barman, C. and Kotar, M. "The Learning Cycle," **Science and Children**. 26(7) : 30-32 ; April, 1989.
- Beasley, W. F. and Heibkinen, H. W. "Mental Practice as a Technique to improve Laboratory Skill Development", **Journal of Chemical Education**. 60(1) : 88-89. June. 1983.
- Beasley, Warren Frederick. "The Effect of Physical and Mental Practice of Psychomotor Skills on Chemistry Student Laboratory Performance", **Dissertation Abstracts International**. 39(9) : 5428-A. March. 1979.
- Bybee. R.W. and others. "Integrating the History and Nature of science and Tecchnology in Science and Social Studies,"**Science Education**. 75(1):143-155. 1991.
- Carin, Arthur A. **Teaching Modern Science**. 6th ed. New York : Merrill. 1993.
- Chatterjee, Suparna. "Surveying Students' Attitudes and Perceptions toward Guided-Inquiry and Open-Inquiry Laboratories", **Journal of Chemistry Education**. 86(12) : 1427-1432. December, 2009.
- Davis, Maynard. "The Effectiveness of a Guided-Inquiry Discovery Approach in an Elementary School Science Curriculum", **Dissertation Abstracts International**. 39(7) : 4164-A . January. 1976.
- Dressel, P.L. and Mayhew, L.B. **General Education : Explorations in Evaluation**. 2nd ed. Washington, D.C. : American Council on Education, 1957.
- Duschl, R.A. "Epistemological Perspectives on Conceptual Change : Implications for Educational Practice," **Journal of Research in Science Teaching**. 28(9) : 839-858. 1991.
- Finley.F.N. "Science hocesse." **Journal of Research in Science Teaching**. 20(1) : 47 – 54. 1984.
- Gagne, R.M. **Psychology Issues in Science Processes Approach in Psychological Bases of Science Processes Approach**. Washington D.C. : American Association for the Advancement of science. 1965.

- Hewson, P.W. and M.G. Hewson. "An Appropriate Conception of Teaching Science : A View from Studies of Science Learning," **Science Education**. 72(5) : 597-614 ; May. 1998.
- Karplus, Robert and Thier, Herbert D. "Science Teaching and the Development of Reasoning" **Journal of Researching Science Teaching**. 199(14) : 169-175 ; March. 1967.
- Kelly, Y.L. "Assessing Student' Critical Thinking Performance : Urging for Measurements using Multi-response Format," **Thinking's Skills and Creativity**. 4 : 70-76. 2009.
- Kusland, D. and stone, J. **Teaching Children Science : Inquiry Approach**. Harcourt Brace and World : New York, 1968.
- Klag , William Prentiss. "Effect of Science Materials and Equipment Instruction on Preservice Elementary Teachers' Attitude , Knowledge, and Use of Science", **Dissertation Abstracts International**. 51(6) : 2989-A; December.r. 1990.
- Kolebus, P. "The Effects on the Intelligence, Reading, Mathematics and Interest in Science A Process Approach Science First Entering School", **Dissertation Abstracts International**. 32(1) : 443-A. February. 1972.
- Lindsay, Carioyn Whitehead. "A Study of the Effects of Three Methods of Teaching High School Chemistry Upon Achivement in Chemistry, Critical Thinking Abilities, and Scientific Interest", **Dissertation Abstracts International**. 34(1) : 7068-A. May. 1974.
- Lawson, A.E. **Science Teaching and the Development of Thinking**. California : Wadsworth, 1995.
- Macbeth, Douglas Russel. "The Extent to Which Pupils Manipulate of Process Skills in Elementary School Science", **Journal of Research in Science Teaching**. 11(1) : 45-51. January. 1974.
- Mahan, Luther A. "Which Extreme Variant of the Problem Solving Method of Teaching School be More Characteristic of the Many Teacher Variations of Problem-Solving Teaching", **Science Education**. 54(1) : 309-316-A. October. 1970.

- Marvin N. Tolman. **Hands-On Life Science Activities For Grades K-6**. 2nd ed. United States : March. 2006.
- Martar, F.K. "An Investigation of the Professional Needs of Science Teachers in Secondary in Bahrain", **Dissertation Abstracts International**. 47(1) : 1270-A. September-October. 1986.
- Norris, S.P. "Synthesis of Research on Critical Thinking," **Education Leadership**. 42 (8) : 40–45. May. 1985.
- Okebokola, P. A. "Cooperative Learning and Students' Attitudes towards Laboratory Work", **School Science and Mathematics**. 86(7) : 582-590. November. 1986.
- Raghubir. K.P. "The Laboratory Investigative Approach to Science Instruction.", **Journal of Research in Science Teaching**. 16(1) : 13 – 17. 1979.
- Serlin, C.R. "The Effects of Discovery Laboratory on The Science Process, Problem-Solving and Creative Thinking Ability of Undergraduate", **Dissertation Abstracts International**. 37(9) : 5729-5730A. March. 1977.
- Tamir. P. "Inquiry and Science Teaching." **Science Education**. 67(5) : 657 – 672. 1983.
- Watson, G and Glaser, E.M. **Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal Manual**. New York : Harcourt Brace World, 1964.
- Wheatley, G.H. "Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning," **Science Education**. 75(1) : 9-21 ; January. 1991.
- Yakar, Zeha and Baykara, Hatice. "Inquiry-Based Laboratory Practices in a Science Teacher Training Program", **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, 10(2), 173-183. 2014.

ภาคผนวก ก

สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัยและรายนามผู้เชี่ยวชาญ



โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์
 วันที่ ๒๕/๑๑/๕๖
 วิชา ศ. ม. ค. ส. ๕
 ๐๐. ๗๐. ๗.
 บัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ศธ ๐๕๔๐.๐๑/ ๒๒๖๒

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
 อ.เมือง จ.มหาสารคาม ๔๔๐๐๑

๒๕ ธันวาคม ๒๕๕๖

เรื่อง ขออนุญาตให้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์

ด้วย นายทองหล่อ วันวิเศษ รหัสประจำตัว ๕๖๘๖๒๐๐๖๐๑๐๘ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชา
 ศึกษาศาสตร์ รูปแบบการศึกษานอกเวลาราชการ ศูนย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ตำบลท่าวิทยานิพนธ์
 เรื่อง “การสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุกรรม เพื่อพัฒนาการคิดวิจารณ์ และทักษะ
 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” เพื่อให้การวิจัยดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย
 บรรลุตามวัตถุประสงค์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขออนุญาตให้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อ
 การวิจัยกับประชากร และกลุ่มตัวอย่าง คือ ประชากร เป็นนักเรียนในโรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ ที่เรียน
 ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ ภาคเรียนที่ ๒ ปีการศึกษา ๒๕๕๖ จำนวน ๖๐ คน กลุ่มตัวอย่าง คือ
 นักเรียนโรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ (โดยใช้การสุ่มแบบกลุ่มจากห้องเรียน จำนวน ๒๕ คน) เพื่อนำข้อมูล
 ไปทำการวิจัยให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี
 ขอขอบคณา ณ โอกาสนี้

๐๓ ผู้อำนวยการโรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์

- 1. ๑. ๑. ๑. ๑. ๑.
- 2. ๑. ๑. ๑. ๑. ๑.

นาย/นาง/นางสาว.....

ลงชื่อ)

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์, โทรสาร ๐-๔๓๗๒-๕๕๓๘

ขอแสดงความนับถือ

(Signature)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ไทวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(Signature)
 ศ. ม. ค. ส. ๕

- น.ม.ว.

- อ.น.พ.ท.

(Signature)
 ศ. ม. ค. ส. ๕



โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์
 วันที่ ๑๓.๑๒.๕๖
 ที่ ๐๐.๒๐๖
 ผู้รับ

ที่ ศธ ๐๕๔๐.๐๑/๗ ๒๒๖๓

บัณฑิตวิทยาลัย
 มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
 อ.เมือง จ.มหาสารคาม ๔๔๐๐๐

๒๙ ธันวาคม ๒๕๕๖

เรื่อง ขออนุญาตให้ผู้วิจัยเข้าทดลองใช้เครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย
 เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์

ด้วย นายทองหล่อ วันวิเศษ รหัสประจำตัว ๕๖๘๖๒๐๐๖๐๑๐๘ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชา
 เทมิศึกษา รูปแบบการศึกษานอกเวลาราชการ ศูนย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังทำวิทยานิพนธ์
 เรื่อง “การสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี เพื่อพัฒนาการคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะ
 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” เพื่อให้การวิจัยดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย
 บรรลุตามวัตถุประสงค์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขออนุญาตให้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อ
 การวิจัยกับประชากร และกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ ตำบล
 นาโพธิ์ อำเภอกุฉินิจังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ ๒ ปีการศึกษา ๒๕๕๖ จำนวน ๓๑ คน เพื่อนำ
 ข้อมูลไปทำการวิจัยให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี
 ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

๑. ผู้อำนวยการโรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์
๑. เสนอไม่ครบถ้วน
 ๒. เสนอไม่ครบถ้วนทั้งการ
- นาย/นาง/หมวด..... (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ไพรรวรรณ)
 ศธ. ๐๕๔๐.๐๑/๗

ขอแสดงความนับถือ

[Signature]

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

๑๓/๑๒/๕๖
 - ๐๙๗๙๗
 - ๑๙๗๙๗
 - ๑๙๗๙๗
 - ๑๙๗๙๗
 - ๑๙๗๙๗
 - ๑๙๗๙๗
 - ๑๙๗๙๗
 - ๑๙๗๙๗

บัณฑิตวิทยาลัย
 โทรศัพท์, โทรสาร ๐-๔๓๗๒-๕๔๓๘



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม โทร. ๓๐๐

ที่ บว. ๑๖๖๕๕/๒๕๕๑

วันที่ ๒๕ ธันวาคม ๒๕๕๑

เรื่อง เรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน อาจารย์ คร.เนตรชนก จันทร์สว่าง

ด้วย นายทองหล่อ วันวิเศษ รหัสประจำตัว ๕๖๘๖๒๐๐๖๐๑๐๘ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเคมีศึกษา รูปแบบการศึกษานอกเวลาราชการ ศูนย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี เพื่อพัฒนาการคิดวิจารณ์ญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕” เพื่อให้การวิจัยดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย บรรลุตามวัตถุประสงค์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

- เพื่อ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา
- ตรวจสอบด้านการวัดและประเมินผล
- ตรวจสอบด้านสถิติ การวิจัย
- อื่นๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดพิจารณา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ไพรรรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ที่ ศธ ๐๕๔๐.๐๑/ว ๒๒๖๑

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

อ.เมือง จ.มหาสารคาม ๔๔๐๐๑

๒๙ ธันวาคม ๒๕๕๗

เรื่อง เรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.สุพรรณ ยอดยิ่งยง

ด้วย นายทองหล่อ วันวิเศษ รหัสประจำตัว ๕๖๘๖๒๐๐๖๑๐๘ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเคมีศึกษา รูปแบบการศึกษานอกเวลาราชการ ศูนย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี เพื่อพัฒนาการคิดวิจารณ์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” เพื่อให้การวิจัยดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย บรรลุตามวัตถุประสงค์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

- เพื่อ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหาภาษา
 ตรวจสอบด้านการวัดและประเมินผล
 ตรวจสอบด้านสถิติ การวิจัย
 อื่นๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อ โปรดพิจารณา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ ไพพรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์, โทรสาร ๐-๔๓๗๒-๕๔๓๘



ที่ ศธ ๐๕๔๐.๐๑/ว ๒๒๖๑

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อ.เมือง จ.มหาสารคาม ๔๔๐๐๑

๒๕ ธันวาคม ๒๕๕๖

เรื่อง เรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน คุณพิภูลินธุ์ ภารวีตร

ด้วย นายทองหล่อ วันวิเศษ รหัสประจำตัว ๕๖๘๖๒๐๐๖๑๑๐๘ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชา
เคมีศึกษา รูปแบบการศึกษานอกเวลาราชการ ศูนย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังทำวิทยานิพนธ์
เรื่อง “การสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี เพื่อพัฒนาการคิดวิจารณ์คุณภาพ และทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” เพื่อให้การวิจัยดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย
บรรลุตามวัตถุประสงค์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ
ความถูกต้องของเนื้อหาการวิจัย

- เพื่อ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ภาษา
 ตรวจสอบด้านการวัดและประเมินผล
 ตรวจสอบด้านสถิติ การวิจัย
 อื่นๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี
ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ โพธิ์วรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทรศัพท์, โทรสาร ๐-๔๓๗๒-๕๔๓๘

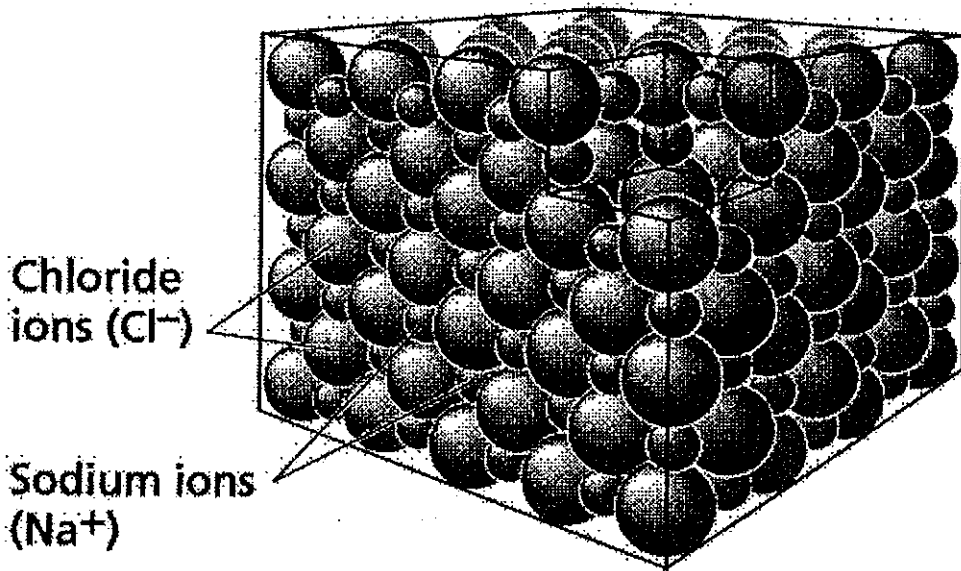
ภาคผนวก ข

ตัวอย่างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และคู่มือครู

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



โดย

นายทองหล่อ วันวิเศษ

นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเคมีศึกษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร. ธนวัชร สมด้ว

ดร. พิชราภรณ์ พิมพ์จันทร์

ข้อปฏิบัติสำหรับการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ฉบับนี้เป็นปฏิบัติการแบบสืบเสาะ (Investigative Laboratory) โดยใช้รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E Learning Cycle) ซึ่งมีโครงสร้างการเรียนรู้ตามครูผู้สอนกำหนดให้ (Teacher-Structured Laboratory) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ประกอบด้วยบทปฏิบัติการ 4 เรื่อง จำนวน 7 บทปฏิบัติการ ดังนี้

เรื่องที่ 1 พันธะเคมีกับสมบัติของสาร ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือ
บทปฏิบัติการ เรื่อง นำไฟฟ้าหรือไม่นำไฟฟ้า

บทปฏิบัติการ เรื่อง พันธะเคมีกับสารประกอบในชีวิตประจำวัน

เรื่องที่ 2 พันธะไอออนิก ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือ

บทปฏิบัติการ เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก

บทปฏิบัติการ เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

เรื่องที่ 3 พันธะโคเวเลนต์ ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการคือ

บทปฏิบัติการ เรื่อง การระเหิดของไอโอดีน

บทปฏิบัติการ เรื่อง รูปร่าง โมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์

เรื่องที่ 4 พันธะโลหะ ประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการคือ

ซึ่งแต่ละบทปฏิบัติการประกอบด้วย 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ แนวคิดหลัก แนวคิดรอง อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง สถานการณ์ และบทปฏิบัติการ โดยมีข้อปฏิบัติและทำความเข้าใจ ดังนี้

1.1 ให้นักเรียนศึกษาแนวคิดหลัก แนวคิดรอง อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และสถานการณ์เพื่อกำหนดปัญหาในการทดลอง วางแผนการทดลองตามขั้นตอนในบทปฏิบัติการนี้ โดยแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละคนในกลุ่ม พร้อมตรวจสอบสมมติฐานของการทดลอง สรุปผล และนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน

ตอนที่ 2 ช่วยกันคิดช่วยกันทำ โดยมีข้อปฏิบัติและทำความเข้าใจ ดังนี้

2.1 นักเรียนศึกษากิจกรรมในตอนที่ 2 ช่วยกันคิดช่วยกันทำ ซึ่งเป็นการใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากตอนที่ 1 โดยนักเรียนช่วยกันคิดและหาคำตอบ โดยให้ตอบคำถามทุกข้อ

2.2 การทดลองในตอนที่ 1 และตอนที่ 2 เป็นกิจกรรมที่มีความสอดคล้องกัน ให้ปฏิบัติการทดลองทั้ง 2 ตอน

2.3 ระยะเวลาในการเรียนบทปฏิบัติการทั้ง 2 ตอน ใช้เวลา 2 ชั่วโมง

บทปฏิบัติการ

เรื่อง

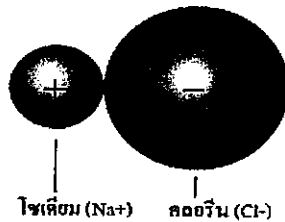
สมบัติของสารประกอบไอออนิก

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและทดลองสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิก
2. เพื่อฝึกการคิดวิจารณ์ โดยใช้ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

แนวคิดหลัก (Concept to be invented)

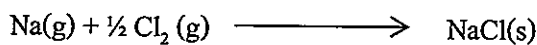
สารประกอบไอออนิกปกติมีสถานะเป็นของแข็ง ประกอบด้วยไอออนบวกรวมกับไอออนลบ โดยมีไอออนลบเรียงสลับกับไอออนบวกเป็นผลึกที่มีโครงสร้างแน่นอน เช่น โซเดียมคลอไรด์หรือเกลือแกง (NaCl) ปกติมีสถานะเป็นของแข็ง เมื่อเป็นของแข็งจะไม่นำไฟฟ้า แต่ถ้านำไปละลายน้ำหรือให้ความร้อนจนหลอมเหลวจะนำไฟฟ้าได้ แสดงให้เห็นว่าขณะเป็นของแข็งต้องมีไอออนบวกและไอออนลบอยู่แล้วแต่ไม่เคลื่อนที่จึงไม่นำไฟฟ้า เมื่อให้ความร้อนไปทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ ไอออนจึงเคลื่อนที่ได้ทำให้สามารถนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลว พันธะที่เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกและไอออนลบ เรียกว่า พันธะไอออนิก (ionic bond)



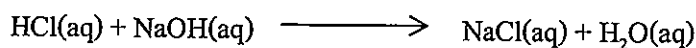
แนวคิดรอง (Secondary concept that are important to expansion)

การเกิดสารประกอบไอออนิก เกิดจากธาตุโลหะทำปฏิกิริยากับธาตุอโลหะซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ 3 แบบ คือ ปฏิกิริยาโดยตรงระหว่างโลหะกับอโลหะ ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส ปฏิกิริยาการแทนที่โลหะในกรด

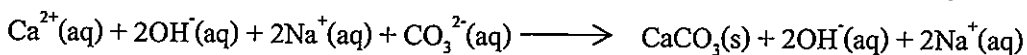
1. ปฏิกิริยาโดยตรงระหว่างโลหะกับอโลหะ เช่น โซเดียม กับ คลอรีน



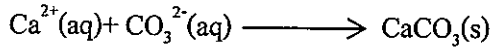
2. ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส เรียกว่า ปฏิกิริยาสะเทิน เช่น HCl กับ NaOH



3. ปฏิกิริยาแทนที่ หรือแทนที่ด้วยโลหะในกรดเช่น Ca(OH)_2 กับ Na_2CO_3



สามารถเขียนสมการไอออนิกสุทธิได้ดังนี้



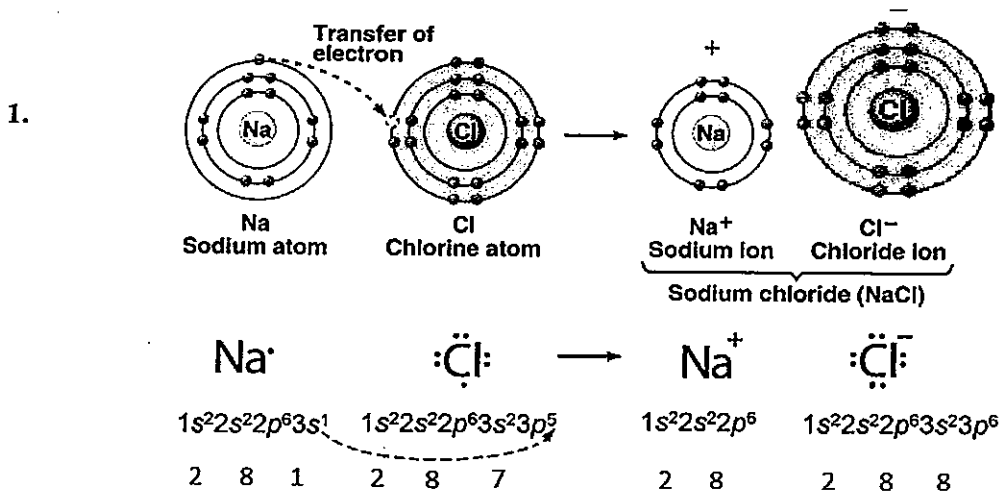
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง (สำหรับนักเรียนต่อกลุ่ม)

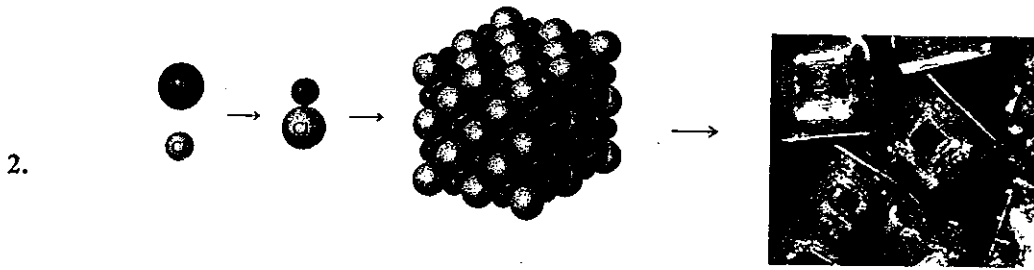
1. สารละลายเกลือแกงอิมตัว (ตกผลึกแล้ว)
2. เกลือแกง
3. น้ำกลั่น
4. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์
5. สแตนและฐาน
6. กล้องจุลทรรศน์
7. ซ้อนตักสารเบอร์ 1
8. แผ่นสไลด์
9. กระจกปิดแผ่นสไลด์
10. เครื่องตรวจวัดการนำไฟฟ้า

ข้อควรระวังในการปฏิบัติการทดลอง

การทดลองครั้งนี้อาจเกิดอันตรายจากไฟไหม้ได้เนื่องจากมีชุดตะเกียงแอลกอฮอล์ และควรใช้กล้องจุลทรรศน์ให้ถูกหลักการและใช้ด้วยความระมัดระวังเนื่องจากกล้องมีราคาแพง จึงควรใช้อุปกรณ์การทดลองด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษ และไม่ควรหยอกล้อกันขณะปฏิบัติการทดลอง เมื่อมีข้อสงสัยให้สอบถามครูผู้ควบคุมปฏิบัติการทดลอง

1. **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)** : ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ต่อไปนี้





ที่มา : http://www.satriwit3.ac.th/external_newsblog.php?links=1282

จากสถานการณ์ที่กำหนดสารเคมีที่เห็นในรูป คือ สารประกอบโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ซึ่งเกิดจากไอออนบวกของธาตุโซเดียมดึงดูดกับไอออนลบของธาตุคลอรีน จึงเกิดรูปผลึกขึ้นซึ่งสามารถนำมาใช้ในการประกอบอาหารได้ สถานะปกติของเกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์มีสถานะเป็นของแข็ง สามารถใช้มือบีบให้แตกได้ จากสถานการณ์ดังกล่าวให้นักเรียนจะทราบสมบัติของสารประกอบไอออนิกได้อย่างไร นักเรียนจะตั้งหัวข้อการทดลองเรื่องนี้ว่าอย่างไร

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) :

ทักษะจำเป็นที่ใช้ในการศึกษาเรื่องนี้ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายและการลงข้อสรุป

ตอนที่ 1 สมบัติของสารประกอบไอออนิก

วัน / เดือน / ปี..... กลุ่มที่..... ชั้น.....

ชื่อผู้ทดลอง 1.....เลขที่.....มีหน้าที่.....

2.....เลขที่.....มีหน้าที่.....

3.....เลขที่.....มีหน้าที่.....

4.....เลขที่.....มีหน้าที่.....

5.....เลขที่.....มีหน้าที่.....

1. ประเด็นปัญหา คือ.....

.....

2. จากปัญหาข้างต้น

ตัวแปรต้น คือ.....

ตัวแปรตาม คือ.....

ตัวแปรควบคุม คือ.....

3. สมมติฐานของเรา คือ

ถ้า.....

ดังนั้น.....

4. นิยามเชิงปฏิบัติการ คือ

5. นักเรียนจะตั้งจุดประสงค์ในการทดลองครั้งนี้ได้อย่างไร

5.1

5.2

6. ลองทำการทดลองดู เพื่อตรวจสอบสมมติฐานของเรา

1. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 4 – 5 คน
2. เลือกผลึกของเกลือที่มีรูปผลึกสมบูรณ์วางลงแผ่นสไลด์ และวางทับด้วยกระจกปิดสไลด์ โดยไม่ต้องกดกระจกปิดสไลด์
3. นำแผ่นสไลด์ไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ วาดรูปลักษณะของผลึกที่สังเกตได้
4. ใส่โซเดียมคลอไรด์ 1 ช้อน เฮอร์ 1 ในเตาหลุมแล้วเผาด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ สังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผล
5. ใส่น้ำ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในบีกเกอร์ขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำโซเดียมคลอไรด์ที่ละลาย (เช่น เกลือปรงทิพย์) 1 ช้อน เฮอร์ 1 สังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผล
6. ตักโซเดียมคลอไรด์ที่ละลาย 1 ช้อน เฮอร์ 1 ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้เครื่องทดสอบการนำไฟฟ้าทดสอบโดยการจุ่มในบีกเกอร์ สังเกตความสว่างของหลอดไฟและบันทึกผล
7. นำเครื่องทดสอบการนำไฟฟ้าออกจากบีกเกอร์แล้วเทน้ำลงไป 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร สังเกตการเปลี่ยนแปลงของโซเดียมคลอไรด์ ใช้เครื่องทดสอบการนำไฟฟ้า ทดสอบการนำไฟฟ้าของสารละลายโซเดียมคลอไรด์อีกครั้ง บันทึกผลที่สังเกตได้
8. นำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน

7. ตารางบันทึกผลการทดลองของเราเป็นดังนี้

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม

3. ขั้นตอนิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase) :

ใจความสำคัญของเรื่องนี่คืออะไร แล้วนักเรียนจะระบุถึงใจความสำคัญของเรื่องนี้ได้อย่างไร จากแนวคิดหลัก : สมบัติของสารประกอบไอออนิก ให้นักเรียนลองช่วยกันคิดและตอบคำถามในกิจกรรมต่อไปนี้

ตอนที่ 2 ช่วยกันคิดช่วยกันทำ

การทดลองเป็นไงบ้างเด็กๆ สนุกไหม
 ลองคิดต่อไปสิ.. เวลาที่เราซื้อไอศกรีมทำไมพ่อค้าหรือแม่ค้า
 ต้องนำเกลือแกงใส่ลงไปข้างถึงไอศกรีมด้วยนะ หรือว่าเกลือแกงมี
 สมบัติอย่างอื่นอีกหลายประการ นักเรียนลองค้นหาคำตอบดูนะครับ
ว่าเป็นเพราะอะไร



ยังมีต่อนะครับ...

อาจารย์ครับ....แล้วต้องทำอะไรต่อ



เอ้ นักเรียนลองศึกษาสมบัติของสารประกอบไอออนิก
 เพิ่มเติมได้ที่นี้นะครับ
http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=69482
 เพื่อให้เราได้เอาไปใช้ประโยชน์ต่อไป.....

อย่าลืมตอบคำถามด้วยนะเด็กๆ

1. สารประกอบไอออนิกละลายน้ำได้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. เมื่อสารประกอบไอออนิกละลายน้ำแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีได้หรือไม่ อย่างไร

.....
.....
.....
.....
.....

3. ให้นักเรียนสรุปสมบัติของสารประกอบไอออนิกที่ได้จากการทดลองครั้งนี้

.....
.....
.....
.....
.....

4. เราสามารถสรุปจากผลการทดลองในตาราง (ข้อที่ 7) ได้อย่างไร

.....
.....
.....
.....
.....

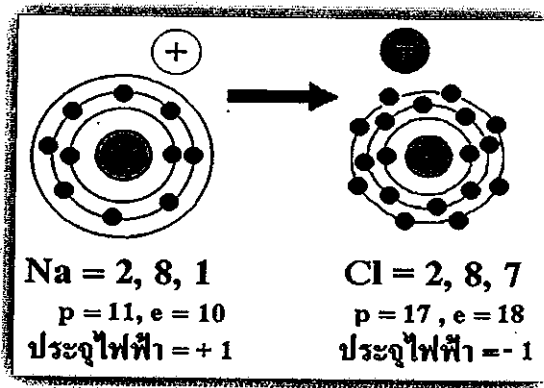
4. ขยายความรู้ (Expansion Phase) :

พันธะไอออนิก (Ionic bond)

พันธะไอออนิก (Ionic bond) หมายถึง พันธะระหว่างอะตอมที่อยู่ในสภาพไอออนที่มีประจุตรงข้ามกัน ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน 1 ตัว หรือมากกว่า จากอิเล็กตรอนวงนอกสุดของอะตอมหนึ่ง ไปยังอีกอะตอมหนึ่ง เพื่อให้จำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุดครบ 8 ตามกฎออกเตต ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างอะตอมของโลหะกับอโลหะ โดยที่โลหะเป็นฝ่ายจ่ายอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดให้กับอโลหะ

พันธะไอออนิกเกิดจากการรวมกันทางเคมีของโลหะกับอโลหะ โดยที่โลหะเป็นฝ่ายเสียอิเล็กตรอน เมื่อเสียอิเล็กตรอนไปแล้วก็จะเกิดเป็นไอออนบวก ส่วนอโลหะเป็นฝ่ายรับอิเล็กตรอนเมื่อรับอิเล็กตรอนแล้วก็จะเกิดเป็นไอออนลบ ไอออนบวกและไอออนลบที่เกิดขึ้นจะ

ดึงดูดกันด้วยแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้า เกิดเป็นพันธะที่แข็งแรงเรียกว่า พันธะไอออนิก เช่น การสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ ดังรูป



แสดงการเกิดพันธะไอออนิกของธาตุโซเดียมกับคลอรีน

โซเดียมเสียอิเล็กตรอนให้แก่คลอรีน 1 ตัวทำให้อะตอมของโซเดียมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอน = 8 (อะตอมจะเสถียรเป็นไปตามกฎออกเตต) และทำให้มีจำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่าโปรตอน 1 ตัวทำให้อะตอมโซเดียมแสดงอำนาจไฟฟ้าเป็นประจุบวก (+) ส่วนอะตอมคลอรีนรับอิเล็กตรอนจากโซเดียมมา 1 ตัวทำให้อะตอมของคลอรีนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอน = 8 (อะตอมเสถียรเป็นไปตามกฎออกเตต) และทำให้มีจำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าโปรตอน 1 ตัวทำให้อะตอมคลอรีนแสดงอำนาจไฟฟ้าเป็นประจุลบ (-) ทำให้โซเดียมไอออนบวก (+) และคลอไรด์ไอออน (-) ดึงดูดกัน เพราะมีประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน เกิดเป็น "พันธะไอออนิก"

สรุปเกี่ยวกับพันธะไอออนิก

1. พันธะไอออนิกเป็นพันธะที่เกิดจากไอออนบวกของโลหะรวมกับไอออนลบของอโลหะและต้องเป็นไปตามกฎออกเตตเช่น NaCl , MgO , KI
2. พันธะไอออนิกเป็นพันธะเคมีที่เกิดจากธาตุที่มีค่าพลังงานไอออไนเซชันต่ำกับธาตุที่มีค่าพลังงานไอออไนเซชันสูง
3. ธาตุหมู่ IA, IIA และ IIIA มีแนวโน้มจะเสียอิเล็กตรอนเพื่อเกิดเป็นไอออนบวก
4. โลหะทรานซิชัน มีแนวโน้มจะเสียอิเล็กตรอนเพื่อเกิดเป็นไอออนบวก แต่มีประจุได้หลายค่า
5. ธาตุหมู่ IVA, VA, VIA และ VIIA มีแนวโน้มจะรับอิเล็กตรอนเพื่อเกิดเป็นไอออนลบ
6. สารประกอบที่เกิดจากพันธะไอออนิกจะเรียกว่า สารประกอบไอออนิก

7. Be และ B มีค่า IE_1 และ EN สูงจึงมีแนวโน้มที่จะสร้างพันธะโคเวเลนต์กับอโลหะ
8. สารประกอบไอออนิกไม่มีสูตรโมเลกุลแต่มีสูตรเอมพิริคัล (สูตรอย่างง่าย)
9. เป็นสารประกอบประเภทมีขั้ว สารประกอบไอออนิกไม่ได้เกิดขึ้นเป็นโมเลกุลเดี่ยว แต่จะเป็นของแข็งซึ่งประกอบด้วยไอออนจำนวนมาก ซึ่งยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงยึดเหนี่ยวทางไฟฟ้า
10. นำ ไฟฟ้าได้เมื่อใส่สารประกอบไอออนิกลงในน้ำ ไอออนจะแยกออกจากกัน ทำให้สารละลายนำไฟฟ้าในทำนองเดียวกันสารประกอบที่หลอมเหลวจะนำไฟฟ้าได้ด้วย เนื่องจากเมื่อหลอมเหลวไอออนจะเป็นอิสระจากกัน เกิดการไหลเวียนอิเล็กตรอนทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จึงเกิดการนำไฟฟ้า
11. มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง ความร้อนในการทำละลายแรงดึงดูดระหว่างไอออนให้กลายเป็นของเหลวต้องใช้พลังงานสูง
12. สารประกอบไอออนิกทำให้เกิดปฏิกิริยาไอออนิก คือ ปฏิกิริยาระหว่างไอออนกับไอออน ทั้งนี้เพราะสารไอออนิกจะเป็นไอออนอิสระในสารละลาย ปฏิกิริยาจึงเกิดขึ้นที่
13. สมบัติไม่แสดงทิศทางของพันธะไอออนิก สารประกอบไอออนิกเกิดจากไอออนที่มีประจุตรงกันข้ามรอบ ๆ ไอออนแต่ละไอออนจะมีสนามไฟฟ้าซึ่งไม่มีทิศทาง จึงทำให้เกิดสมบัติไม่แสดงทิศทางของพันธะไอออนิก

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

คือ การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 5 กระบวนการ ดังนี้

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน เป็นความสามารถในการคาดคะเนผลหรือคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิม
2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ เป็นความสามารถในการนำเอาคำหรือข้อความมาอธิบายความหมาย ให้สามารถที่จะสังเกตหรือทดสอบได้
3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร เป็นความสามารถในการกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุม
4. ทักษะการทดลอง เป็นความสามารถในการออกแบบการทดลองปฏิบัติทดลอง และบันทึกผลการทดลองได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง ประกอบด้วย 8 ทักษะพื้นฐาน 1. ทักษะการ

สังเกต 2. ทักษะการวัดเป็นความสามารถในการหาค่าที่แน่นอน 3. ทักษะการจำแนกประเภท 4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส 5. ทักษะการคำนวณ 6. ทักษะการจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูล 7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล 8. ทักษะการพยากรณ์

5. ทักษะการตีความหมายและการลงข้อสรุป เป็นความสามารถในการแปรความหมาย และการสรุปเป็นหลักการของข้อมูลได้ถูกต้อง

จากนั้นขยายความรู้ให้นักเรียนช่วยกันคิดและตอบคำถามในประเด็นต่างๆ ดังนี้

คำถามส่งเสริมการคิด

- นักเรียนคิดว่าสารประกอบไอออนิกที่เกิดจากธาตุหมู่ 1A และ 2A มีความแตกต่างกันในเรื่องใด ทำไมถึงแตกต่างหรือไม่แตกต่าง เพราะสาเหตุใด

.....
.....
.....
.....
.....

คำถามส่งเสริมการให้ความสำคัญกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

- “พลังงานแห่งอนาคตรถยนต์เชื้อเพลิงไฮโดรเจน” จากข้อความข้างต้นนักเรียนคิดว่าสามารถนำคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก ไปใช้ในการพัฒนาประเทศไทยของเราด้านวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยี และสังคมศาสตร์ ได้อย่างไร

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

คำถามความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์

- ปัจจุบันมีการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลได้ นักเรียนคิดว่าการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิชาการนี้จะส่งผลดีและผลเสียอย่างไรต่อมนุษย์ในอนาคต

.....
.....
.....
.....
.....
.....

คำถามเกี่ยวข้องกับอาชีพ

- การผลิตเกลือสมุทรส่วนมากเกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ติดชายทะเล เช่น จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสงคราม นักเรียนคิดว่าอาชีพดังกล่าวส่งผลอย่างไรกับระบบนิเวศชายฝั่ง

.....
.....
.....
.....
.....
.....

- การถนอมอาหารด้วยการใช้เกลือเป็นอีกวิธีการที่นิยมทำมาตั้งแต่สมัยโบราณ นักเรียนคิดว่าอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการถนอมอาหารด้วยเกลือมีอาชีพใดบ้าง และถ้าเราบริโภคอาหารที่มีเกลือเป็นองค์ประกอบติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน จะส่งผลต่อสุขภาพอย่างไร และถ้าเราไม่บริโภคเกลือเลยจะส่งผลต่อสุขภาพอย่างไร

.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) :

ในกระบวนการประเมินนี้มีการประเมินตามสภาพจริงและจากการตอบคำถามตลอดทั้งคาบเรียน ดังนี้

1. ให้นักเรียนช่วยกันเขียนสรุปว่า สมบัติของสารประกอบไอออนิกมีความสัมพันธ์กันอย่างไรกับพันธะเคมี
2. ยกตัวอย่างสารประกอบไอออนิกที่พบเห็นในชีวิตประจำวันได้
3. ให้นักเรียนตอบคำถามทุกข้อเพื่อตรวจสอบว่านักเรียนได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ (ตอบถูกไม่น้อยกว่า 85% ของคะแนนเต็มจากข้อคำถามจึงจะถือว่า ผ่าน



คณิตา ตังคณานุรักษ์. เคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อุดมศึกษาพรินติ้ง แอนพับลิชซิ่ง, 2549.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.เคมี เล่ม 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว 2554.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. เคมี เล่ม 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2556

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ . กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2551.

ศรีลักษณ์ ผลวัฒนะและประดับ นาคแก้ว. เคมีพื้นฐาน ม.4 ภาคเรียนที่ 2. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์จำปาทองพรินติ้ง, 2553.

พันธะไอออนิก เข้าถึงได้จาก :

http://www.satriwit3.ac.th/external_newsblog.php?links=1282

สมบัติของสารประกอบไอออนิก เข้าถึงได้จาก :

<http://www.nmt.ac.th/product/bond/335.htm>

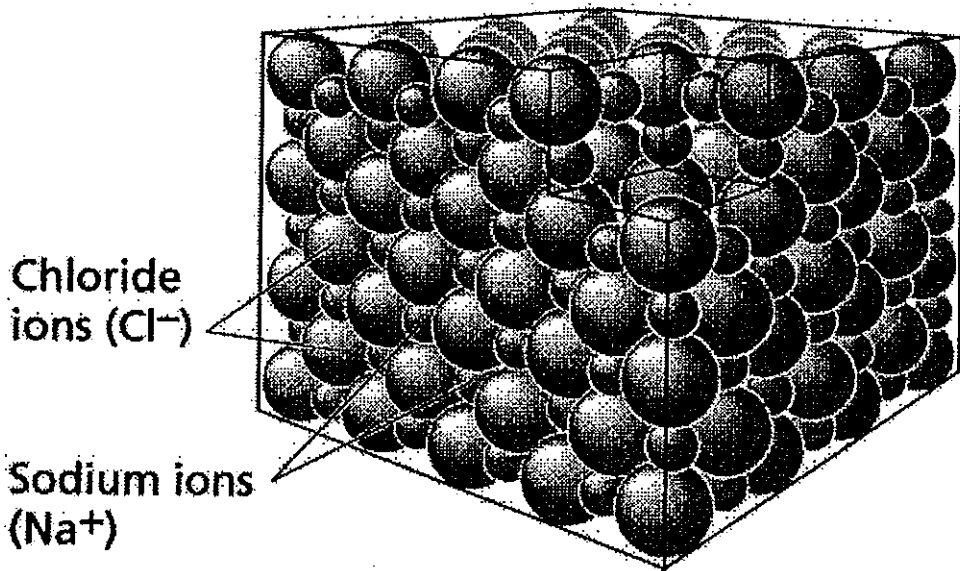
สมบัติของสารประกอบไอออนิก เข้าถึงได้จาก :

http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=69482

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก

สำหรับครูผู้สอน



โดย

นายทองหล่อ วันวิเศษ

นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเคมีศึกษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร. ชนวัชร สมด้ว

ดร. พิชราภรณ์ พิมพ์จันทร์

ข้อปฏิบัติสำหรับการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ฉบับนี้เป็นปฏิบัติการแบบสืบเสาะ (Investigative Laboratory) โดยใช้รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E Learning Cycle) ซึ่งมีโครงสร้างการเรียนรู้ตามครูผู้สอนกำหนดให้ (Teacher-Structured Laboratory) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ประกอบด้วยบทปฏิบัติการ 4 เรื่อง จำนวน 7 บทปฏิบัติการ ดังนี้

เรื่องที่ 1 พันธะเคมีกับสมบัติของสาร ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือ

บทปฏิบัติการ เรื่อง นำไฟฟ้าหรือไม่นำไฟฟ้า

บทปฏิบัติการ เรื่อง พันธะเคมีกับสารประกอบในชีวิตประจำวัน

เรื่องที่ 2 พันธะไอออนิก ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือ

บทปฏิบัติการ เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก

บทปฏิบัติการ เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

เรื่องที่ 3 พันธะโคเวเลนต์ ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการคือ

บทปฏิบัติการ เรื่อง การระเหิดของไอ โอดีน

บทปฏิบัติการ เรื่อง รูปร่าง โมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์

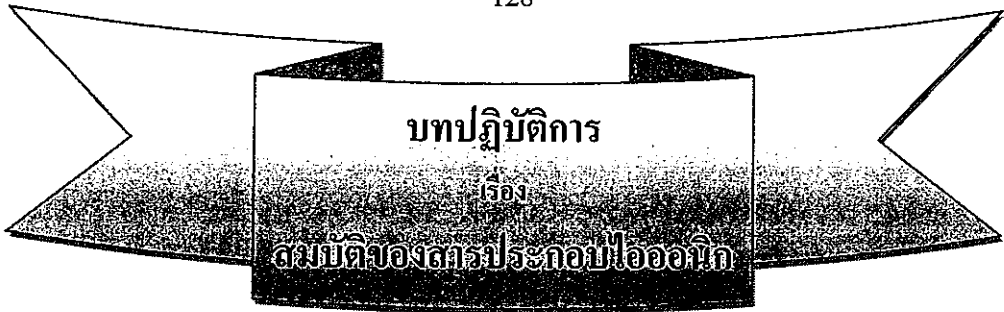
เรื่องที่ 4 พันธะโลหะ ประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการคือ

บทปฏิบัติการ เรื่อง โลหะกับสมบัติของพันธะโลหะ

ซึ่งแต่ละบทปฏิบัติการประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ประกอบด้วย บทปฏิบัติการแต่ละเรื่อง และตอนที่ 2 ช่วยกันคิดช่วยกันทำ โดยมีข้อปฏิบัติและทำความเข้าใจ ดังนี้

1. ให้นักเรียนศึกษาแนวคิดการทดลอง สถานการณ์ที่ครูกำหนด พร้อมวางแผนการทดลองตามขั้นตอนในบทปฏิบัติการนี้พร้อมตรวจสอบสมมติฐานของการทดลอง สรุปผล และตอบคำถามท้ายปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละคนในกลุ่ม
2. นักเรียนศึกษากิจกรรมในตอนี่ 2 ช่วยกันคิดช่วยกันทำ ซึ่งเป็นการใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากตอนที่ 1 โดยนักเรียนช่วยกันคิดและหาคำตอบ
3. การทดลองในตอนี่ 1 และตอนที่ 2 เป็นกิจกรรมที่มีความสอดคล้องกันจึงควรปฏิบัติการทดลองทั้ง 2 ตอน
4. ระยะเวลาในการเรียนบทปฏิบัติการทั้ง 2 ตอน ใช้เวลา 2 ชั่วโมง

4.1 อภิปรายการทดลอง	20	นาที
4.2 ทดลอง	60	นาที
4.3 อภิปรายหลังการทดลอง	40	นาที

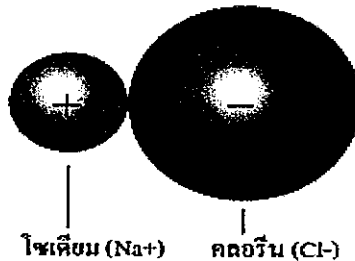


วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและทดลองสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิก
2. เพื่อฝึกการคิดวิจารณ์ โดยใช้ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

แนวคิดหลัก (Concept to be invented)

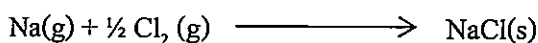
สารประกอบไอออนิกปกติมีสถานะเป็นของแข็ง ประกอบด้วยไอออนบวกรวมกับไอออนลบ โดยมีไอออนลบเรียงสลับกับไอออนบวกเป็นผลึกที่มีโครงสร้างแน่นอน เช่น โซเดียมคลอไรด์หรือเกลือแกง (NaCl) ปกติมีสถานะเป็นของแข็ง เมื่อเป็นของแข็งจะไม่นำไฟฟ้า แต่ถ้านำไปละลายน้ำหรือให้ความร้อนจนหลอมเหลวจะนำไฟฟ้าได้ แสดงให้เห็นว่าขณะเป็นของแข็งต้องมีไอออนบวกและไอออนลบอยู่แล้วแต่ไม่เคลื่อนที่จึงไม่นำไฟฟ้า เมื่อให้ความร้อนไปทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ ไอออนจึงเคลื่อนที่ได้ทำให้นำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลว พันธะที่เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกและไอออนลบ เรียกว่า พันธะไอออนิก (ionic bond)



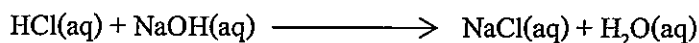
แนวคิดรอง (Secondary concept that are important to expansion)

การเกิดสารประกอบไอออนิก เกิดจากธาตุโลหะทำปฏิกิริยากับธาตุโลหะซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ 3 แบบ คือ ปฏิกิริยาโดยตรงระหว่างโลหะกับโลหะ ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส ปฏิกิริยาการแทนที่โลหะในกรด

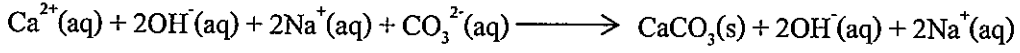
1. ปฏิกิริยาโดยตรงระหว่างโลหะกับโลหะ เช่น โซเดียม กับ คลอรีน



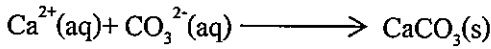
2. ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส เรียกว่า ปฏิกิริยาสะเทิน เช่น HCl กับ NaOH



3. ปฏิกิริยาแทนที่ หรือแทนที่ด้วยโลหะในกรดเช่น Ca(OH)_2 กับ Na_2CO_3



สามารถเขียนสมการไอออนิกสุทธิได้ดังนี้



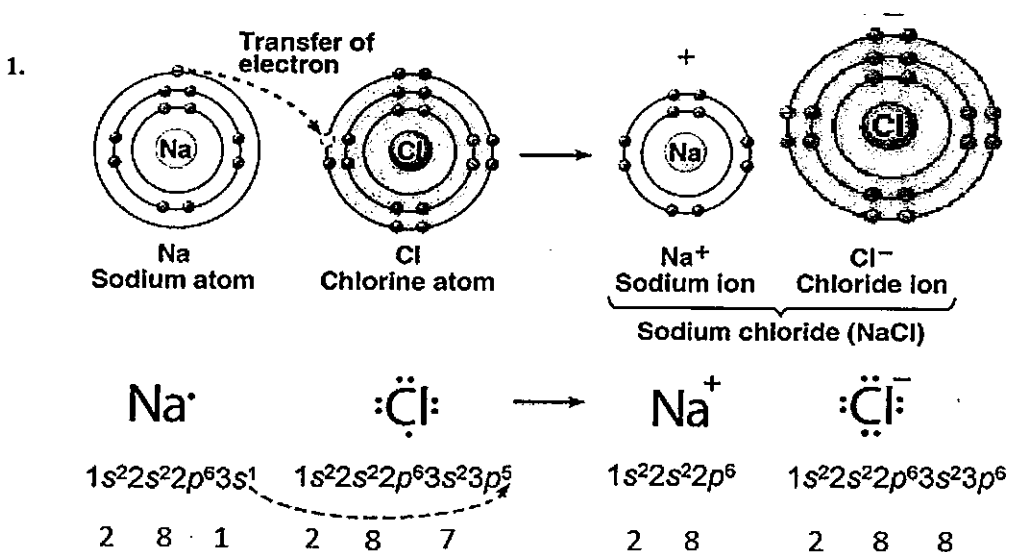
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง (สำหรับนักเรียนต่อกลุ่ม)

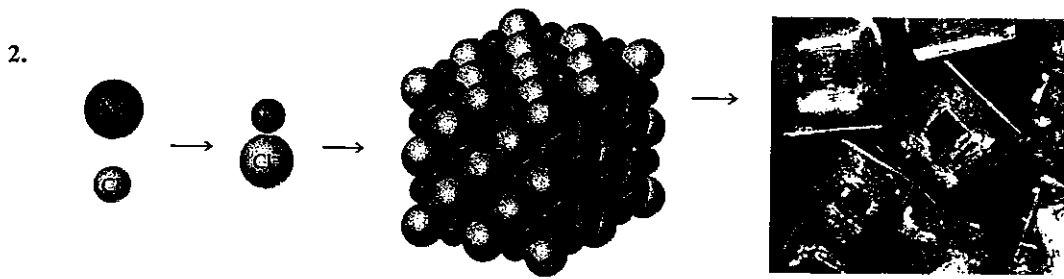
11. สารละลายเกลือแกงอิ่มตัว (ตกผลึกแล้ว)
12. เกลือแกง
13. น้ำกลั่น
14. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์
15. สแตนและฐาน
16. กล้องจุลทรรศน์
17. ช้อนตักสารเบอร์ 1
18. แผ่นสไลด์
19. กระจกปิดแผ่นสไลด์
20. เครื่องตรวจวัดการนำไฟฟ้า

ข้อควรระวังในการปฏิบัติการทดลอง

การทดลองครั้งนี้อาจเกิดอันตรายจากไฟไหม้ได้เนื่องจากมีชุดตะเกียงแอลกอฮอล์ และควรใช้กล้องจุลทรรศน์ให้ถูกหลักการและใช้ด้วยความระมัดระวังเนื่องจากกล้องมีราคาแพง จึงควรใช้อุปกรณ์การทดลองด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษ และไม่ควรรยอกล้อกันขณะปฏิบัติการทดลอง เมื่อมีข้อสงสัยให้สอบถามครูผู้ควบคุมปฏิบัติการทดลอง

1. **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) :** ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ต่อไปนี้





ที่มา : http://www.satriwit3.ac.th/external_newsblog.php?links=1282

จากสถานการณ์ที่กำหนดสารเคมีที่เห็นในรูป คือ สารประกอบโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ซึ่งเกิดจากไอออนบวกของธาตุโซเดียมดึงดูดกับไอออนลบของธาตุคลอรีน จึงเกิดรูปผลึกขึ้นซึ่งสามารถนำมาใช้ในการประกอบอาหารได้ สถานะปกติของเกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์มีสถานะเป็นของแข็ง สามารถใช้มือบีบให้แตกได้ จากสถานการณ์ดังกล่าวนี้ นักเรียนจะทราบสมบัติของสารประกอบไอออนิกได้อย่างไร นักเรียนจะตั้งหัวข้อการทดลองเรื่องนี้ว่าอย่างไร

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) :

ทักษะจำเป็นที่ใช้ในการศึกษาเรื่องนี้ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายและการลงข้อสรุป

ตอนที่ 1 สมบัติของสารประกอบไอออนิก

วัน / เดือน / ปี.....กลุ่มที่.....ชั้น.....

ชื่อผู้ทดลอง

1.....	เลขที่.....	มีหน้าที่.....
2.....	เลขที่.....	มีหน้าที่.....
3.....	เลขที่.....	มีหน้าที่.....
4.....	เลขที่.....	มีหน้าที่.....
5.....	เลขที่.....	มีหน้าที่.....

1. ประเด็นปัญหา คือ สารประกอบไอออนิกมีสมบัติอย่างไรบ้าง จะทดสอบสมบัติของสารประกอบไอออนิกได้อย่างไร

2. จากปัญหาข้างต้น

ตัวแปรต้น คือ สารโซเดียมคลอไรด์

ตัวแปรตาม คือ คุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก

ตัวแปรควบคุม คือ ปริมาณสารที่ใช้

3. สมมติฐานของเรา คือ

ถ้าสารโซเดียมคลอไรด์เป็นสารประกอบไอออนิกจริง

ดังนั้นสารโซเดียมคลอไรด์ต้องมีสมบัติการละลายน้ำ นำไฟฟ้าได้ และมีรูปผลึกของสาร

4. นิยามเชิงปฏิบัติการ คือ

โซเดียมคลอไรด์ หมายถึง สารเคมีที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษารูปผลึก สีของเปลวไฟ การละลายน้ำ และการนำไฟฟ้าของสารทั้งสถานะของแข็ง และของเหลว

5. นักเรียนจะตั้งจุดประสงค์ในการทดลองครั้งนี้ได้อย่างไร

5.1 เพื่อศึกษาสมบัติบางประการของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์

5.2 เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพันธะเคมีกับสมบัติของสารโซเดียมคลอไรด์

6. ลองทำการทดลองดู เพื่อตรวจสอบสมมติฐานของเรา

9. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม 4 – 5 คน

10. เลือกผลึกของเกลือที่มีรูปผลึกสมบูรณ์วางลงแผ่นสไลด์ และวางทับด้วยกระจกปิดสไลด์โดยไม่ต้องกดกระจกปิดสไลด์

11. นำแผ่นสไลด์ไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ วาดรูปลักษณะของผลึกที่สังเกตได้

12. ใส่โซเดียมคลอไรด์ 1 ช้อน เบบอร์ 1 ในเตาหลอมแล้วเผาด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ สังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผล

13. ใส่น้ำ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในบีกเกอร์ขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมโซเดียมคลอไรด์ที่ละเอียด (เช่น เกลือปรงทิพย์) 1 ช้อน เบบอร์ 1 สังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผล

14. ตักโซเดียมคลอไรด์ที่ละเอียด 1 ช้อน เบบอร์ 1 ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้เครื่องทดสอบการนำไฟฟ้าทดสอบโดยการจุ่มในบีกเกอร์ สังเกตความสว่างของหลอดไฟและบันทึกผล

15. นำเครื่องทดสอบการนำไฟฟ้าออกจากบีกเกอร์แล้วเทน้ำลงไป 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร สังเกตการเปลี่ยนแปลงของโซเดียมคลอไรด์ ใช้เครื่องทดสอบการนำไฟฟ้าทดสอบการนำไฟฟ้าของสารละลายโซเดียมคลอไรด์อีกครั้ง บันทึกผลที่สังเกตได้

7. ตารางบันทึกผลการทดลองของเราเป็นดังนี้

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม
รูปผลึกของสาร	มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ผลึกขาวใสคล้ายแก้ว
สีของเปลวไฟ	เมื่อเผาจะให้เปลวไฟสีเหลืองอมส้ม
การละลายน้ำ	สาร โซเดียมคลอไรด์สามารถละลายน้ำได้
การนำไฟฟ้าในสถานะของแข็ง	ไม่สามารถนำไฟฟ้าได้
การนำไฟฟ้าในสถานะของสารละลาย	สามารถนำไฟฟ้าได้

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase) :

ใจความสำคัญของเรื่องนี่คืออะไร แล้วนักเรียนจะระบุถึงใจความสำคัญของเรื่องนี้ได้อย่างไร จากแนวคิดหลัก : สมบัติของสารประกอบไอออนิก ให้นักเรียนลองช่วยกันคิดและตอบคำถามในกิจกรรมต่อไปนี้

ตอนที่ 2 ช่วยกันคิดช่วยกันทำ

การทดลองเป็นไงบ้างเด็กๆ สนุกไหม

ลองคิดต่อไปสิ.. เวลาที่เราซื้อไอศกรีมทำไมพ่อค้าหรือแม่ค้า
ต้องนำเกลือแกงใส่ลงไปข้างถังไอศกรีมด้วยนะ หรือว่าเกลือแกงมี
สมบัติอย่างอื่นอีกหลายประการ นักเรียนลองค้นหาคำตอบดูนะครับ
.....ว่าเป็นเพราะอะไร



ยังมีต่อนะครับ...

อาจารย์ครับ...แล้วต้องทำอะไรต่อ



เอ้ นักเรียนลองศึกษาสมบัติของสารประกอบไอ
ออนิกเพิ่มเติมได้ที่นี่นะครับ
[http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?
ID=69482](http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=69482)
เผื่อเราได้เอาไปใช้ประโยชน์ต่อไป.....

อย่าลืมตอบคำถามด้วยนะเด็กๆ

3. สารประกอบไอออนิกละลายน้ำได้หรือไม่ อย่างไร

สามารถละลายน้ำได้ โดยสังเกตจากการทดลอง พบว่าเมื่อตักสารประกอบไอออนิกใด
ใดลงลงในน้ำไอออนิกใดใดจะละลายน้ำได้ทันที

เมื่อสารประกอบไอออนิกละลายน้ำแล้วสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีได้หรือไม่ อย่างไร

เกิดขึ้นได้ เนื่องจากสารประกอบแตกตัวเป็นไอออน ไอออนบวกและลบเคลื่อนที่ได้

อย่างอิสระเมื่อละลายสาร ไอออนิกต่างชนิดกันลงในตัวทำละลายเดียวกันสาร ไอออนิกก็

จะแตกตัวเป็นไอออนได้ ไอออนบวกและไอออนลบ ไอออนบวกของสารอีกชนิดหนึ่งก็

จะสร้างพันธะ ไอออนต่อกันกับ ไอออนของสารอีกชนิดหนึ่ง จึงเกิดสารใหม่ขึ้นแสดงว่า

เกิดปฏิกิริยาเคมี

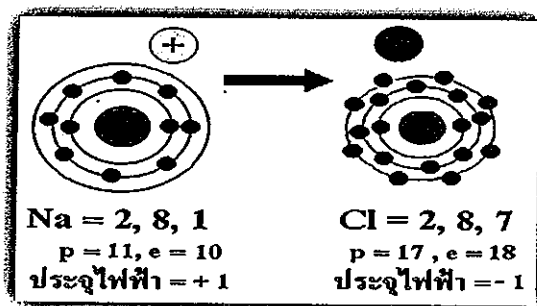
4. ให้นักเรียนสรุปสมบัติของสารประกอบไอออนิกที่ได้จากการทดลองครั้งนี้
จากการทดลอง พบว่า สมบัติของสารประกอบไอออนิกที่ได้ คือ มีรูปผลึกเกิดในสถานะ
ของแข็ง ละลายน้ำได้ดี และสามารถนำไฟฟ้าได้เมื่อเป็นของเหลวหรือสารละลายเท่านั้น
5. เราสามารถลงข้อสรุปจากผลการทดลองในตาราง (ข้อที่ 7) ได้อย่างไร
โซเดียมคลอไรด์ มีรูปผลึกสี่เหลี่ยมจตุรัส มีสถานะเป็นของแข็ง เมื่อเผาจะให้เปลวไฟสี
เหลืองอมส้ม สามารถละลายน้ำได้ดี ไม่นำไฟฟ้าเมื่อมีสถานะเป็นของแข็ง และจะนำ
ไฟฟ้าได้เมื่อเป็นสารละลาย

4. ขยายความรู้ (Expansion Phase) :

พันธะไอออนิก (Ionic bond)

พันธะไอออนิก (Ionic bond) หมายถึง พันธะระหว่างอะตอมที่อยู่ในสภาพไอออนที่มี
ประจุตรงข้ามกัน ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน 1 ตัว หรือมากกว่า จากอิเล็กตรอนวงนอก
สุดของอะตอมหนึ่ง ไปยังอีกอะตอมหนึ่ง เพื่อให้จำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุดครบ 8 ตามกฎออก
เตต ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างอะตอมของโลหะกับอโลหะ โดยที่โลหะเป็นฝ่ายจ่ายอิเล็กตรอนชั้นนอก
สุดให้กับอโลหะ

พันธะไอออนิกเกิดจากการรวมกันทางเคมีของโลหะกับอโลหะ โดยที่โลหะเป็นฝ่ายเสีย
อิเล็กตรอน เมื่อเสียอิเล็กตรอนไปแล้วก็จะเกิดเป็นไอออนบวก ส่วนอโลหะเป็นฝ่ายรับ
อิเล็กตรอนเมื่อรับอิเล็กตรอนแล้วก็จะเกิดเป็นไอออนลบ ไอออนบวกและไอออนลบที่เกิดขึ้นจะ
ดึงดูดกันด้วยแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้า เกิดเป็นพันธะที่แข็งแรงเรียกว่า พันธะไอออนิก เช่น
การสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ ดังรูป



แสดงการเกิดพันธะไอออนิกของธาตุโซเดียมกับคลอรีน

โซเดียมเสี่ยอิเล็กตรอนให้แก่คลอรีน 1 ตัวทำให้อะตอมของโซเดียมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอน = 8 (อะตอมจะเสี่ยเป็นไปตามกฎออกเตต) และทำให้มีจำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่าโปรตอน 1 ตัวทำให้อะตอมโซเดียมแสดงอำนาจไฟฟ้าเป็นประจุบวก (+) ส่วนอะตอมคลอรีนรับอิเล็กตรอนจากโซเดียมมา 1 ตัวทำให้อะตอมของคลอรีนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอน = 8 (อะตอมเสี่ยเป็นไปตามกฎออกเตต) และทำให้มีจำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าโปรตอน 1 ตัวทำให้อะตอมคลอรีนแสดงอำนาจไฟฟ้าเป็นประจุลบ (-) ทำให้โซเดียมไอออนบวก (+) และคลอไรด์ไอออน (-) ดึงดูดกัน เพราะมีประจุไฟฟ้าต่างชนิดกัน เกิดเป็น "พันธะไอออนิก"

สรุปเกี่ยวกับพันธะไอออนิก

1. พันธะไอออนิกเป็นพันธะที่เกิดจากไอออนของโลหะ + ไอออนของอโลหะและต้องเป็นไปตามกฎออกเตตเช่น NaCl, MgO, KI
2. พันธะไอออนิกเป็นพันธะเคมีที่เกิดจากธาตุที่มีค่าพลังงานไอออไนเซชันต่ำกับธาตุที่มีค่าพลังงานไอออไนเซชันสูง
3. ธาตุหมู่ IA, IIA และ IIIA มีแนวโน้มจะเสี่ยอิเล็กตรอนเพื่อเกิดเป็นไอออนบวก
4. โลหะแทรนซิชัน มีแนวโน้มจะเสี่ยอิเล็กตรอนเพื่อเกิดเป็นไอออนบวก แต่มีประจุได้หลายค่า
5. ธาตุหมู่ IVA, VA, VIA และ VIIA มีแนวโน้มจะรับอิเล็กตรอนเพื่อเกิดเป็นไอออนลบ
6. สารประกอบที่เกิดจากพันธะไอออนิกจะเรียกว่า สารประกอบไอออนิก
7. Be และ B มีค่า IE₁ และ EN สูงจึงมีแนวโน้มที่จะสร้างพันธะโคเวเลนต์กับโลหะ
8. สารประกอบไอออนิกไม่มีสูตรโมเลกุลแต่มีสูตรเอมพิริคัล (สูตรอย่างง่าย)
9. เป็นสารประกอบประเภทมีขั้ว สารประกอบไอออนิกไม่ได้เกิดขึ้นเป็นโมเลกุลเดี่ยว แต่จะเป็นของแข็งซึ่งประกอบด้วยไอออนจำนวนมาก ซึ่งยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงยึดเหนี่ยวทางไฟฟ้า
10. นำไฟฟ้าได้เมื่อใส่สารประกอบไอออนิกลงในน้ำ ไอออนจะแยกออกจากกัน ทำให้สารละลายนำไฟฟ้าในทำนองเดียวกันสารประกอบที่หลอมเหลวจะนำไฟฟ้าได้ด้วย เนื่องจากเมื่อหลอมเหลวไอออนจะเป็นอิสระจากกัน เกิดการไหลเวียนอิเล็กตรอนทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จึงเกิดการนำไฟฟ้า
11. มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง ความร้อนในการทำละลายแรงดึงดูดระหว่างไอออนให้กลายเป็นของเหลวต้องใช้พลังงานสูง

12. สารประกอบไอออนิกทำให้เกิดปฏิกิริยาไอออนิก คือ ปฏิกิริยาระหว่างไอออนกับไอออน ทั้งนี้เพราะสารไอออนิกจะเป็นไอออนอิสระในสารละลาย ปฏิกิริยาจึงเกิดขึ้นที่

13. สมบัติไม่แสดงทิศทางของพันธะไอออนิก สารประกอบไอออนิกเกิดจากไอออนที่มีประจุตรงกันข้ามรอบ ๆ ไอออนแต่ละไอออนจะมีสนามไฟฟ้าซึ่งไม่มีทิศทาง จึงทำให้เกิดสมบัติไม่แสดงทิศทางของพันธะไอออนิก

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

คือ การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 5 กระบวนการ ดังนี้

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน เป็นความสามารถในการคาดคะเนผลหรือคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิม
2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ เป็นความสามารถในการนำเอาคำหรือข้อความมาอธิบายความหมาย ให้สามารถที่จะสังเกตหรือทดสอบได้
3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร เป็นความสามารถในการกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุม
4. ทักษะการทดลอง เป็นความสามารถในการออกแบบการทดลองปฏิบัติทดลอง และบันทึกผลการทดลองได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง ประกอบด้วย 8 ทักษะพื้นฐาน 1. ทักษะการสังเกต 2. ทักษะการวัดเป็นความสามารถในการหาค่าที่แน่นอน 3. ทักษะการจำแนกประเภท 4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส 5. ทักษะการคำนวณ 6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล 8. ทักษะการพยากรณ์
5. ทักษะการตีความหมายและการลงข้อสรุป เป็นความสามารถในการแปรความหมายและการสรุปเป็นหลักการของข้อมูล ได้ถูกต้อง

จากชั้นขยายความรู้ให้นักเรียนช่วยกันคิดและตอบคำถามในประเด็นต่างๆ ดังนี้

คำถามส่งเสริมการคิด

- นักเรียนคิดว่าสารประกอบไอออนิกที่เกิดจากธาตุหมู่ 1A และ 2A มีความแตกต่างกันในเรื่องใด ทำไมถึงแตกต่างหรือไม่แตกต่าง เพราะสาเหตุใด

แตกต่างกัน เรื่องสมบัติการละลายน้ำของสาร สารประกอบไอออนิกที่เกิดจากธาตุหมู่ 1A สามารถละลายน้ำได้ดีกว่าสารประกอบไอออนิกที่เกิดจากธาตุหมู่ 2A เนื่องจากเกี่ยวข้องกับค่าพลังงานดึงคู่อิเล็กตรอน หรือ ค่า EN ของธาตุทั้ง 2 หมู่ซึ่งหมู่ 1A มีค่า EN ต่ำกว่าธาตุหมู่ 2A การสร้างพันธะเคมีจึงแข็งแรงน้อยกว่าและละลายน้ำได้ดีกว่า

คำถามส่งเสริมการให้ความสำคัญกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

- จากบทความเรื่อง “พลังงานแห่งอนาคตรถยนต์เชื้อเพลิงไฮโดรเจน” จากข้อความข้างต้นนักเรียนคิดว่าสามารถนำคุณสมบัติของสารประกอบไอออนิก ไปใช้ในการพัฒนาประเทศไทยของเรา ด้านวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยี และสังคมศาสตร์ ได้อย่างไร

ด้านวิทยาศาสตร์ การพัฒนาความรู้ด้านพลังงานจากสารประกอบไอออนิก เช่น น้ำทะเล ด้านเทคโนโลยี พัฒนาพลังงานทดแทนที่ได้จากการแยกน้ำทะเลให้เป็นแก๊สไฮโดรเจน เพื่อพัฒนาเครื่องยนต์ที่สามารถใช้น้ำเค็มได้

สังคมศาสตร์ ถ้าใช้รถยนต์ที่สามารถนำน้ำเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ก็จะส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อม ชุมชน และสังคม ส่งผลต่อภาคการขนส่งและค่าครองชีพลดลง

คำถามความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์

- ปัจจุบันมีการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลได้ นักเรียนคิดว่าการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิชาการนี้จะส่งผลดีและผลเสียอย่างไรต่อมนุษย์ในอนาคต

เนื่องจากน้ำทะเลเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของโลก คือ 3 ส่วนใน 4 ส่วนของพื้นโลก เป็นน้ำทะเล ถ้ามนุษย์รู้จักการนำน้ำทะเลมาผลิตเป็นน้ำจืดมนุษย์ก็สามารถผลิตน้ำได้

อย่างไม่จำกัดสามารถทำน้ำดื่ม หรือปลูกพืชในทะเลได้ ซึ่งเป็นผลดีกับมนุษย์ในอนาคต ผลเสีย คือ ผลประโยชน์ของมนุษย์และความเหลื่อมล้ำในสังคมตามมา

คำถามเกี่ยวข้องกับอาชีพ

- การผลิตเกลือสมุทรส่วนมากเกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ติดชายทะเล เช่น จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสงคราม นักเรียนคิดว่าอาชีพดังกล่าวส่งผลอย่างไรกับระบบนิเวศชายฝั่ง

นำหลักการผลิตเกลือออกจุกปล่อย ลงสู่ทะเลซึ่งทำให้ความเข้มข้นของเกลือมากขึ้นส่งผลต่อสัตว์ทะเลที่อาศัยในบริเวณใกล้เคียง และห่วงโซ่อาหารที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดดินเค็มในพื้นที่บนบกและอาจถูกชะล้างด้วยน้ำฝนเกิดการแพร่กระจายของพื้นที่ดินเค็ม

- การถนอมอาหารด้วยการใช้เกลือเป็นอีกวิธีการที่นิยมทำมาตั้งแต่สมัยโบราณ นักเรียนคิดว่าอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการถนอมอาหารด้วยเกลือมีอาชีพใดบ้าง และถ้าเราบริโภคอาหารที่มีเกลือเป็นองค์ประกอบติดต่อกันเป็นระยะเวลาอันยาวนาน จะส่งผลต่อสุขภาพอย่างไร และถ้าเราไม่บริโภคเกลือเลยจะส่งผลต่อสุขภาพอย่างไร อาชีพการทำปลาหมัก ปลาร้า ไข่เค็ม นาเกลือ เป็นต้น การบริโภคเกลือที่มากเกินไป อาจส่งผลต่อระบบการกำจัดของเสียโดยเฉพาะไตต้องทำงานหนักส่งผลให้เกิดภาวะไตวาย แต่ถ้าไม่บริโภคเกลือเลยก็จะส่งผลต่อการทำงานของร่างกายเกิดภาวะช็อกถึงตายได้ เนื่องจากร่างกายขาดความสมดุลเกลือแร่

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) :

เกณฑ์การประเมินแบบ Rubrics

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
ทักษะทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ คิดและระบุนามประเด็น คำถามที่ครูกำหนดให้ พร้อมทำการทดลองและ ลงข้อสรุปได้	นักเรียนสามารถตอบ คำถามตามประเด็นที่ครู กำหนดในขั้นตอนที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) ได้ ถูกต้องครบทุกข้อและ ตรงประเด็น	นักเรียนสามารถตอบคำถามตาม ประเด็นที่ครูกำหนดในขั้นตอนที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) ได้ถูกต้อง ครบทุกข้อและตรงประเด็น โดย ให้ครูแนะนำก่อนจึงทำได้	นักเรียนสามารถตอบคำถาม ตามประเด็นที่ครูกำหนดใน ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสำรวจและ ค้นหา (Exploration Phase) ได้ ถูกต้องครบทุกข้อและตรง ประเด็น โดยให้ครูแนะนำ บ่อยครั้งจึงทำได้
ความรู้ เขียนสรุประหว่าง สารประกอบไอออนิกมี ความสัมพันธ์กันอย่างไร	นักเรียนสามารถเขียน ข้อสรุประหว่าง สารประกอบไอออนิกมี ความสัมพันธ์กันอย่างไร	นักเรียนสามารถเขียนข้อสรุป ระหว่างสารประกอบไอออนิกมี ความสัมพันธ์กันอย่างไรกับ พันธะเคมี และตอบคำถามใน	นักเรียนสามารถเขียนข้อสรุป ระหว่างสารประกอบไอออนิก มีความสัมพันธ์กันอย่างไรกับ พันธะเคมี และตอบคำถามใน

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
กัปพันระเคมี จากการทดลอง พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบได้ตามที่ครูกำหนด	กัปพันระเคมี และตอบคำถามในขั้นตอนที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase) ได้ ถูกต้องครบทุกข้อและตรงประเด็น	ขั้นตอนที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase) ได้ ถูกต้องครบทุกข้อและตรงประเด็น โดยให้ครูแนะนำก่อนจึงทำได้	ขั้นตอนที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase) ได้ ถูกต้องครบทุกข้อและตรงประเด็น โดยให้ครูแนะนำบ่อยครั้งจึงทำได้
การคิดวิจารณ์ถกเถียงและให้เหตุผลเพื่ออธิบายความประเด็นที่ครูกำหนด	นักเรียนสามารถตอบคำถามในขั้นตอนที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase) ได้ ถูกต้องครบทุกข้อและตรงประเด็น	นักเรียนสามารถตอบคำถามในขั้นตอนที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase) ได้ ถูกต้องครบทุกข้อและตรงประเด็น โดยให้ครูแนะนำก่อนจึงทำได้	นักเรียนสามารถตอบคำถามในขั้นตอนที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase) ได้ ถูกต้องครบทุกข้อและตรงประเด็น โดยให้ครูแนะนำบ่อยครั้งจึงทำได้

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับ 3 หมายถึง	ดี	นักเรียนทำได้	3	คะแนน
ระดับ 2 หมายถึง	พอใช้	นักเรียนทำได้	2	คะแนน
ระดับ 1 หมายถึง	ปรับปรุง	นักเรียนทำได้	1	คะแนน

การประเมินผ่านตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในภาพรวมต้องได้คะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 7.65 คะแนนขึ้นไป (ร้อยละ 85 ของคะแนนเต็ม)

เอกสารอ้างอิง

คณิตา ตังคณานุรักษ์. เคมีพื้นฐานและเพิ่มเติม. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อุดมศึกษาพรินต์ติ้ง แอนพับลิชซิ่ง, 2549.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.เคมี เล่ม 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2554.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. เคมี เล่ม 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2556

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2551.

ศรีลักษณ์ ผลวิวัฒน์และประดัด นาคแก้ว. เคมีพื้นฐาน ม.4 ภาคเรียนที่ 2. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์จำปาทองพรินต์ติ้ง, 2553.

พันธะไอออนิก เข้าถึงได้จาก :

http://www.satriwit3.ac.th/external_newsblog.php?links=1282

สมบัติของสารประกอบไอออนิก เข้าถึงได้จาก :

<http://www.nmt.ac.th/product/bond/335.htm>

สมบัติของสารประกอบไอออนิก เข้าถึงได้จาก :

http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=69482

สารประกอบไอออนิก เข้าถึงได้จาก :

http://chemistry-jaae.blogspot.com/2009_07_01_archive.html

ภาคผนวก ค
การประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			ผลการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	IOC	แปลผล
นำไฟฟ้าหรือไม่ นำไฟฟ้า	ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)						
	- ความเหมาะสมของเนื้อหาใน สถานการณ์ที่กำหนด	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ภาษาที่ใช้ถูกต้อง เหมาะสมกับ วัยของผู้เรียน	0	+1	+1	2	0.67	ผ่าน
	ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ขั้นตอนการทดลองเหมาะสม ทดลองได้จริง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- เวลาในการทดลองเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ข้อคำถามสอดคล้องการ ทดลองในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase/Elaboration Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
- ข้อคำถามส่งเสริมให้นักเรียน คิดสอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน	

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ			ผลการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
นำไฟฟ้าหรือไม่ นำไฟฟ้า	ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)						
	- เกณฑ์การให้คะแนนมีความเหมาะสม ยุติธรรม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	โดยภาพรวม บทปฏิบัติการ เรื่อง นำไฟฟ้าหรือไม่นำไฟฟ้า	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
พันธะเคมีกับ สารประกอบใน ชีวิตประจำวัน	ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)						
	- ความเหมาะสมของเนื้อหาในสถานการณ์ที่กำหนด	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ภาษาที่ใช้ถูกต้อง เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้องเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ขั้นตอนการทดลองเหมาะสม ทดลองได้จริง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- เวลาในการทดลองเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้องเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ข้อคำถามสอดคล้องการทดลองในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ			ผลการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
พันธะเคมีกับ สารประกอบใน ชีวิตประจำวัน	ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase/Elaboration Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ข้อคำถามส่งเสริมให้นักเรียน คิดสอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)						
	- เกณฑ์การให้คะแนนมีความ เหมาะสม ยุติธรรม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	โดยภาพรวม บทปฏิบัติการ เรื่อง พันธะเคมีกับสารประกอบ ในชีวิตประจำวัน	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
สมบัติของ สารประกอบ ไอออนิก	ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)						
	- ความเหมาะสมของเนื้อหาใน สถานการณ์ที่กำหนด	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ภาษาที่ใช้ถูกต้อง เหมาะสมกับ วัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ขั้นตอนการทดลองเหมาะสม ทดลองได้จริง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- เวลาในการทดลองเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ			ผลการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
สมบัติของ สารประกอบ ไอออนิก	ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้องเหมาะสม	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
	- ข้อคำถามสอดคล้องการทดลองในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase/Elaboration Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้องเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ข้อคำถามส่งเสริมให้นักเรียนคิดสอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)						
- เกณฑ์การให้คะแนนมีความเหมาะสม ยุติธรรม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน	
โดยภาพรวม บทปฏิบัติการเรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน	
การละลายน้ำของ สารประกอบ ไอออนิก	ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)						
	- ความเหมาะสมของเนื้อหาในสถานการณ์ที่กำหนด	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ภาษาที่ใช้ถูกต้อง เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญคน ที่			ผลการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
การลดน้ำหนักของ สารประกอบ ไอออนิก	ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)						
	- ความเหมาะสมของเนื้อหาใน สถานการณ์ที่กำหนด	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ภาษาที่ใช้ถูกต้อง เหมาะสมกับ วัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ขั้นตอนการทดลองเหมาะสม ทดลองได้จริง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- เวลาในการทดลองเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ข้อคำถามสอดคล้องการ ทดลองในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase/Elaboration Phase)							
- ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน	
- ข้อคำถามส่งเสริมให้นักเรียน คิดสอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน	

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญคน ที่			ผลการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
	ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)						
	- เกณฑ์การให้คะแนนมีความเหมาะสม ยุติธรรม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	โดยภาพรวม บทปฏิบัติการเรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
การระเหิดของไอโอดีน	ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)						
	- ความเหมาะสมของเนื้อหาในสถานการณ์ที่กำหนด	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ภาษาที่ใช้ถูกต้อง เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้องเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ขั้นตอนการทดลองเหมาะสม ทดลองได้จริง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- เวลาในการทดลองเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้องเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ข้อคำถามสอดคล้องการทดลองในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญคน ที่			ผลการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
การระเหิดของ ไอโอดีน	ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase/Elaboration Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ข้อคำถามส่งเสริมให้นักเรียน คิดสอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)						
	- เกณฑ์การให้คะแนนมีความ เหมาะสม ยุติธรรม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	โดยภาพรวม บทปฏิบัติการ เรื่อง การระเหิดของ ไอโอดีน	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
รูปร่างโมเลกุล ของสาร ประกอบ โคเวเลนต์	ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)						
	- ความเหมาะสมของเนื้อหาใน สถานการณ์ที่กำหนด	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ภาษาที่ใช้ถูกต้อง เหมาะสมกับ วัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ขั้นตอนการทดลองเหมาะสม ทดลองได้จริง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- เวลาในการทดลองเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญคน ที่			ผลการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
รูปร่างโมเลกุล ของสาร ประกอบ โคเวเลนต์	ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ข้อคำถามสอดคล้องการ ทดลองในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase/Elaboration Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ข้อคำถามส่งเสริมให้นักเรียน คิดสอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)						
- เกณฑ์การให้คะแนนมีความ เหมาะสม ยุติธรรม โดยภาพรวม บทปฏิบัติการ เรื่อง รูปร่างโมเลกุลของ สารประกอบ โคเวเลนต์	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน	
โลหะกับสมบัติ ของพันธะโลหะ	ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)						
	- ความเหมาะสมของเนื้อหาใน สถานการณ์ที่กำหนด	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ภาษาที่ใช้ถูกต้อง เหมาะสมกับ วัยของผู้เรียน	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญคน ที่			ผลการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
โลหะกับสมบัติ ของพันธะโลหะ	ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ขั้นตอนการทดลองเหมาะสม ทดลองได้จริง	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- เวลาในการทดลองเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ข้อคำถามสอดคล้องการ ทดลองในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase/Elaboration Phase)						
	- ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	- ข้อคำถามส่งเสริมให้นักเรียน คิดสอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
	ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)						
	- เกณฑ์การให้คะแนนมีความ เหมาะสม ยุติธรรม	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
โดยภาพรวม บทปฏิบัติการ เรื่อง โลหะกับสมบัติของพันธะ โลหะ	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน	

สรุปข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์จากผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1. ในบทปฏิบัติการ เรื่อง นำไฟฟ้าหรือไม่นำไฟฟ้า ควรปรับปรุงคำพูดในสถานการณ์ให้ชัดเจนเพื่อให้ นักเรียนเข้าใจจุดประสงค์การทดลองที่สถานการณ์กำหนด
2. ควรมีรูปแสดงการทดลองประกอบเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง
3. คำถามมีมากเกินไปนักเรียนอาจทำไม่ทันเวลา
4. ควรตั้งคำถามที่ให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดและสอดคล้องกับเนื้อหาที่ทำการทดลอง
5. ควรปรับเวลาการทดลองให้เหมาะสมและให้ทันเวลาทดลอง

ตารางภาคผนวกที่ 2 สรุปผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	ค่าดัชนีความสอดคล้อง(IOC)
1. นำไฟฟ้าหรือไม่นำไฟฟ้า	0.97
2. พันธะเคมีกับสารประกอบในชีวิตประจำวัน	1.00
3. สมบัติของสารประกอบไอออนิก	0.97
4. การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	1.00
5. การระเหิดของไอโอดีน	1.00
6. รูปร่างโมเลกุลของสารประกอบโคเวเลนต์	1.00
7. โลหะกับสมบัติของพันธะโลหะ	1.00

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัด
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบข้อที่	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			ผลการประเมิน		
	1	2	3	รวม	IOC	แปลผล
1	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
2	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
3	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
4	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
5	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
6	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
7	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
8	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
9	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
10	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
11	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
12	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
13	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
14	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
15	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
16	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
17	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
18	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
19	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
20	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
21	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
22	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
23	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน

แบบทดสอบข้อที่	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			ผลการประเมิน		
	1	2	3	รวม	IOC	แปลผล
24	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน
25	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
26	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
27	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
28	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
29	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
30	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
31	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
32	+1	0	+1	2	0.67	ผ่าน
33	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
34	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
35	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
36	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
37	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
38	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
39	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน
40	+1	+1	+1	3	1.00	ผ่าน

สรุปค่า IOC เฉลี่ยของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ เท่ากับ 0.98

ภาคผนวก ง
การประเมินคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าความเชื่อมั่น	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าความเชื่อมั่น
จุดประสงค์ที่ 1		0.68	จุดประสงค์ที่ 6		0.83
ข้อที่ 1	0.47		ข้อที่ 34	0.63	
ข้อที่ 2	0.49		ข้อที่ 35	0.80	
ข้อที่ 3	0.49		ข้อที่ 36	0.47	
จุดประสงค์ที่ 2		0.67	ข้อที่ 37	0.92	
ข้อที่ 4	0.56		ข้อที่ 38	0.29	
ข้อที่ 5	0.25		จุดประสงค์ที่ 7		0.71
ข้อที่ 7	0.55		ข้อที่ 40	0.67	
ข้อที่ 8	0.44		ข้อที่ 42	0.90	
จุดประสงค์ที่ 3		0.73	ข้อที่ 43	0.38	
ข้อที่ 10	0.25		ข้อที่ 46	0.71	
ข้อที่ 12	0.96		ข้อที่ 47	0.24	
ข้อที่ 14	0.43		จุดประสงค์ที่ 8		0.67
ข้อที่ 16	0.27		ข้อที่ 48	0.67	
จุดประสงค์ที่ 4		0.93	ข้อที่ 49	0.33	
ข้อที่ 18	0.59		จุดประสงค์ที่ 9		0.68
ข้อที่ 19	1.00		ข้อที่ 50	0.48	
ข้อที่ 20	0.33		ข้อที่ 52	0.25	
ข้อที่ 21	0.88		ข้อที่ 53	0.30	
ข้อที่ 22	1.00		ข้อที่ 54	0.27	
จุดประสงค์ที่ 5		0.90	ข้อที่ 55	0.39	
ข้อที่ 24	0.88		ข้อที่ 56	0.27	
ข้อที่ 27	0.69		ข้อที่ 60	0.65	
ข้อที่ 28	0.69				
ข้อที่ 29	0.65				
ข้อที่ 30	0.96				

ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.90

ตารางภาคผนวกที่ 5 ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบการคิดเชิงวิจารณ์ญาณ

การคิด วิจารณ์ญาณ	ค่าอำนาจ จำแนก	ค่าความ เชื่อมั่น	การคิด วิจารณ์ญาณ	ค่าอำนาจ จำแนก	ค่าความ เชื่อมั่น
1. ด้านความ น่าเชื่อถือของ แหล่งข้อมูลและ การสังเกต		0.80	3. ด้านความ สามารถในการ อุปนัย		0.77
ข้อที่ 1	0.39		ข้อที่ 21	0.45	
ข้อที่ 2	0.45		ข้อที่ 22	0.36	
ข้อที่ 3	0.43		ข้อที่ 23	0.32	
ข้อที่ 4	0.39		ข้อที่ 24	0.40	
ข้อที่ 5	0.30		ข้อที่ 25	0.36	
ข้อที่ 6	0.45		ข้อที่ 26	0.45	
ข้อที่ 7	0.39		ข้อที่ 27	0.49	
ข้อที่ 8	0.43		ข้อที่ 28	0.68	
ข้อที่ 9	0.48		ข้อที่ 29	0.53	
ข้อที่ 10	0.43		ข้อที่ 30	0.45	
2. ด้าน ความสามารถใน การนิรนัย		0.79	4. ด้านความ สามารถในการ ระบุข้อตกลง เบื้องต้น		0.81
ข้อที่ 11	0.59		ข้อที่ 31	0.31	
ข้อที่ 12	0.43		ข้อที่ 32	0.32	
ข้อที่ 13	0.52		ข้อที่ 33	0.49	
ข้อที่ 14	0.39		ข้อที่ 34	0.77	
ข้อที่ 15	0.58		ข้อที่ 35	0.43	
ข้อที่ 16	0.30		ข้อที่ 36	0.43	
ข้อที่ 17	0.39		ข้อที่ 37	0.35	
ข้อที่ 18	0.35		ข้อที่ 38	0.58	
ข้อที่ 19	0.49		ข้อที่ 39	0.39	
ข้อที่ 20	0.31		ข้อที่ 40	0.55	

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ .83

ตารางภาคผนวกที่ 6 ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ

ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ ชั้นบูรณาการ	ค่าอำนาจ จำแนก	ค่าความ เชื่อมั่น	ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ ชั้นบูรณาการ	ค่าอำนาจ จำแนก	ค่าความ เชื่อมั่น
1. ด้านการกำหนด คำนิยาม		0.77	4. ด้านการทดลอง		0.73
ข้อที่ 3	0.42		ข้อที่ 6		
ข้อที่ 5	0.30		ข้อที่ 12	0.50	
ข้อที่ 15	0.44		ข้อที่ 20	0.44	
ข้อที่ 19	0.42		ข้อที่ 24	0.63	
2. ด้านการตั้ง สมมุติฐาน		0.72	ข้อที่ 26	0.63	
ข้อที่ 1	0.50		ข้อที่ 27	0.31	
ข้อที่ 4	0.31		ข้อที่ 28	0.56	
ข้อที่ 9	0.42		5. ด้านการแปล แปลความหมาย และลงข้อสรุป	0.31	
ข้อที่ 13	0.38		ข้อที่ 3		0.79
ข้อที่ 21	0.31		ข้อที่ 8	0.44	
ข้อที่ 23	0.42		ข้อที่ 10	0.31	
3. ด้านการ ควบคุมตัวแปร		0.76	ข้อที่ 11	0.56	
ข้อที่ 2	0.38		ข้อที่ 16	0.31	
ข้อที่ 7	0.32		ข้อที่ 17	0.50	
ข้อที่ 14	0.50		ข้อที่ 18	0.38	
ข้อที่ 29	0.31		ข้อที่ 22	0.38	
			ข้อที่ 25	0.31	
			ข้อที่ 30	0.42	
				0.56	

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ .82

ตารางภาคผนวกที่ 7 แสดงผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ระดับการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	- X	ผลการ ประเมิน
นำไฟฟ้าหรือไม่ นำไฟฟ้า	ขั้นแรกความสนใจ (Engagement Phase) - ความเหมาะสมของเนื้อหาใน สถานการณ์ที่กำหนด - ภาษาที่ใช้ถูกต้อง เหมาะสมกับ วัยของผู้เรียน	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
	ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) - ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	4	5	5	14	4.67	ดีมาก
	- ขั้นตอนการทดลองเหมาะสม ทดลองได้จริง - เวลาในการทดลองเหมาะสม						
	ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) - ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	5	5	5	15	5.00	ดีมาก
	- ข้อคำถามสอดคล้องการทดลอง ในบทปฏิบัติการ						
	ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase/Elaboration Phase) - ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	5	4	4	13	4.33	ดี
	- ข้อคำถามส่งเสริมให้นักเรียนคิด สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ						

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ระดับการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	- X	ผลการ ประเมิน
นำไฟฟ้าหรือไม่ นำไฟฟ้า	<p>ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)</p> <p>- เกณฑ์การให้คะแนนมีความเหมาะสม ชูติธรรม</p>	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
	<p>โดยภาพรวม บทปฏิบัติการ เรื่อง นำไฟฟ้าหรือไม่นำไฟฟ้า</p>	4	5	5	14	4.67	ดีมาก
พันธะเคมีกับ สารประกอบใน ชีวิตประจำวัน	<p>ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)</p> <p>- ความเหมาะสมของเนื้อหาในสถานการณ์ที่กำหนด</p> <p>- ภาษาที่ใช้ถูกต้อง เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน</p>	5	5	5	15	5.00	ดีมาก
	<p>ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)</p> <p>- ข้อคำถามมีความถูกต้องเหมาะสม</p> <p>- ขั้นตอนการทดลองเหมาะสมทดลองได้จริง</p> <p>- เวลาในการทดลองเหมาะสม</p>	5	4	4	14	4.33	ดี
	<p>ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)</p> <p>- ข้อคำถามมีความถูกต้องเหมาะสม</p> <p>- ข้อคำถามสอดคล้องการทดลองในบทปฏิบัติการ</p>	5	5	5	15	5.00	ดีมาก

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ระดับการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	- X	ผลการ ประเมิน
		<p>พันธะเคมีกับ สารประกอบใน ชีวิตประจำวัน</p> <p>ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase/Elaboration Phase) - ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม - ข้อคำถามส่งเสริมให้นักเรียนคิด สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ</p> <p>ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) - เกณฑ์การให้คะแนนมีความ เหมาะสม ยุติธรรม</p> <p>โดยภาพรวม บทปฏิบัติการ เรื่อง พันธะเคมีกับสารประกอบใน ชีวิตประจำวัน</p> <p>สมบัติของ สารประกอบ ไอออนิก</p> <p>ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) - ความเหมาะสมของเนื้อหาใน สถานการณ์ที่กำหนด - ภาษาที่ใช้ถูกต้องเหมาะสมกับวัย ของผู้เรียน</p> <p>ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) - ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม - ขั้นตอนการทดลองเหมาะสม ทดลองได้จริง - เวลาในการทดลองเหมาะสม</p>	5	5	5	15	5.00
5	4	5	14	4.67	ดีมาก		
5	5	5	15	5.00	ดีมาก		
5	5	5	15	5.00	ดีมาก		
5	5	5	15	5.00	ดีมาก		

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ระดับการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	- X	ผลการ ประเมิน
		สมบัติของ สารประกอบ ไอออนิก	<p>ขั้นอธิบาย (Explanation Phase)</p> <p>- ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม</p> <p>- ข้อคำถามสอดคล้องการทดลอง ในบทปฏิบัติการ</p> <p>ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase/Elaboration Phase)</p> <p>- ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม</p> <p>- ข้อคำถามส่งเสริมให้นักเรียนคิด สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ</p> <p>ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)</p> <p>- เกณฑ์การให้คะแนนมีความ เหมาะสม ยุติธรรม</p> <p>โดยภาพรวม บทปฏิบัติการ เรื่อง สมบัติของสารประกอบไอออนิก</p>	5	5	5	15
การละลายน้ำของ สารประกอบ ไอออนิก	<p>ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)</p> <p>- ความเหมาะสมของเนื้อหาใน สถานการณ์ที่กำหนด</p> <p>- ภาษาที่ใช้ถูกต้อง เหมาะสมกับวัย ของผู้เรียน</p>	5	5	5	15	5.00	ดีมาก

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญคน			ระดับการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	\bar{X}	ผลการ ประเมิน
การละลายน้ำของ สารประกอบ ไอออนิก	ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) - ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม - ขั้นตอนการทดลองเหมาะสม ทดลองได้จริง	5	5	5	15	5.00	ดีมาก
	ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) - ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม	5	5	5	15	5.00	ดีมาก
	- ข้อคำถามสอดคล้องการทดลอง ในบทปฏิบัติการ						
	ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase/Elaboration Phase) - ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม - ข้อคำถามส่งเสริมให้นักเรียนคิด สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	4	4	5	13	4.33	ดี
	ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) - เกณฑ์การให้คะแนนมีความ เหมาะสม ยุติธรรม	5	5	5	15	5.00	ดีมาก
โดยภาพรวม บทปฏิบัติการ เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอ ออนิก	5	5	5	15	5.00	ดีมาก	

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญคน ที่			ระดับการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	- X	ผลการ ประเมิน
การระเหิดของ ไอโอดีน	ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) - ความเหมาะสมของเนื้อหาใน สถานการณ์ที่กำหนด - ภาษาที่ใช้ถูกต้อง เหมาะสมกับ วัยของผู้เรียน	5	5	5	15	5.00	ดีมาก
	ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) - ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม - ขั้นตอนการทดลองเหมาะสม ทดลองได้จริง - เวลาในการทดลองเหมาะสม	5	4	5	14	4.67	ดีมาก
	ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) - ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม - ข้อคำถามสอดคล้องการทดลอง ในบทปฏิบัติการ	5	5	5	15	5.00	ดีมาก
	ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase/Elaboration Phase) - ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม - ข้อคำถามส่งเสริมให้นักเรียนคิด สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	5	5	5	15	5.00	ดีมาก

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			ระดับการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	X	ผลการ ประเมิน
การระเหิดของ ไอโอดีน	ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) - เกณฑ์การให้คะแนนมีความเหมาะสม ยุติธรรม	5	5	5	15	5.00	ดีมาก
	โดยภาพรวม บทปฏิบัติการ เรื่อง การระเหิดของไอโอดีน	5	5	5	15	5.00	ดีมาก
รูปร่างโมเลกุล ของสาร ประกอบ โคเวเลนต์	ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) - ความเหมาะสมของเนื้อหาในสถานการณ์ที่กำหนด - ภาษาที่ใช้ถูกต้อง เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	4	5	14	5.00	ดีมาก
	ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) - ข้อคำถามมีความถูกต้องเหมาะสม - ขั้นตอนการทดลองเหมาะสม ทดลองได้จริง - เวลาในการทดลองเหมาะสม	5	5	5	15	5.00	ดีมาก
	ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) - ข้อคำถามมีความถูกต้องเหมาะสม - ข้อคำถามสอดคล้องการทดลองในบทปฏิบัติการ	5	5	5	15	5.00	ดีมาก

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญคน ที่			ระดับการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	- X	ผลการ ประเมิน
		รูปร่างโมเดล ของสาร ประกอบ โคเวเลนต์	<p>ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase/Elaboration Phase)</p> <ul style="list-style-type: none"> - ข้อคำถามมีความถูกต้องเหมาะสม - ข้อคำถามส่งเสริมให้นักเรียนคิดสอดคล้องกับบทปฏิบัติการ 	5	5	5	15
โลหะกับสมบัติ ของพันธะโลหะ	<p>ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase)</p> <ul style="list-style-type: none"> - เกณฑ์การให้คะแนนมีความเหมาะสม ยุติธรรม <p>โดยภาพรวม บทปฏิบัติการ เรื่อง รูปร่างโมเดลของสารประกอบ โคเวเลนต์</p> <p>ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase)</p> <ul style="list-style-type: none"> - ความเหมาะสมของเนื้อหาในสถานการณ์ที่กำหนด - ภาษาที่ใช้ถูกต้อง เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน <p>ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase)</p> <ul style="list-style-type: none"> - ข้อคำถามมีความถูกต้องเหมาะสม - ขั้นตอนการทดลองเหมาะสมทดลองได้จริง - เวลาในการทดลองเหมาะสม 	5	5	5	15	5.00	ดีมาก
		5	5	5	15	5.00	ดีมาก

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เรื่อง	รายการประเมิน	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			ระดับการประเมิน		
		1	2	3	รวม คะแนน	\bar{X}	ผลการ ประเมิน
โลหะกับสมบัติ ของพันธะโลหะ	ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) - ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม - ข้อคำถามสอดคล้องการทดลอง ในบทปฏิบัติการ	5	5	5	15	5.00	ดีมาก
	ขั้นขยายความรู้ (Expansion Phase/Elaboration Phase) - ข้อคำถามมีความถูกต้อง เหมาะสม - ข้อคำถามส่งเสริมให้นักเรียนคิด สอดคล้องกับบทปฏิบัติการ	5	5	5	15	5.00	ดีมาก
	ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) - เกณฑ์การให้คะแนนมีความ เหมาะสม ยุติธรรม	5	5	5	15	5.00	ดีมาก
	โดยภาพรวม บทปฏิบัติการ เรื่อง โลหะกับสมบัติของพันธะ โลหะ	5	5	5	15	5.00	ดีมาก
รวม					617	4.89	ดีมาก

ภาคผนวก จ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัย

ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดการคิด

วิจารณ์ญาณ และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

- ตัวอย่าง -

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. พันธะเคมี หมายถึง อะไร (รู้-จำ)
 - ก. การอยู่ร่วมกันของอะตอม
 - ข. การอยู่ร่วมกันของโมเลกุล
 - ค. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม
 - ง. พลังงานที่ทำให้อะตอมสลายตัว

8. สารละลายที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างธาตุ หมู่ 1 กับน้ำ มีสมบัติอย่างไร (เข้าใจ)
 - ก. เป็นกลาง
 - ข. เป็นได้ทั้งกรดและเบส
 - ค. เป็นกรด
 - ง. เป็นเบส

10. วิธีที่ดีที่สุดในการแยกโซเดียมคลอไรด์ออกจากของผสมที่มีแมกนีเซียมคลอไรด์อยู่ด้วย
คือข้อใด (กระบวนการ)
 - ก. ละลายใน Na_2CO_3
 - ข. ระเหิดแล้วหาจุดหลอมเหลว
 - ค. เลือกว่าตัวทำละลายแล้วตกผลึก
 - ง. ละลายในตัวทำละลายแล้วกลั่นลำดับส่วน

22. ประเภทของพันธะหรือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคในสารต่อไปนี้ เหล็ก, น้ำตาลกลูโคส,
เกลือแกง ข้อใดต่อไปนี้ เป็นการเรียงลำดับอย่างถูกต้อง (นำความรู้ไปใช้)
 - ก. พันธะโลหะ , พันธะ โควเวเลนต์, แรงลอนดอน
 - ข. แรงลอนดอน, พันธะไอออนิก, พันธะ โควเวเลนต์
 - ค. พันธะไอออนิก, พันธะ โควเวเลนต์, พันธะ โลหะ
 - ง. พันธะ โลหะ, แรงลอนดอน, พันธะ ไอออนิก

- ตัวอย่าง -

แบบทดสอบการคิดวิจารณ์ญาณ

คำแนะนำในการทำแบบสอบวัดความสามารถทางการคิดวิจารณ์ญาณ

แบบสอบวัดความสามารถทางการคิดวิจารณ์ญาณชุดนี้ประกอบด้วย แบบทดสอบ 4 ตอน รวม 40 ข้อ ดังนี้

- ตอนที่ 1 ความสามารถในการพิสูจน์ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต (Credibility of sources and observation) จำนวน 10 ข้อ (ตั้งแต่ข้อ 1 - 10)
- ตอนที่ 2 ความสามารถในการนิรนัย (Deduction) จำนวน 10 ข้อ (ตั้งแต่ข้อ 11 - 20)
- ตอนที่ 3 ความสามารถในการอุปนัย (Induction) จำนวน 10 ข้อ (ตั้งแต่ 21 - 30)
- ตอนที่ 4 ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption identification) จำนวน 10 ข้อ ตั้งแต่ข้อ 31 - 40

1. แดงซื้อหอยหลอดหวานมาทาน ทานไปครึ่งถุง แดงลืมวางไว้บน โต๊ะจนรุ่งเช้า พบว่า หอยหลอดหวานที่วางทิ้งไว้ไม่มีมดคอมเลย แดงจึงบอกแม่ว่า “สงสัยคนขายหอยหลอดหวานคงใส่ยาฆ่าแมลงมดจึงไม่มาคอมเลย ซึ่งโดยปกติถ้าลืมขนมหวานไว้บน โต๊ะมดมักจะคอมเสมอ” แต่แม่ค้านว่า “หอยหลอดเป็นของความสดไม่ชอบจึงไม่คอม คนขายคงไม่ใจค้าเอายาฆ่าแมลงฉีดบนหอยหลอดหรอก เพราะมันเป็นอันตรายต่อคนกิน” นักเรียนคิดว่า คำพูดของใครมีเหตุผลน่าเชื่อถือกว่ากัน

- ก. แดง
ข. น่าเชื่อถือพอๆ กัน
ค. แม่ของแดง
ง. ไม่น่าเชื่อถือทั้งสองคน

3. ไก่ช่วยแม่ทอดปลา ระหว่างที่ใส่ปลาลงในกระทะที่มีน้ำมันร้อนๆ ไก่ไม่ทันระวังนิ้วจึงจุ่มลงไป ในกระทะที่มีน้ำมันร้อนๆ ไก่ตกใจรีบจุ่มมือลงในโอ่งน้ำเย็น เมื่อแม่เห็นจึงบอกว่า “ไก่ทำไมถูก เมื่อนิ้วมือถูกน้ำมันร้อนๆ ตามคำโบราณให้รีบเอาน้ำปลามาราดนิ้วทันทีจะช่วยบรรเทาความร้อน” แต่ไก่ค้านว่า “การเอานิ้วจุ่มน้ำเย็นจะช่วยบรรเทาความร้อนของบาดแผล” นักเรียนคิดว่า การปฐมพยาบาลเบื้องต้นของผู้ใดน่าเชื่อถือ

- ก. น่าเชื่อถือทั้งสองวิธี
ข. ไก่
ค. แม่ของไก่
ง. ไม่น่าเชื่อถือทั้งสองวิธี

5. แก้วชวนหญิงไปตลาดเพื่อหาซื้อปลาเค็มให้แม่ทำหลน หญิงให้คำแนะนำว่า “ควรเลือกซื้อปลาที่มีแมลงวันคอม เพราะแสดงว่าไม่มีการฉีดยาฆ่าแมลง” แต่แก้วค้านว่า “ควรเลือกซื้อปลาที่ดูสะอาดไม่มี

แมลงวันตอม เพราะถ้าแมลงวันตอมมากๆ อาจทำให้เกิดโรคได้” นักเรียนคิดว่าคำพูดของใครมีข้อมูล น่าเชื่อถือมากกว่ากัน

- ก. หนึ่ง
- ข. แก้ว
- ค. นำเชื่อถือพอๆ กัน
- ง. ไม่นำเชื่อถือทั้งสองคน

11. ออยอ้วนกว่าลิฟ แต่ผอมกว่าเจมส์ โคมผอมกว่าออย แต่อ้วนกว่าบอย ดังนั้น สรุปได้ว่าอย่างไร

- ก. บอยผอมที่สุด
- ข. ลิฟอ้วนกว่าบอย
- ค. โคมอยู่ระหว่างออยกับลิฟ
- ง. ออยอยู่ระหว่างเจมส์กับ โคม

13. หนูไปก็ต่อเมื่อเปิดมา เป็ด ไปก็ต่อเมื่องูมา งูไปก็ต่อเมื่อปลาไป ดังนั้น สรุปได้ว่า

- ก. หนูไปคนเดียว
- ข. เป็ดและปลาไป
- ค. หนู งูและเป็ดไป
- ง. สรุปแน่นอนไม่ได้

15. ชาวนาทุกคนเป็นคนอดทน คนอดทนทุกคนเป็นคนขยัน คนขยันส่วนมากประสบผลสำเร็จ รุ่งโรจน์เป็นคนขยัน ดังนั้น สรุปได้ว่า

- ก. สรุปแน่นอนไม่ได้
- ข. รุ่งโรจน์เป็นคนอดทน
- ค. รุ่งโรจน์ประสบความสำเร็จ
- ง. รุ่งโรจน์เป็นชาวนา

ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้

“ในขณะที่ทางเรือนจำสมุทรสาครนำนักโทษไปตัดหญ้าที่บริเวณสนามหน้าเรือนจำ โดยนักโทษ แต่ละคนมีโซ่ตรวนล่ามที่ขา นักโทษชาวพม่า 2 คน คือ หม่องระและหม่องวงได้ไว้โซ่อาวุธปืนจี๋ นายคม สมถวิล ผู้คุมเรือนจำเป็นตัวประกัน จนสามารถหลบหนีออกจากเรือนจำได้สำเร็จ โดยนำผู้คุมเรือน จำเป็นตัวประกันด้วย หลังเกิดเหตุตำรวจได้มาสอบสวนหาข้อเท็จจริง ผู้บังคับการเรือนจำกล่าวว่า “กลุ่มนักโทษน่าจะนำอาวุธปืนมาจากรถส่งอาหารที่นำอาหารแห้งเข้ามาส่งในเรือนจำ” ตำรวจ ต้องการพิสูจน์ว่า ความคิดของผู้บังคับการเรือนจำถูกหรือผิด จึงพยายามสอบถามข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้อง ”

ให้นักเรียนพิจารณาข้อเท็จจริงในแต่ละข้อ ตั้งแต่ข้อ 21 – 23 แล้วตัดสินใจว่าข้อเท็จจริงนั้น “สนับสนุน” หรือ “คัดค้าน” หรือ “ไม่เกี่ยวข้องกัน” ความคิดของผู้บังคับการเรือนจำที่ว่า “กลุ่มนักโทษน่าจะนำอาวุธปืนมาจากรถส่งอาหารแห่งเข้ามาส่งในเรือนจำ” โดยเลือกคำตอบที่กำหนดให้ดังนี้

- ก. ข้อเท็จจริงนี้ สนับสนุน ความคิดของผู้บังคับการเรือนจำ
 ข. ข้อเท็จจริงนี้ คัดค้าน ความคิดของผู้บังคับการเรือนจำ
 ค. ข้อเท็จจริงนี้ ไม่เกี่ยวข้องกัน ความคิดของผู้บังคับการเรือนจำ
21. นักโทษหลายคนกล่าวว่า ผู้คุมเรือนจำเป็นคนดู และใจร้อน มักทำโทษนักโทษที่ทำผิดขั้นรุนแรง
23. นักโทษสมชายให้การว่า เห็นคนส่งอาหารอื่นอยู่ข้างรถส่งอาหาร ผิวปากแล้ว โบกมือคล้ายทำสัญญาณอะไรบางอย่าง และเป็นหม่องวิ่งหยุดยืนมองเป็นเวลานาน

ให้นักเรียนพิจารณาภาพต่อไปนี้



จากภาพให้นักเรียนพิจารณาข้อเท็จจริงในแต่ละข้อ ตั้งแต่ข้อ 24 – 27 แล้วตัดสินใจว่าข้อเท็จจริงนั้น “สนับสนุน” หรือ “คัดค้าน” หรือ “ไม่เกี่ยวข้องกัน” ความคิดของหมอดู โดยเลือกคำตอบที่กำหนดให้

- ก. ข้อเท็จจริงนี้ สนับสนุน ความคิดของหมอดู
 ข. ข้อเท็จจริงนี้ คัดค้าน ความคิดของหมอดู
 ค. ข้อเท็จจริงนี้ ไม่เกี่ยวข้องกัน ความคิดของหมอดู
25. น้ำมันพลายไม่ได้มาจากน้ำมันโลก

31. ดำเป็นคนทีพูดภาษาอังกฤษได้ดี เพราะเขาชอบเรียนภาษาอังกฤษ ข้อใดเป็นสาเหตุที่น่าเชื่อถือและเป็นไปได้ ที่ทำให้ข้อความข้างต้นเป็นที่ยอมรับได้
- วิชาภาษาอังกฤษมีประโยชน์ในการสื่อสารกับคนต่างชาติ
 - ใครชอบเรียนวิชาใดแล้วมักจะตั้งใจทำสิ่งที่ตนชอบ
 - ครูภาษาอังกฤษส่วนใหญ่ใจดี เด็กจึงชอบ
 - ครูภาษาอังกฤษมักชอบเด็กที่พูดภาษาอังกฤษเก่ง
33. “เมาไม่ขับ” ข้อใดเป็นสาเหตุที่น่าเชื่อถือและเป็นไปได้ที่ทำให้เกิดข้อความนี้
- คนเมาขับรถอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุ
 - ตำรวจจะจับคนเมาที่ขับรถ
 - คนเมาขับรถมักจะทำผิดกฎจราจร
 - คนเมาขาดสติสัมปชัญญะ
35. “ถ้านักเรียนตั้งใจเรียนและทบทวนตำราทุกวัน นักเรียนก็ไม่จำเป็นต้องไปเรียนกวดวิชา” ข้อใดเป็นสาเหตุที่น่าเชื่อถือและเป็นไปได้ที่ทำให้ข้อความข้างต้นเป็นที่ยอมรับได้
- การตั้งใจเรียนและทบทวนหนังสือทำให้เข้าใจและจำบทเรียนได้ง่ายขึ้น
 - ข้อสอบส่วนใหญ่มาจากเนื้อหาที่ครูสอน
 - การทบทวนบทเรียนจะทำให้สามารถเดาเนื้อหาที่ครูจะนำไปเป็นข้อสอบได้
 - ครูที่สอนกวดวิชาไม่สามารถสอนเนื้อหาทั้งหมดได้ในเวลาที่จำกัด

- ตัวอย่าง -

แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ

คำชี้แจง ข้อมูลข้างล่างนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 1 – 2

การทดลองเลี้ยงนกในสถานที่แห่งหนึ่ง ได้ผลการทดลอง ดังตาราง

กลุ่มที่	พันธุ์นก	ยาปฏิชีวนะ	อาหาร	ความอบอุ่น	ระยะเวลาเลี้ยง (วัน)	จำนวนนกที่ตาย (ตัว)
1	A	ใช่	ให้	ให้	45	
2	A	ไม่ใช่	ให้	ให้	45	
3	B	ใช่	ให้	ให้	45	
4	B	ไม่ใช่	ให้	ให้	45	

1. สมมติฐานการทดลองนี้ คือข้อใด

- ก. อาหารและพันธุ์ของนกมีผลต่ออัตราการตายของนก
- ข. ยาปฏิชีวนะและอาหารมีผลต่ออัตราการตายของนก
- ค. พันธุ์ของนกและยาปฏิชีวนะมีผลต่ออัตราการตายของนก
- ง. ความอบอุ่นและยาปฏิชีวนะมีผลต่ออัตราการตายของนก

2. ถ้าต้องการทราบว่ายาปฏิชีวนะมีผลต่ออัตราการตายของนกหรือไม่ ควรเลือกนกกลุ่มใดมาทำการทดลอง

- ก. กลุ่ม 1 และ 4
- ข. กลุ่ม 2 และ 4
- ค. กลุ่ม 2 และ 3
- ง. กลุ่ม 3 และ 4

3. บันทึกผลการเดินของหัวใจก่อนและหลังการวิ่ง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ให้ผลดังตาราง

ชายคนที่	จำนวนครั้ง/นาที		หญิงคนที่	จำนวนครั้ง/นาที	
	ก่อนวิ่ง	หลังวิ่ง		ก่อนวิ่ง	หลังวิ่ง
1	72	110	1	67	109
2	76	115	2	68	102
3	76	115	3	68	106
4	73	118	4	69	105

จากตารางสามารถสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

- ก. อัตราการเดินของหัวใจชายดีกว่าหญิง
- ข. อัตราการเดินของหัวใจหญิงดีกว่าชาย
- ค. อัตราการเดินของหัวใจชายเร็วกว่าหญิง
- ง. อัตราการเดินของหัวใจขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการวิ่ง

การทดลองนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 4 นายบุญมาทดลองเลี้ยงไก่โดยดำเนิน การเป็นขั้นตอนดังนี้

- (1) แบ่งลูกไก่ที่ฟักใหม่จากไก่พันธุ์ A และ B ออกเป็นพันธุ์ละ 2 กลุ่ม มีจำนวนกลุ่มละ 20 ตัว ชั่งน้ำหนักลูกไก่แต่ละตัวไว้
- (2) ไก่แต่ละพันธุ์ กลุ่มหนึ่งเลี้ยงแบบขังกรงๆ ละ 1 ตัว และอีกกลุ่มหนึ่งเลี้ยงแบบปล่อยให้วิ่งอิสระ แต่ให้อยู่ในบริเวณจำกัด
- (3) ให้อาหารไก่ทุกตัวในปริมาณเท่ากันจนครบ 30 วัน แล้วชั่งน้ำหนักของลูกไก่แต่ละตัว
- (4) คำนวณค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่เพิ่มของลูกไก่แต่ละกลุ่ม แล้วเปรียบเทียบกัน

4. หลดทดลองใดไม่จำเป็นต้องมีก็สามารถทำให้ทราบผลได้

- ก. หลดที่ 1
- ข. หลดที่ 2
- ค. หลดที่ 3
- ง. หลดที่ 4

ภาคผนวก ฉ
การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของ One-way MANCOVA และ
One-way ANCOVA

ตารางภาคผนวกที่ 8 การทดสอบ Homogeneity of Regression Slope ที่ใช้คะแนน Pretest
เป็น Covariate

SOV	SS	df	MS	F	p
1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน					
โดยรวม					
Pretest – เพศ	11.084	1	11.084	2.239	.147
2. การคิดวิจารณ์ญาณ					
1 ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสังเกต					
Pretest – เพศ	.013	1	.013	.012	.914
2 การนิรนัย					
Pretest – เพศ	8.958	1	8.958	4.246	.054
3 การอุปนัย					
Pretest – เพศ	.792	1	.792	.410	.528
4 การระบุข้อตกลงเบื้องต้น					
Pretest – เพศ	.766	1	.766	.451	.508
โดยรวม					
Pretest – เพศ	30.147	1	30.147	3.356	.079
3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ					
1 ทักษะการกำหนดค่านิยาม					
Pretest – เพศ	.048	1	.048	.124	.728
2 ทักษะการตั้งสมมติฐาน					
Pretest – เพศ	.888	1	.888	.393	.536
3 ทักษะการควบคุมตัวแปร					
Pretest – เพศ	1.563	1	1.563	3.271	.083
4 ทักษะการทดลอง					
Pretest – เพศ	.699	1	.699	.293	.593
5 ทักษะการแปลความหมายและลงข้อสรุป					
Pretest – เพศ	.017	1	.017	.006	.941
โดยรวม					
Pretest – เพศ	1.688	1	1.688	.079	.781

ตารางภาคผนวกที่ 9 การทดสอบ Homogeneity of Variance – Covariance Matrices
ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์ และทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ

Box's M	df1	df2	F	p
11.817	6	4653.256	1.726	.111

ตารางภาคผนวกที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิจารณ์
และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ

ผลการเรียนโดยรวม	สหสัมพันธ์	ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	การคิด วิจารณ์	ทักษะ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ชั้น บูรณาการ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	r_{xy}	-	.138	.281
	p	-	.474	.139
การคิดวิจารณ์	r_{xy}	-	-	.138
	p	-	-	.474

ตารางภาคผนวกที่ 11 การทดสอบความเป็นเอกพันธุ์ของความแปรปรวน Homogeneity
of Variance (Levene's Test of Equality of Error Variances) ของคะแนน
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยรวมหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	df1	df2	F	P	Homogeneity
โดยรวม	1	27	.087	.770	เป็น

ตารางภาคผนวกที่ 12 การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน Homogeneity of Variance (Levene's Test of Equality of Error Variances) ของคะแนนการคิดวิจารณ์ญาณโดยรวม และรายด้าน หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การคิดวิจารณ์ญาณ	df1	df2	F	P	Homogeneity
1.ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและสังเกต	1	27	.501	.485	เป็น
2.การนิรนัย	1	27	1.390	.249	เป็น
3.การอุปนัย	1	27	.110	.743	เป็น
4.การระบุข้อตกลงเบื้องต้น	1	27	1.772	.194	เป็น
โดยรวม	1	27	.471	.499	เป็น

ตารางภาคผนวกที่ 13 การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน Homogeneity of Variance (Levene's Test of Equality of Error Variances) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวม และรายด้าน หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ	df1	df2	F	P	Homogeneity
1.ทักษะการกำหนดค่านิยาม	1	27	3.433	.075	เป็น
2.ทักษะการตั้งสมมติฐาน	1	27	.297	.590	เป็น
3.ทักษะการควบคุมตัวแปร	1	27	.016	.900	เป็น
4.ทักษะการทดลอง	1	27	.077	.783	เป็น
5.ทักษะการแปลความหมายและลงข้อสรุป	1	27	4.140	.052	เป็น
โดยรวม	1	27	.001	.972	เป็น

ภาคผนวก ข

การแบ่งกลุ่มนักเรียน (กลุ่มสูง, กลุ่มกลาง, กลุ่มต่ำ)

โดยใช้คะแนน T - scores

ตารางภาคผนวกที่ 14 แสดงผลการทดสอบปลายภาคเรียน วิชา เคมีพื้นฐาน 1/2557

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ใช้คะแนน T-scores ในการแบ่งกลุ่มการทดลอง

3:1:1 (เก่ง : ปานกลาง : อ่อน) จากนักเรียนทั้งหมด 29 คน

เลขที่	คะแนน	ลำดับคะแนน	เลขที่	คะแนน	ลำดับคะแนน
1	34.12965	L	16	59.81747	H
2	46.97354	M	17	46.97354	M
3	38.41093	L	18	66.23943	H
4	51.25485	H	19	31.98897	L
5	64.09877	H	20	61.95812	H
6	42.69224	M	21	53.39551	H
7	38.41093	L	22	55.53616	H
8	53.39551	H	23	51.25485	H
9	57.67681	H	24	53.39551	H
10	55.53616	H	25	46.97354	M
11	49.1142	M	26	53.39551	H
12	36.27027	L	27	40.55158	M
13	51.25485	H	28	61.95812	H
14	61.95812	H	29	29.84831	L
15	55.53616	H			
ระดับของกลุ่ม		เลขที่			จำนวน (คน)
สูง (H)	4, 5, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28			17 คน (มากกว่า 50 คะแนน)	
กลาง (M)	2, 6, 11, 17, 25, 27			6 คน (ระหว่าง 40 – 50 คะแนน)	
ต่ำ (L)	1, 3, 7, 12, 19, 29,			6 คน (ต่ำกว่า 40 คะแนน)	

ภาคผนวก ซ
ประมวลภาพประกอบการวิจัย

ทดลองสอนนักเรียนทั้งนักเรียนกลุ่ม try out และนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดย
สอนแบบคู่ขนาน

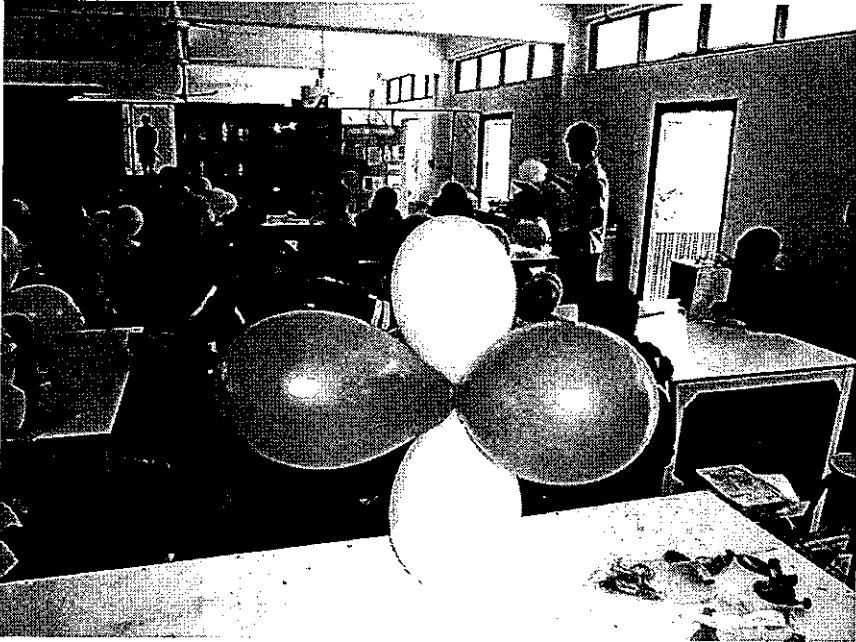


ภาพภาคผนวกที่ 1 การทดสอบก่อนเรียนนักเรียนกลุ่ม try out

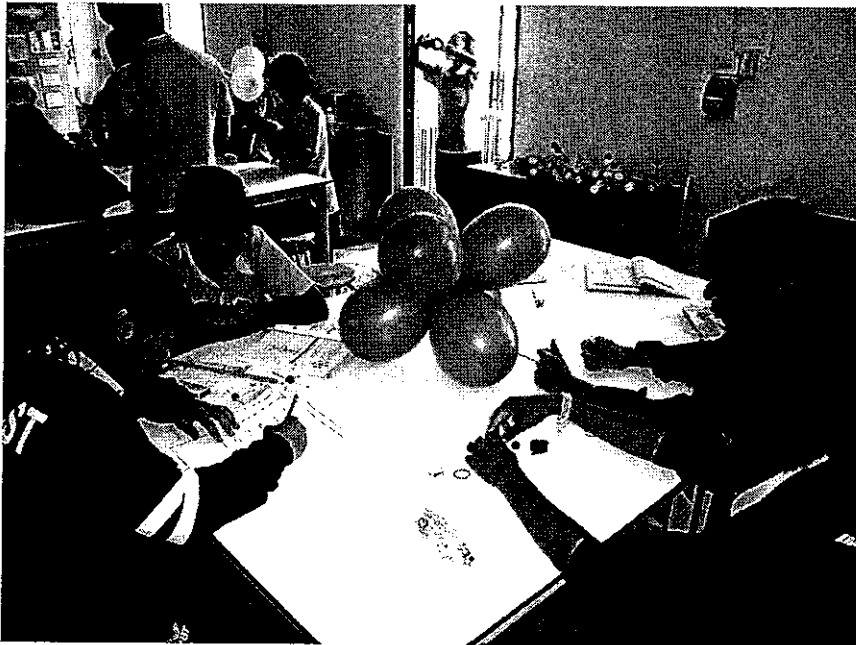


ภาพภาคผนวกที่ 2 การทดสอบก่อนเรียนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ทดลองสอนนักเรียนทั้งนักเรียนกลุ่ม try out และนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดย
สอนแบบคู่ขนาน

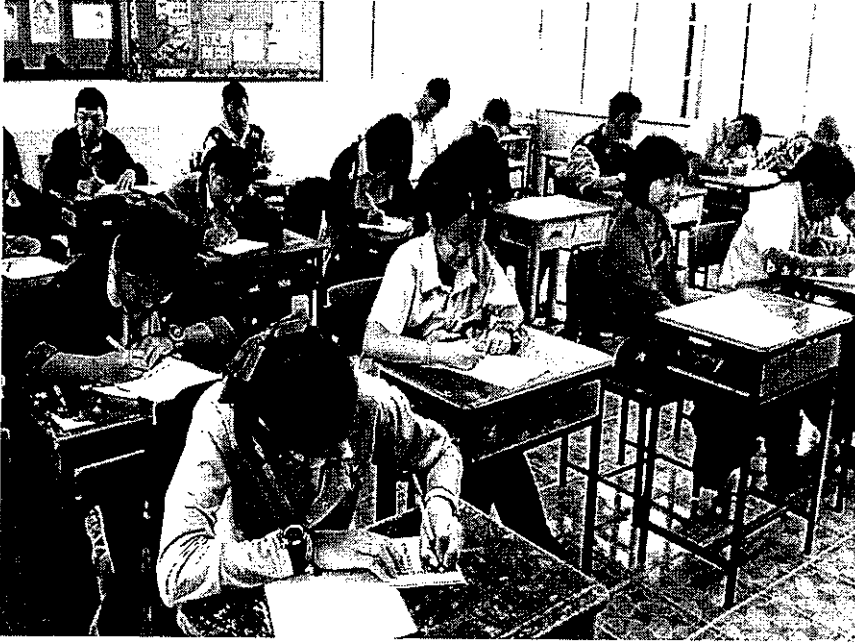


ภาพภาคผนวกที่ 3 การใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับนักเรียนกลุ่ม try out



ภาพภาคผนวกที่ 4 การใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ทดลองสอนนักเรียนทั้งนักเรียนกลุ่ม try out และนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดย
สอนแบบคู่ขนาน



ภาพภาคผนวกที่ 5 การทดสอบหลังเรียนนักเรียนกลุ่ม try out



ภาพภาคผนวกที่ 6 การทดสอบหลังเรียนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	ทองหล่อ วันวิเศษ
วันเกิด	23 กรกฎาคม พ.ศ. 2527
สถานที่เกิด	25 หมู่ 5 ต.โพนงาม อ.กมลาไสย จ.กาฬสินธุ์ 46130
ที่อยู่ปัจจุบัน	42 หมู่ 7 ต.หนองแวง อ.กุฉินทน์ จ.มหาสารคาม 44130
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาสรรพ์ ต.นาโพธิ์ อ.กุฉินทน์ จ.มหาสารคาม
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2550	ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
พ.ศ. 2551	ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
พ.ศ. 2558	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาเคมีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ทุนการศึกษา	โครงการส่งเสริมผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และ คณิตศาสตร์ (สกว. รุ่นที่ 12)