

การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล
สำหรับนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ปริญญานิพนธ์
ของ
สาลินี อาจารย์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
กรกฎาคม 2552

การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล
สำหรับนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ปริญญานิพนธ์
ของ
สาลีณี อาจารย์ย์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขปฏิบัติ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
กรกฎาคม 2552
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล
สำหรับนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

บทคัดย่อ
ของ
สาลีณี อาจารย์ย์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
กรกฎาคม 2552

นางสาลีณี อาจารย์. (2552), การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล
สำหรับนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ.

ปริญญาณิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดา แท้มบรรจง,
รองศาสตราจารย์ชูศรี วงศ์รัตน์, อาจารย์ ดร.วันทยา วงศ์ศิลปกรมย์.

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล
สำหรับนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ หัวข้อที่พัฒนาในหลักสูตรนี้ คือ เคมีไฟฟ้า และ
สมบัติธาตุตามตารางธาตุ หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้และ
บทปฏิบัติการไมโครสเกลรวม 7 บทปฏิบัติการ ในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับ เลขออกซิเดชัน ปฏิกิริยา
รีดอกซ์ เซลล์กัลวานิก เซลล์ความเข้มข้น การแยกสลายด้วยไฟฟ้า สมบัติของธาตุและสารประกอบ
ของธาตุหมู่หลัก และธาตุแทรนซิชัน ประสิทธิภาพของหลักสูตรประเมินจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน และพฤติกรรมผู้เรียนของกลุ่มทดลองที่จัดการเรียนรู้
แบบ 5 E ด้วยหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่สอนโดยการบรรยายในหลักสูตร
ปกติ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเป็นนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัย
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชา
ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 33 คน และ 32 คน ตามลำดับ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็น
แบบทดสอบที่ประเมินผู้เรียน 4 ด้าน ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการเสาะแสวงหา
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ส่วนแบบวัดทักษะการ
คิดวิเคราะห์เป็นแบบทดสอบที่วัดทักษะ 5 ด้าน ได้แก่ การจำแนก การจัดหมวดหมู่ การสรุป การ
ประยุกต์ การคาดการณ์ พฤติกรรมของผู้เรียนสังเกตจากความสนใจ ความกระตือรือร้น การมีส่วนร่วม
และความพึงพอใจของผู้เรียน โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมและการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการ
บันทึกเทปวีดิทัศน์ ผลจากงานวิจัยนี้ พบว่าผู้เรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์สูงกว่าผู้เรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรปกติที่สอนโดยวิธีบรรยาย
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีพฤติกรรมในชั้นเรียนอยู่ในระดับดี-ดีมาก ดังนั้นอาจสรุป
ได้ว่า หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพดี เหมาะสมสำหรับการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีสำหรับ
นักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

THE DEVELOPMENT OF CHEMISTRY CURRICULUM
VIA
MICROSCALE EXPERIMENTS FOR VOCATIONAL LEARNERS

AN ABSTRACT
BY
SALINEE ACHARRY

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
July 2009

Salinee Acharry. (2009), *The Development of Chemistry Curriculum via Microscale Experiments for Vocational Learners*. Dissertation, Ed.D. (Science Education).
Bangkok : Graduate school, Srinakharinwirot University.
Advisor Committee : Asst.Prof. Dr. Chinda Tambunchong, Assoc.Prof.Chusri Wongrattana , Dr. Wantaya Wongsilapapirom.

The objectives of this research were to develop a chemistry curriculum using micro scale experiments for vocational learners. The chosen topics for the curriculum were electrochemistry and properties of elements in the periodic table. It is composed of 7 teaching plans of 7 microscale experiments concerned with oxidation number, redox reaction, galvanic cell, concentration cell, electrolysis, properties of representative elements and transition metals. The effectiveness of the curriculum was determined by comparing the experiment group with control group in the achievement test, pre/post analytical skill tests and classroom behaviors observation results. The 3rd year students, Electricity and Electronic major, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok were randomly selected as target samples. Thirty three students were in the experiment group whereas thirty two students were in the control group. The experiment group learned the indicated topics by using the developed curriculum with 5 E learning process whereas the control group learned in regular class. The achievement test assessed learners in 4 aspects; knowledge, comprehension, scientific inquiry process, and application, whereas the analytical skill test used for 5 aspects; grouping, classification, inference, application and anticipation. The students' behaviors in learning attention, enthusiasm, participation and curriculum satisfaction were recorded in an observation form and by video tape. The research results show that the experiment group earned higher achievement test and the analytical skill test scores than the control group with significantly different at .01 level and also had higher progress in analytical skills than the control group with good to very good classroom behaviors. Therefore, in conclusion, the curriculum was effective and appropriate for teaching chemistry at vocational level.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลสำหรับ
นักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ
ของ
สาลีณี อารีย์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษาดุสิตบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2552

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินดา แท้มบรรจง)

.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรพรรณ ชัยลภากุล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ชูศรี วงศ์รัตน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินดา แท้มบรรจง)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. วันทยา วงศ์ศิลปกริมย์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ชูศรี วงศ์รัตน์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. วันทยา วงศ์ศิลปกริมย์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ณสรณ์ ผลโภาค)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาอาจารย์สาขาขาดแคลน
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดา แท้มบรรจง รองศาสตราจารย์ ชูศรี วงศ์รัตนะ และ อาจารย์ ดร.วันทยา วงศ์ศิลปภิรมย์ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่อง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ณสรณ์ ผลโภาค และ รองศาสตราจารย์ ดร.อรรณพ ชัยลภากุล ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบปากเปล่าและให้คำแนะนำเพิ่มเติมที่ทำให้ปริญญานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ประยงค์ พงษ์ทองเจริญ ที่ให้กำลังใจ ให้คำแนะนำ ตลอดเวลาที่ศึกษาในสถาบันแห่งนี้ และสนับสนุนผู้วิจัยในการดำเนินการวิจัยอย่างดียิ่ง

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. กานดา พูลลาภทวี อาจารย์นิรันดร์ พงษ์พันธ์ อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ อาจารย์เสกสรรค์ กะชามาศ ผู้ทรงคุณวุฒิที่สละเวลา และกรุณาให้ข้อมูล อันเป็นประโยชน์สำหรับการวิจัย ตลอดจนให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ กราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ศจีมาจ ณ วิเชียร ที่ให้ความอนุเคราะห์และให้คำปรึกษาในการวิเคราะห์ข้อมูล กราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการเคมี รวมทั้งคณาจารย์ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และนักศึกษาวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ความร่วมมือในการสร้างเครื่องมือวิจัย การทดลองใช้เครื่องมือวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูล

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยุทธการ อาจารย์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้กำลังใจ และคอยสนับสนุนอยู่เบื้องหลังตลอดเวลาของการศึกษาและการทำวิจัย และกราบขอบพระคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ คุณประโยชน์อันเกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่บิดามารดา ครู-อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านตามที่กล่าวมา

สาลินี อาจารย์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ที่มา และความสำคัญของปัญหา	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	5
ความสำคัญของการวิจัย	6
ขอบเขตการวิจัย	6
นิยามศัพท์เฉพาะ	7
สมมติฐานการวิจัย	10
สรุปกรอบแนวคิดในการวิจัย	11
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
ทฤษฎีพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์	12
ทฤษฎีพัฒนาการทางปัญญาของเปียเจต์	13
ทฤษฎีพัฒนาการทางปัญญาของบรูเนอร์	15
ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง	16
แนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้	18
ระบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์	23
การสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง	24
ความหมายของการสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง	24
การจัดกิจกรรมการสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง	25
ประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง	28
การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล	28
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ	35
โครงสร้างหลักสูตร	35
การเปรียบเทียบหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพกับหลักสูตร	
การศึกษาขั้นพื้นฐาน	38
การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์	40
แนวคิดเรื่องทักษะการคิด	45
ความสำคัญของการคิด	45

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
ความหมายของทักษะการคิด.....	46
ทฤษฎีการคิด.....	46
แนวทางการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์.....	49
การสอนวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างทักษะการคิดวิเคราะห์.....	52
เทคนิคการสอนทักษะการคิดวิเคราะห์ในชั้นเรียน.....	53
การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมี.....	55
ความหมายของหลักสูตร.....	55
กระบวนการพัฒนาหลักสูตร.....	56
การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล.....	59
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	61
งานวิจัยเกี่ยวกับการสอนแบบปฏิบัติการ.....	61
งานวิจัยเกี่ยวกับการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล.....	63
งานวิจัยเกี่ยวกับทักษะการคิดวิเคราะห์.....	65
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	69
ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน.....	70
ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนานาบทปฏิบัติการไมโครสเกล.....	70
ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล.....	72
ขั้นตอนที่ 4 การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้และการหาคุณภาพของเครื่องมือ.....	75
ขั้นตอนที่ 5 การนำหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล.....	
ทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง และการวัดประเมินผล.....	78
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	91
ตอนที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน.....	91
ตอนที่ 2 การพัฒนานาบทปฏิบัติการไมโครสเกล.....	93
ตอนที่ 3 การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล.....	109
ผลการพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล.....	109

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 (ต่อ)	
ผลการศึกษานำร่อง.....	109
ผลการนำหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลทดลอง ใช้กับกลุ่มทดลอง และการวัดประเมินผล.....	110
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	117
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	117
สมมติฐานของการวิจัย.....	118
วิธีดำเนินการวิจัย.....	118
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	122
สรุปผลการวิจัย.....	122
อภิปรายผลการวิจัย.....	124
ข้อเสนอแนะ.....	127
บรรณานุกรม.....	129
ภาคผนวก	138
ภาคผนวก ก.....	139
ภาคผนวก ข.....	141
ภาคผนวก ค.....	273
ภาคผนวก ง.....	312
ภาคผนวก จ.....	319
ภาคผนวก ฉ.....	331
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	337

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 หัวข้อเรื่อง รายละเอียดและการจัดกิจกรรมของรายวิชาเคมี 5 รหัสวิชา 392155.....	4
2 การเปรียบเทียบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนระหว่างการทดลองแบบ กำหนดแนวทางกับการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง.....	27
3 ค่าใช้จ่ายในการกำจัดการพิษ และวิธีการกำจัดการพิษบางชนิดที่ใช้ ในการทดลองเคมีอินทรีย์.....	33
4 วงเงินการประกันการสูญเสียชีวิตจากสารพิษ.....	33
5 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์หลักสูตร.....	43
6 ขั้นตอนการสังเกตพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียน.....	44
7 การเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ของบลูมกับมาร์ซาโน.....	48
8 การกำหนดหัวข้อการเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน.....	73
9 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ และบทบาทของผู้เรียน ผู้สอนในกลุ่มทดลอง.....	80
10 การเปรียบเทียบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม.....	81
11 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย.....	90
12 ผลการทดลองปฏิกิริยาของ Fe^{2+} และ Fe^{3+} กับสารละลายชนิดต่างๆ.....	94
13 ผลการทดลองปฏิกิริยาของ Cr^{3+} และ Cr^{6+} กับสารละลายชนิดต่างๆ.....	94
14 ผลการทดลองปฏิกิริยาของโลหะกับสารละลาย.....	96
15 ผลการทดลองการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ และปฏิกิริยาที่ไม่ใช่ปฏิกิริยารีดอกซ์.....	97
16 ผลการทดลองการต่อเซลล์กัลวานิกคู่ต่างๆ.....	98
17 ผลการทดลองเซลล์ความเข้มข้น.....	100
18 ผลการทดลองการแยกสลายสารละลายชนิดต่างๆ ด้วยไฟฟ้า.....	101
19 ผลการทดลองการแยกสลายสารละลาย NaCl ที่มีความเข้มข้นต่างกัน.....	103
20 ผลการทดลองของสารประกอบของธาตุหมู่ IA.....	104
21 ผลการทดลองของสารประกอบของธาตุหมู่ IIA.....	104
22 ผลการทดลองของสารประกอบของธาตุหมู่ VIIA.....	105
23 ผลการทดลองปฏิกิริยาของสารประกอบของธาตุหมู่ VIIA กับ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน.....	106
24 ผลการทดลองปฏิกิริยาของสารประกอบทองแดง.....	107

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
25 ผลการทดลองปฏิกิริยาของสารประกอบนิเกิลและสารประกอบโคบอลต์.....	108
26 คะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มศึกษานำร่อง.....	110
27 ค่าเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลอง เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม.....	111
28 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและ กลุ่มควบคุม.....	111
29 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนใน กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	112
30 การเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดย การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมที่มีคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นตัวแปรร่วม	113
31 ร้อยละของคะแนนพัฒนาการทักษะการคิดวิเคราะห์โดยเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม.....	113
32 ผลของระดับพฤติกรรมโดยเฉลี่ยในแต่ละกิจกรรม ตามแบบสังเกตพฤติกรรม ในชั้นเรียน.....	115

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 สรุปกรอบแนวคิดในการวิจัย.....	11
2 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้.....	22
3 ระบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์.....	23
4 ตัวอย่างอุปกรณ์สำหรับการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล.....	29
5 (a) Plastic well plates (b) Disposable plastic pasteur pipet.....	30
6 เขตการเรียนรู้ 3 เขต.....	51
7 AIM Model.....	56
8 แนวทางการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์.....	58
9 แนวทางการพัฒนาหลักสูตรของโอลิวา.....	58
10 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	69
11 การทดลองเลขออกซิเดชัน.....	93
12 การทดลองปฏิกิริยารีดอกซ์.....	95
13 การทดลองเซลล์กัลวานิก.....	98
14 การทดลองเซลล์ความเข้มข้น.....	99
15 การทดลองการแยกสลายด้วยไฟฟ้า.....	101
16 การทดลองสมบัติของธาตุและสารประกอบของธาตุหมู่หลัก.....	104
17 การทดลองธาตุแทรนซิชัน.....	107
18 กราฟแสดงร้อยละแผนพัฒนาการทักษะการคิดวิเคราะห์เป็นรายบุคคล.....	114

บทที่ 1

บทนำ

ที่มา และความสำคัญของปัญหา

การประกาศใช้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545 เป็นแรงผลักดันที่ทำให้ต้องมีการปฏิรูปการศึกษาไทยอย่างเป็นรูปธรรม (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ: 2545) ดังนั้นในการจัดกระบวนการเรียนรู้และ กิจกรรมควรจัดให้สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน ฝึกทักษะกระบวนการคิด จัดกิจกรรมให้ ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งเกิดขึ้นจาก พื้นฐานที่เชื่อว่าการจัดการศึกษามีเป้าหมายสำคัญที่สุด คือ การจัดให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เพื่อให้ ผู้เรียนแต่ละคนได้พัฒนาตนเองสูงสุด แนวคิดจากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 ถือเป็นความพยายามในการปฏิรูปการศึกษาครั้งสำคัญ โดยเฉพาะด้านกระบวนการเรียนรู้ปรากฏตามมาตรา 22 กำหนดว่าการจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้พัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ และในมาตรา 24 ด้านการจัดกระบวนการเรียนรู้ ควรจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จาก ประสบการณ์จริง ฝึกปฏิบัติให้คิดได้ คิดเป็น ทำเป็น และเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง และเพื่อให้ สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้จะต้อง ประเมินตามสภาพจริง โดยการใช้วิธีการประเมินหลายวิธี ได้แก่ การสังเกตพฤติกรรมการเรียนและ การร่วมกิจกรรม การใช้แฟ้มสะสมผลงาน การทดสอบ การสัมภาษณ์ ควบคู่ไปกับกระบวนการเรียน การสอนเพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสดูแลการเรียนรู้ได้หลายแบบ และไม่วัดความสามารถของผู้เรียนโดย การทดสอบเท่านั้น (นวลจิตต์ เขาวีรดิพงษ์; และคนอื่นๆ. 2545: 2)

รูปแบบการเรียนรู้ในปัจจุบันจำเป็นต้องสร้างให้ผู้เรียนเป็นฝ่ายรุก คือกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิด ความสนใจ ใฝ่รู้ รู้จักคิดตั้งคำถามและคิดค้นหาคำตอบ ให้โอกาสผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น และหาข้อสรุป และเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องให้ผู้เรียน ฝึกฝนทักษะการคิด ทักษะการคิดเป็นกระบวนการทำงานของสมองโดยใช้ประสบการณ์มาสัมพันธ์ กับสิ่งเร้าและสภาพแวดล้อม เป็นความสามารถในการแสดงพฤติกรรมการคิดเพื่อค้นหาความเข้าใจ ในเรื่องนั้นๆ ประสบการณ์ในการเรียนรู้ของผู้เรียนจะเสริมสร้างให้เกิดทักษะการคิด (Tyler. 1949: 68)

การจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการคิดคือการดำเนินการเรียนการสอนโดย ผู้สอนใช้รูปแบบ วิธีการและเทคนิคการสอนต่างๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดขยายต่อเนื่องจาก ความคิดเดิมที่มีอยู่ให้เกิดความคิดที่ลึกซึ้งขึ้น ถูกต้องมีเหตุผลและน่าเชื่อถือมากขึ้นกว่าเดิม ทักษะ

การคิดโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือทักษะพื้นฐาน เช่น การจำ การระลึกได้ การบรรยาย ทักษะที่เป็นแกนสำคัญ เช่น การสังเกต การตั้งคำถาม การขยายความ การตีความ และทักษะการคิดขั้นสูง ซึ่งเป็นทักษะที่เน้นด้านการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประยุกต์ใช้ การตั้งสมมติฐาน การรวบรวมข้อมูล การพิสูจน์ การทดสอบ การคิดริเริ่ม การจินตนาการ เป็นต้น (ทิสนา แคมมณี. 2545:142) ดังนั้นการจัดกิจกรรมรูปแบบหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดได้คือการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนค้นพบความรู้จากการค้นคว้าทดลอง และการอภิปรายโดยใช้เหตุผล ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสรสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยครูต้องใช้คำถามช่วยในการเชื่อมโยงความคิดประกอบกับการเปิดโอกาสให้ทำการทดลอง เป็นวิธีการเสริมสร้างให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ข้อเท็จจริงและพิสูจน์ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ เช่น การจัดอุปกรณ์การทดลอง การใช้อุปกรณ์การทดลอง การสังเกต การวัด การเก็บข้อมูล การสรุปผลข้อมูล รวมถึงการได้แก้ปัญหา และการมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2536: 1) นอกจากนี้การสอนโดยการทำการทดลองทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงกับเนื้อหาทางทฤษฎีและทำความเข้าใจกับรายละเอียดเนื้อหาได้ง่ายขึ้น ทั้งยังเป็นการส่งเสริมการทำงานเป็นกระบวนการกลุ่มเพื่อพัฒนาทักษะทางสังคม และสร้างให้เกิดความรับผิดชอบร่วมกันของสมาชิกในกลุ่ม สำหรับการกิจกรรมให้ผู้เรียนปฏิบัติการทดลองนั้นอาจทำได้ 2 แบบ คือ การทดลองแบบกำหนดแนวทาง (Structured laboratory work) ซึ่งเป็นการทดลองแบบที่ผู้สอนกำหนดปัญหา บอกวิธีการแก้ปัญหาไว้ทั้งหมด ผู้เรียนเพียงแต่ทำตามคำชี้แจงในการปฏิบัติการทดลองเท่านั้น และการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured laboratory work) ซึ่งเป็นการทดลองแบบที่ให้ผู้เรียนวางแผนและกำหนดการแก้ปัญหาเอง โดยผู้สอนเป็นเพียงผู้กำหนดปัญหาและดูแลให้คำแนะนำ

การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล (Microscale) เป็นการทดลองที่ใช้สารเคมีในปริมาณน้อยในการทำการทดลองและใช้อุปกรณ์การทดลองที่มีขนาดเล็กกลง โดยให้ผลการทดลองและผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้เทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับการทดลองในระดับมาตรฐานทั่วไป (Standardscale) ประโยชน์ของการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลมีหลายด้านเมื่อเทียบกับการทดลองระดับมาตรฐานทั่วไปคือ 1) ด้านความปลอดภัย การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลปลอดภัยกว่า เนื่องจากการใช้ปริมาณสารที่น้อยในการทำการทดลอง ถ้าเกิดปัญหาขึ้น เช่น การลวกไหม้ การระเบิด ก็จะไม่รุนแรงมากนัก 2) ด้านค่าใช้จ่าย ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมี ปริมาณการซื้อสารเคมีและค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์ในการทดลองลดลง 3) ด้านเวลา ทำให้ประหยัดเวลาเวลาที่ต้องใช้ในการเตรียมสารก่อนทำการทดลอง เวลาที่ใช้ในการทดลอง รวมถึงการทำความสะอาดอุปกรณ์ในการทดลองจะใช้เวลาน้อยลง 4) ด้านสิ่งแวดล้อม การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อม เพราะการใช้ปริมาณสารที่ลดลง ทำให้ของเสียที่เกิดจากการทดลองมีปริมาณน้อยลงตามไปด้วย 5) ด้านการเรียนรู้ ทำให้ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เพราะการทำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล ทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการทำการทดลองด้วยตนเอง เกิดทักษะการคิดและสามารถแก้ปัญหาได้ (ยุทธพงษ์ อุดแน่น; รัตนา สนั่นเมือง; และ

วิจารณ์ เชื้อหวด. 2545: 17-26) นอกจากนี้การใช้อุปกรณ์การทดลองขนาดเล็กทำให้ผู้เรียนรู้สึกสนุกในการทำการทดลองมากขึ้น (Wooster. 2007: 45-47,56)

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ป.วช.) ของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือเป็นหลักสูตรเตรียมวิศวกรรม ที่เปิดการเรียนการสอน 3 สาขาวิชาคือ สาขาวิชาเครื่องกล สาขาวิชาโยธา สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อผลิตนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ให้มีความรู้พื้นฐานทางด้านช่าง วิศวกรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อเป็นประโยชน์ในการประกอบอาชีพและการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยหลักสูตร ป.วช. ของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้มีการปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรในปี พ.ศ. 2543 (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2544: 1) เหตุผลในการปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรมี 2 ประการคือ ประการที่หนึ่งเพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และเป็นการทบทวนหลักสูตรตามนโยบายการประกันคุณภาพการศึกษา ประการที่สองเพื่อปรับแผนการศึกษาให้สอดคล้องกับการพัฒนาหลักสูตรระดับปริญญาตรีของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โครงสร้างของหลักสูตร ป.วช. แบ่งออกเป็น 2 หมวดวิชาคือ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป และหมวดวิชาเฉพาะ หมวดวิชาศึกษาทั่วไปมีกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย 2 สาขาวิชาคือ ฟิสิกส์และเคมี ในสาขาวิชาเคมีแบ่งออกเป็น 6 รายวิชา เคมี 1 - เคมี 6 วิชาละ 2 หน่วยกิต

จากการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนในวิชาเคมีของระดับ ป.วช. โดยการสัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอนเคมีของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และการตอบแบบสอบถามของนักศึกษาระดับ ป.วช. วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอนจำนวน 6 ท่าน มีประสบการณ์การสอนเคมีในระดับ ป.วช. ประมาณ 2 - 6 ปี ได้ข้อมูลดังนี้ การสอนส่วนใหญ่เป็นลักษณะการบรรยาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนบ้าง เช่น ใช้การตั้งคำถามในชั้นเรียน การนำเสนอรายงานบางหัวข้อหน้าชั้นเรียน การจัดให้ผู้เรียนทำการทดลองมีน้อยมาก โดยทั่วไปมีการจัดการทดลองให้กับนักศึกษาประมาณภาคการศึกษาละ 2 - 4 ชั่วโมงเท่านั้น (จากการเรียนเคมีทั้งหมด 32 ชั่วโมง / ภาคการศึกษา) สาเหตุเนื่องมาจากเวลาและห้องปฏิบัติการมีไม่เพียงพอ แต่อาจารย์ผู้สอนทุกท่านที่ให้สัมภาษณ์มีความต้องการที่จะนำการทดลองมาใช้ให้มากขึ้น เพราะเห็นว่าการทดลองมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการสอนเคมีที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่าการรับฟังจากการบรรยายหรือการสาธิต จากการสอบถามเกี่ยวกับการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล พบว่าอาจารย์ผู้สอนส่วนใหญ่เคยได้รับฟังมาบ้างเกี่ยวกับการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลแต่ยังไม่เข้าใจรายละเอียดมากนักกว่าเป็นอย่างไร และเมื่อได้รับทราบข้อมูลเบื้องต้นของการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลจากผู้วิจัย อาจารย์ผู้สอนทุกท่านสนใจและต้องการนำไปใช้เพราะเป็นการปรับปรุงวิธีการสอนให้ผู้เรียนเกิดผลการเรียนที่ดีขึ้น

วิธีการเรียนการสอนน่าสนใจยิ่งขึ้นและยังสามารถแก้ปัญหาเรื่องเวลาและห้องปฏิบัติการไม่เพียงพอได้ด้วย

จากการใช้แบบสอบถามสำรวจความคิดเห็นกลุ่มนักศึกษา ป.วช. ชั้นปีที่ 3 จำนวน 81 ชุด โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกสอบถามเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิชาเคมีในชั้นเรียน ส่วนที่สอง สอบถามเกี่ยวกับการทำการทดลองในวิชาเคมี ได้ข้อมูลโดยสรุปดังนี้ 1) นักศึกษามีความเห็นว่าการสอนในชั้นเรียนมีลักษณะเป็นการบรรยายมากเกินไป 2) นักศึกษาต้องการให้อาจารย์ปรับปรุงวิธีการสอนในชั้นเรียน 3) นักศึกษามีความคิดเห็นว่าการทดลองส่งเสริมให้เกิดความคิดวิเคราะห์ 4) นักศึกษาคิดว่าการเรียนเคมีจากการทดลองทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น 5) เรื่องที่เรียนแล้วทำความเข้าใจยากมี 5 เรื่องตามลำดับ คือ เคมีไฟฟ้า (ร้อยละ 70.49) ปริมาณสารสัมพันธ์ (ร้อยละ 68.25) กรดเบส (ร้อยละ 56.91) อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ร้อยละ 54.44) และสมดุลเคมี (ร้อยละ 49.50)

จากข้อมูลดังกล่าว สรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีในระดับ ป.วช. ของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ใช้เทคนิคการสอนแบบบรรยายเป็นส่วนใหญ่ ตัวอย่างรายละเอียดและการจัดกิจกรรมในรายวิชาเคมี 5 รหัสวิชา 392155 ของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 หัวข้อเรื่อง รายละเอียดและการจัดกิจกรรมของรายวิชาเคมี 5 รหัสวิชา 392155

สัปดาห์ Week	หัวข้อเรื่อง Title	รายละเอียด/กิจกรรม Details/Activities	หมายเหตุ Remark
1	เลขออกซิเดชัน	เลขออกซิเดชัน สมการแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ / บรรยาย	
2	ปฏิกิริยา ไฟฟ้าเคมี	ปฏิกิริยาระหว่างโลหะและสารละลายของโลหะ ไอออน ลำดับความสามารถในการรับอิเล็กตรอน ของไอออนชนิดต่างๆ /บรรยาย	สาริตปฏิกิริยา ของโลหะกับ สารละลายใน ชั้นเรียน
3	เซลล์กัลวานิก	ครึ่งเซลล์ไฮโดรเจนมาตรฐาน, ศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์, เซลล์กัลวานิก ,การคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ /บรรยาย	

จากตาราง 1 แสดงการจัดการเรียนการสอนรายวิชาเคมี 5 ดำเนินการสอนสัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง รายละเอียดกิจกรรมการสอนเป็นการสอนแบบบรรยาย โดยรายละเอียดของแผนการสอนทั้งหมดแสดงในภาคผนวก ข

ดังนั้นเพื่อให้การจัดการเรียนการสอนเคมีระดับป.วช. ของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 สามารถแก้ปัญหาการเรียนการสอนจากเดิมที่มีลักษณะเป็นการบรรยาย ผู้เรียนมีโอกาสได้ทำการทดลองน้อยและส่งผลให้ผู้เรียนทำความเข้าใจในหัวข้อเรื่องต่างๆ ได้ยาก ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลมาใช้ในการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจในเนื้อหาที่เข้าใจยากได้ดีขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นและเสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ เพราะเป็นการสอนที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการทดลองจริง ผู้เรียนมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้การจัดการกิจกรรมแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความ ขั้นประเมินผล และใช้วิธีการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลในการจัดกิจกรรมในขั้นสร้างความสนใจ และขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เพื่อให้ผู้เรียนเกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 4 ด้าน คือ 1) ด้านความรู้ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 4) ด้านการนำไปใช้เสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ 5 ด้าน คือ 1) ด้านการจำแนก 2) ด้านการจัดหมวดหมู่ 3) ด้านการสรุป 4) ด้านการประยุกต์ 5) ด้านการคาดการณ์ รวมถึงสังเกตพฤติกรรม การเรียนที่เกิดขึ้นของนักศึกษาในชั้นเรียนที่เรียนโดยหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น โดยใช้แบบประเมินพฤติกรรมและบันทึกเทปวีดีทัศน์ ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยคาดหวังว่าสามารถนำหลักสูตรวิชาเคมีที่พัฒนาขึ้นไปใช้เป็นแนวทางในการสอนวิชาเคมีสำหรับนักศึกษาระดับ ป.วช. เป็นการเสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ เสริมสร้างกระบวนการคิดวิเคราะห์ ทำให้ความรู้ที่ผู้เรียนได้รับยั่งยืน และสามารถพัฒนาตนเองเพื่อนำไปใช้ในการศึกษาต่อในระดับสูงขึ้นในอนาคต

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล และนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาเคมีสำหรับนักศึกษาในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ป.วช.) ของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

2. เพื่อศึกษาผลการใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดวิเคราะห์ และพฤติกรรมในชั้นเรียน โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้

2.1 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นกับนักศึกษาที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย

2.3 เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนในนักศึกษาที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นและนักศึกษาที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย

2.4 เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นกับนักศึกษาที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย

2.5 เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเรียนในชั้นเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ พฤติกรรมที่แสดงความสนใจในขณะที่มีการเรียนการสอน พฤติกรรมกระตือรือร้นในการเรียน พฤติกรรมการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความพึงพอใจในการเรียน

ความสำคัญของการวิจัย

1. สามารถพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล สำหรับการเรียนการสอนของนักศึกษา ป.วช. และส่งเสริมการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่จัดกิจกรรมการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล
2. เสริมสร้างประสิทธิภาพการเรียนรู้และทักษะการคิดวิเคราะห์ทั้ง 5 ด้าน
3. เป็นประโยชน์ต่ออาจารย์ผู้สอนวิชาเคมี ที่จะนำหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลไปใช้เป็นกิจกรรมในการเรียนการสอนวิชาเคมีในระดับ ป.วช.
4. เป็นประโยชน์ต่ออาจารย์ผู้สอนวิชาเคมี ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ช่วงชั้นที่ 4) ในการนำหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักศึกษา ป.วช. ชั้นปีที่ 3 วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

1. กลุ่มทดลอง นักศึกษา ป.วช. ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ห้อง 1 จำนวน 33 คน

2. กลุ่มควบคุม นักศึกษา ป.วช. ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ห้อง 3 จำนวน 32 คน

การดำเนินการสอน

- กลุ่มทดลอง ดำเนินการสอนวิชาเคมีโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น

- กลุ่มควบคุม ดำเนินการสอนตามปกติ โดยวิธีการสอนแบบบรรยาย
ทดลองสอน 1 ภาคการศึกษา ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2551

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การสอนวิชาเคมีโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 4 ด้าน

2.1.1 ด้านความรู้ความจำ

2.1.2 ด้านความเข้าใจ

2.1.3 ด้านกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.1.4 ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

2.2 ทักษะการคิดวิเคราะห์ 5 ด้าน

2.2.1 ด้านการจำแนก

2.2.2 ด้านการจัดหมวดหมู่

2.2.3 ด้านการสรุป

2.2.4 ด้านการประยุกต์

2.2.5 ด้านการคาดการณ์

2.3 พฤติกรรมของผู้เรียน ได้แก่ พฤติกรรมที่แสดงความสนใจในขณะที่มีการเรียนการสอน พฤติกรรมกระตือรือร้นในการเรียน พฤติกรรมมีส่วนร่วมในชั้นเรียน และพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความพึงพอใจในการเรียน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. เทคนิคไมโครสเกล หมายถึง การทำการทดลองที่ใช้สารเคมีในปริมาณน้อยกว่ามาตรฐานทั่วไป โดยปกติปริมาณสารเคมีในการทดลองระดับมาตรฐานมีปริมาณ 5-100 กรัม ปริมาตรสารละลายที่ใช้ประมาณ 100 - 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรขึ้นไป ส่วนการทดลองแบบไมโครสเกลปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดลองอยู่ที่ 0.05 -1.0 กรัม และปริมาตรสารละลายที่ใช้จะน้อยกว่า

25 ลูกบาศก์เซนติเมตรและอาจใช้อุปกรณ์การทดลองที่ผลิตมาสำหรับการทดลองแบบไมโครสเกล โดยเฉพาะหรือปรับปรุงอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วให้เหมาะสมกับการทดลอง

2. หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล หมายถึง แผนการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยเป้าหมายและจุดประสงค์เฉพาะ โดยจัดเนื้อหากิจกรรมและเสริมประสบการณ์ในวิชาเคมีที่เป็นกิจกรรมแบบสืบเสาะหาความรู้ ใช้เทคนิคการทดลองไมโครสเกลนำเข้าสู่บทเรียน และให้ผู้เรียนวางแผนและดำเนินการทดลองด้วยตนเอง พร้อมทั้งใช้คำถามในการนำการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน ทำให้สามารถเชื่อมโยงผลการทดลองเข้าสู่ทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้เรียนมีพัฒนาการในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ตามจุดหมายที่วางไว้ โดยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็น 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ โดยใช้การทดลองไมโครสเกลนำเข้าสู่บทเรียน 2) ขั้นสำรวจและค้นหา นำผลการทดลองที่ได้มาสรุปร่วมกัน 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ให้ผู้เรียนทำการทดลองด้วยตนเองเพื่อสรุปความรู้ที่ได้จากการทดลองอีกครั้ง 4) ขั้นขยายความรู้ นำเสนอผลการทดลองและอภิปรายผลร่วมกัน 5) ขั้นประเมิน ประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองเพื่อทดสอบทักษะการคิดวิเคราะห์

3. การสอนวิชาเคมีโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล หมายถึง การจัดการดำเนินการสอนที่ใช้แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และใช้เทคนิคการทดลองไมโครสเกลเข้ามาช่วยเสริมในกระบวนการเรียนการสอน โดยผสมผสานการทดลองแบบกำหนดแนวทางกับการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางเข้าด้วยกัน และใช้คำถามในการอภิปรายร่วมกันเพื่อเชื่อมโยงผลการทดลองเข้าสู่ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ทำให้เสริมสร้างความเข้าใจในเนื้อหานั้นๆให้กับผู้เรียนมากขึ้น และสร้างให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ในด้านต่างๆ

4. ผลการใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล หมายถึง ผลการเรียนรู้และพฤติกรรมของนักศึกษาหลังจากการเรียนรู้โดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล ในการวิจัยนี้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 4 ด้าน คือด้านความรู้ ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การวัดพฤติกรรมการเรียนตามเนื้อหาวิชาที่สร้างขึ้น ตามแนวคิดของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ ซึ่งเสนอว่าการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ

4.1.1 ความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง นิยามศัพท์ หลักการ กฎ ทฤษฎี หรือแนวคิดที่สำคัญทางด้านวิทยาศาสตร์

4.1.2 ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความ สร้างข้อสรุป ขยายความ หรือจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏความรู้ใหม่ และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังสัญลักษณ์หนึ่ง ซึ่งเป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งกว่าความรู้ความจำ

4.1.3 กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสังเกตและการวัด การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา การแปลความหมาย ข้อมูลและการสรุป การสร้าง ทดสอบและการปรับปรุงแบบจำลองหรือทฤษฎีต่างๆ

4.1.4 การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการผานความรู้และนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา โดยการนำความรู้ไปใช้ได้นั้นจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจอย่างดีก่อน

4.2 ทักษะการคิดวิเคราะห์ หมายถึง การคิดเพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างแท้จริง ในสิ่งที่คิด เป็นความคิดอย่างมีเหตุผลบอกสาเหตุของปัญหาหรือความหมายหรือคุณค่าที่แท้จริงของ ประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นได้ โดยทั่วไปทักษะการคิดแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือทักษะที่เป็น พื้นฐาน ทักษะที่เป็นแกนสำคัญ และทักษะการคิดขั้นสูง โดยทักษะการคิดวิเคราะห์จัดอยู่ในทักษะ การคิดขั้นสูง งานวิจัยนี้วัดทักษะการคิดวิเคราะห์ตามทฤษฎีทักษะการคิดวิเคราะห์ของมาร์ซาโน (Marzano's Taxonomy) โดยจัดแบ่งความสามารถของผู้เรียนในการคิดวิเคราะห์ทั้งหมด 5 ด้าน ด้วยกัน ดังต่อไปนี้

4.2.1 ด้านการจำแนก หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการแยกแยะสิ่ง ต่างๆ หรือเหตุการณ์นั้นที่เหมือนและแตกต่าง ออกเป็นแต่ละส่วนให้เข้าใจง่ายอย่างมีหลักเกณฑ์ วัดได้โดยผู้เรียนสามารถระบุตัวอย่าง หลักฐาน และลักษณะความเหมือนและความแตกต่างได้

4.2.2 ด้านการจัดหมวดหมู่ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการประมวล ความรู้เพื่อจัดลำดับและประเภทอย่างมีความหมายเป็นกลุ่ม วัดได้โดยผู้เรียนสามารถจัดกลุ่มที่มี หลักการและลักษณะที่คล้ายคลึงเข้าด้วยกัน

4.2.3 ด้านการสรุป หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการมองเห็นความ สัมพันธ์ และโยงความสัมพันธ์สู่การสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากการสังเกตและการใช้ความรู้เดิม ผานความรู้ใหม่โดยสามารถบ่งชี้ข้อผิดพลาดได้ วัดได้โดยผู้เรียนสามารถยกเหตุผลประกอบ การสรุปประเด็นต่างๆ ได้

4.2.4 ด้านการประยุกต์ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้ หรือหลักการจากการเรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ วัดได้โดยผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ใน กิจกรรมชีวิตประจำวันได้

4.2.5 ด้านการคาดการณ์ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการนำหลักการ ของความรู้เพื่อการประมาณการและคาดเดาสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ วัดได้โดยผู้เรียน สามารถเข้าใจเหตุการณ์ มีความรู้ในเหตุการณ์ และคาดเดาสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นต่อไปได้

4.3 พฤติกรรมของผู้เรียน หมายถึง พฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนที่มีต่อการ เรียนการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น งานวิจัยนี้ สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม และการบันทึกเทปวีดิทัศน์เพื่อใช้บรรยาย เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยสังเกตจากพฤติกรรมต่อไปนี้คือพฤติกรรมที่แสดงความสนใจในขณะมี

การเรียนการสอน พฤติกรรมกระตือรือร้นในการเรียน พฤติกรรมมีส่วนร่วมในชั้นเรียน และ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความพึงพอใจในการเรียน

5. กลุ่มทดลอง หมายถึง นักศึกษาระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ ที่เรียนตามโครงสร้างหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยลงทะเบียนเรียนใน รายวิชาเคมี 5 รหัสวิชา 392155 และได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมี ที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น

6. กลุ่มควบคุม หมายถึง นักศึกษาระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ ที่เรียนตามโครงสร้างหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยลงทะเบียนเรียนใน รายวิชาเคมี 5 รหัสวิชา 392155 และได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามปกติด้วยวิธีการ สอนแบบบรรยาย ซึ่งเป็นวิธีสอนที่ใช้ในชั้นเรียนวิชาเคมีของนักศึกษาระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3

สมมติฐานการวิจัย

1. ผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่ พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดี (ร้อยละ 70 ขึ้นไป)

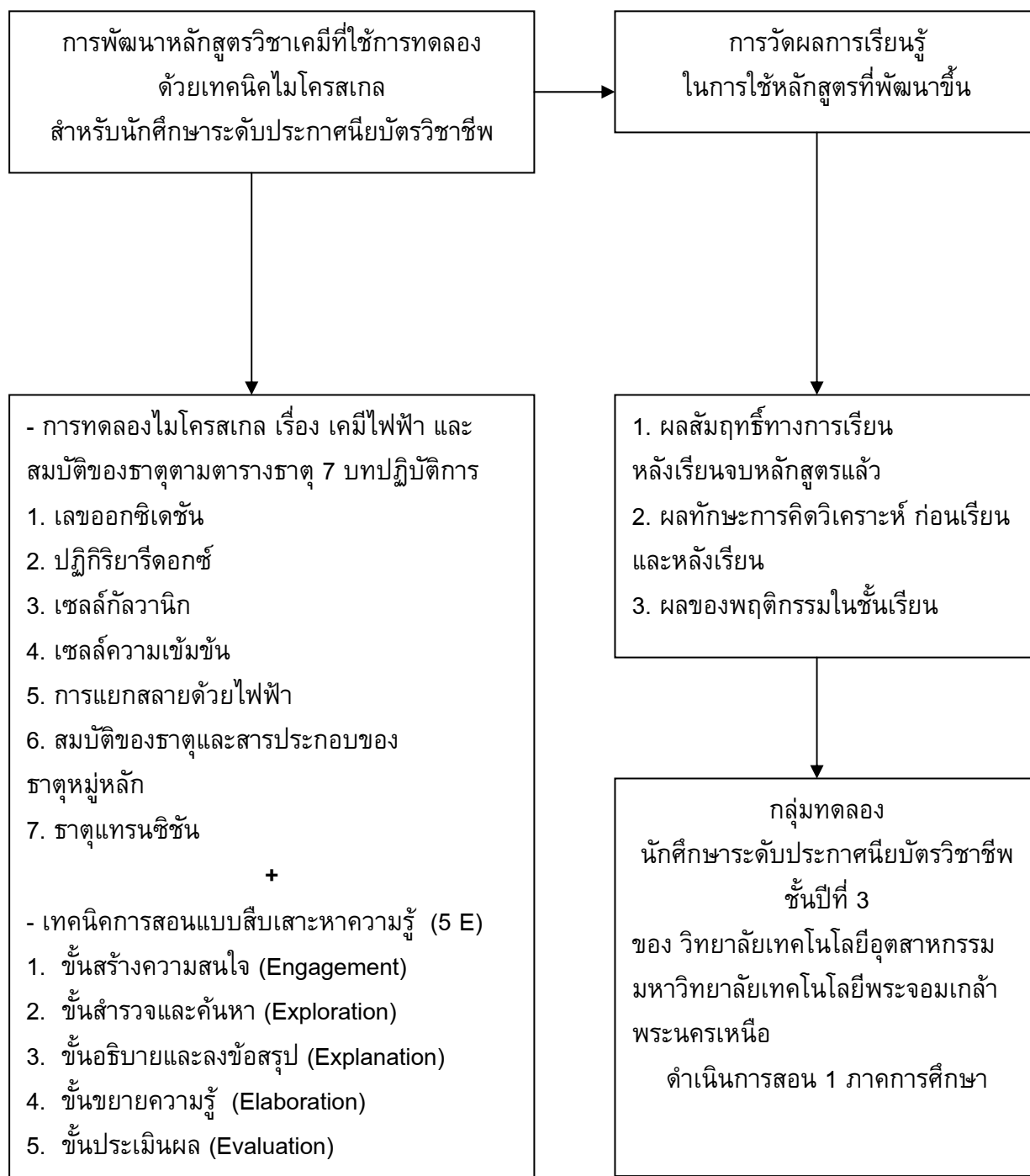
2. ผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่ พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอน แบบบรรยาย

3. ผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่ พัฒนาขึ้นและผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย มีทักษะการคิด วิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. ผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่ พัฒนาขึ้น มีทักษะการคิดวิเคราะห์สูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอน แบบบรรยาย

5. ผู้เรียนมีพฤติกรรมในชั้นเรียนได้แก่ พฤติกรรมที่แสดงความสนใจในขณะที่มีการเรียน การสอน พฤติกรรมกระตือรือร้นในการเรียน พฤติกรรมมีส่วนร่วมในชั้นเรียน พฤติกรรมที่ แสดงออกถึงความพึงพอใจในการเรียน อยู่ในระดับดี-ดีมาก (ระดับคะแนนพฤติกรรมเฉลี่ยของ ผู้เรียนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมอยู่ระหว่าง 4 – 5 คะแนน)

สรุปกรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 สรุปกรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ทฤษฎีพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
2. การสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง
3. ระบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
3. การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล
4. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ
5. การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
6. แนวคิดเรื่องทักษะการคิด
7. การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมี

1. ทฤษฎีพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544: 146-147) ได้กล่าวถึงหลักการด้านจิตวิทยาพัฒนาการที่สัมพันธ์กับการเรียนรู้ของมนุษย์ในวัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ซึ่งนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอน โดยมีทฤษฎีที่สรุปได้ดังนี้

1. ทฤษฎีของจอห์น ดิวอี้ (John Dewey) มีความเชื่อว่าเด็กจะเรียนรู้ได้ดีที่สุดเมื่อได้แก้ปัญหาที่มีความหมายต่อตนเอง โดยเรียกว่าการเรียนรู้ด้วยการกระทำและการเรียนรู้ด้วยการคิดและจิตใจ

2. กลุ่มทฤษฎีพฤติกรรมนิยม (Behaviorism) มีความเชื่อว่าสิ่งใดที่ผู้เรียนทำและผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นผลเนื่องมาจากทำอะไรที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรม ดังนั้นครูต้องสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ทั้งสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ปฏิสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างกลุ่มผู้เรียนและระหว่างครูกับผู้เรียน โดยครูต้องให้การเสริมแรงทางบวก เช่น การชมเชย การให้คะแนน เป็นต้น

3. กลุ่มทฤษฎีปัญญานิยมหรือพุทธินิยม (Cognitivism) กลุ่มนี้มุ่งเน้นเกี่ยวกับการศึกษาพัฒนาด้านสมองและจิตใจเพื่อค้นหาว่ากระบวนการคิดและการรับรู้ของมนุษย์และปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปธรรมของการคิด เช่น แนวคิดของเปียเจต์ ซึ่งมุ่งเน้นพัฒนาการทางสติปัญญา ทักษะคิดและทางร่างกาย โดยย่ำว่าวุฒิภาวะทางร่างกายจะมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อความเจริญงอกงามทางสติปัญญา และแนวคิดของบรูเนอร์ที่มุ่งเน้นการเรียนรู้แบบค้นพบ (Discovery learning) และเชื่อว่าการจัดสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางสติปัญญา สิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมจะช่วยเร่งพัฒนาการทางสติปัญญาให้เร็วขึ้น

4. กลุ่มทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) มีความเชื่อว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้โดยอาศัยประสบการณ์แห่งชีวิตที่ได้รับเพื่อค้นหาความจริง เป็นแนวทฤษฎีของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง

5. ทฤษฎีพหุปัญญา (Multiple Intelligence) เป็นแนวคิดของการ์ตเนอร์ (Howard Garder) ซึ่งเชื่อว่ามนุษย์มีปัญญาหลากหลาย 8 ด้าน ได้แก่ ด้านภาษา ด้านตรรกและคณิตศาสตร์ ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านการเคลื่อนไหวร่างกาย ด้านดนตรีและจังหวะ ด้านความเข้าใจตนเอง ด้านมนุษย์สัมพันธ์ และด้านความเข้าใจธรรมชาติ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ามนุษย์มีความสามารถหลากหลายด้าน ครูควรตระหนักว่าผู้เรียนอาจแสดงความสามารถแตกต่างกันตามสิ่งที่ผู้เรียนรู้และทำได้ ดังนั้นครูควรจัดกิจกรรมที่หลากหลาย เพื่อให้สอดคล้องกับความหลากหลายทางสติปัญญาของผู้เรียนที่จะทำให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จได้ดีขึ้น

จากข้อมูลดังกล่าวสรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องเข้าใจเกี่ยวกับพัฒนาการของผู้เรียน เพื่อจัดกิจกรรมในการเรียนรู้ได้เหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูงสุดซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้กลุ่มทฤษฎีพัฒนาการทางปัญญาของเปียเจต์ ทฤษฎีพัฒนาการทางปัญญาของบรูเนอร์ ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง และแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ มาเป็นทฤษฎีพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ดังต่อไปนี้

1.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางปัญญาของเปียเจต์

เป็นทฤษฎีที่สร้างขึ้นตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาพัฒนาการทางความคิดและความเข้าใจต่อสิ่งต่างๆ ของเด็กที่อยู่ในวัยต่างกัน ทฤษฎีนี้ทำให้นักการศึกษาได้ทราบและเข้าใจว่าการพัฒนาความคิดและความเข้าใจหรือการเรียนรู้ของเด็กในวัยต่างๆ มีการรับรู้อย่างไร ซึ่งเป็นประโยชน์ในการจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก สุวัฒน์ นิยมคำ (2531) ได้สรุปสาระสำคัญของทฤษฎีพัฒนาการทางปัญญาของเปียเจต์ไว้ดังนี้

1. ความสามารถในการคิดและเข้าใจเรื่องต่างๆ ของเด็กนั้นขึ้นอยู่กับวัยของเด็ก โดยความสามารถในการคิดและเข้าใจเรื่องต่างๆ สามารถกำหนดเป็นช่วงอายุได้ แบ่งเป็น 4 วัยของการพัฒนาการดังนี้

1.1 วัยพัฒนาการช่วงที่ 1 (Sensory-motor stage) ช่วงอายุ 0-2 ปี เริ่มรู้จักโลกภายนอกจากการสัมผัส ยังไม่รู้จักคิดและคิดไม่เป็น

1.2 วัยพัฒนาการช่วงที่ 2 (Preoperational stage) ช่วงอายุ 2-7 ปี มีการพัฒนาการทางภาษาดีมาก คิดอะไรมองอะไรเพียงด้านเดียว มอง 2 ตัวแปรพร้อมกันไม่ได้ ความสามารถในการคิดย้อนกลับยังทำไม่ได้ และมองไม่เห็นความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยกับส่วนรวม

1.3 วัยพัฒนาการช่วงที่ 3 (Concrete operational stage) ช่วงอายุ 7-11 ปี เทียบได้กับระดับประถมศึกษา ในขั้นนี้เด็กมีความสามารถคิดเป็นเหตุเป็นผลได้แต่ต้องให้เห็นของ

จริงหรือยกตัวอย่างจริงประกอบ การเรียนรู้ของเด็กในวัยนี้ต้องอาศัยรูปธรรมเป็นสื่อ สามารถมองได้หลายแง่มุม คิดย้อนกลับได้ คิดเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยกับส่วนรวมได้

1.4 วัยพัฒนาการช่วงที่ 4 (Formal operational stage) ช่วงอายุ 11 ปี ขึ้นไป เทียบได้กับระดับมัธยมศึกษา ในขั้นนี้ความคิดแบบเด็กๆ สิ้นสุดลง เริ่มคิดแบบผู้ใหญ่สามารถคิดและเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ สามารถคิดหาเหตุได้โดยไม่ต้องพึ่งสภาพจริงหรือปรากฏการณ์ เด็กสามารถจินตนาการได้ และประสบการณ์รูปธรรมอาจยังมีความจำเป็น

2. พัฒนาการทางความคิดและความเข้าใจต่อเรื่องต่างๆ ของเด็กทุกคนต้องผ่านตามลำดับขั้น จะกระโดดข้ามขั้นไม่ได้ โดยพัฒนาการจะเป็นแบบต่อเนื่อง

3. ช่วงอายุที่กำหนดนั้น เป็นการประมาณการโดยทั่วไป เด็กบางคนอาจมีพัฒนาการทางความคิดและความเข้าใจได้เร็วกว่ากำหนดหรือช้ากว่ากำหนดก็เป็นไปได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของปัจจัย 5 ประการด้วยกันคือ 1) วุฒิภาวะทางกาย เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตโดยเฉพาะสมอง 2) ประสบการณ์ทางกายภาพ เกี่ยวข้องกับการได้สัมผัสกับโลกวัตถุ 3) ประสบการณ์ทางสังคม เกี่ยวข้องกับการได้สัมผัสโลกทางสังคม 4) ประสบการณ์ทางตรรกและคณิตศาสตร์ เกี่ยวข้องกับการได้ฝึกการใช้เหตุผลเชิงตรรกและคณิตศาสตร์ 5) สภาวะสมดุล เกี่ยวข้องกับการปรับกรอบโครงสร้างความรู้ตลอดชีวิต

สวัมภ์ นิยมคำ (2531) เสนอการนำทฤษฎีของเปียเจต์มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยดูความสามารถของเด็กที่เปลี่ยนไปตามวัยของอายุ ดังนี้

1. ในระดับประถมศึกษาควรจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปธรรมเป็นหลัก เพราะเด็กเรียนรู้ได้ดีจากประสบการณ์ตรง

2. ในระดับชั้นมัธยมศึกษาเด็กสามารถคิดหาเหตุผลทางนามธรรมได้ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนโดยลดประสบการณ์ตรงลงบ้างก็สามารถให้เด็กเรียนรู้ได้เหมือนกัน การสอนบางส่วนของคุณอาจใช้การบรรยายหรือให้ศึกษาจากเอกสารได้ แต่ไม่ได้หมายความว่าประสบการณ์รูปธรรมไม่จำเป็น ดังนั้นการเรียนรู้ของผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาควรจะเสริมกันทั้งนามธรรมและรูปธรรม

3. ควรหาเนื้อหาที่เหมาะสมกับวัยมาสอน เด็กจะได้เข้าใจได้ง่าย

4. ประสบการณ์ที่นำมาสอนนั้นควรแบ่งเป็น 2 ประเภท ประเภทที่ 1 เป็นประสบการณ์ที่มุ่งฝึกความรู้ความเข้าใจเรื่องเดิมให้แน่นขึ้น สิ่งที่ครูเลือกมาสอนควรสอดคล้องกับความรู้เดิม เด็กจะได้ปรับประสบการณ์ใหม่ให้กลมกลืนกับกรอบโครงสร้างความรู้ความคิดเดิม โดยการดูดซึมเข้าไป (Assimilation) ประเภทที่ 2 เป็นประสบการณ์ความรู้ใหม่เด็กจะเรียนได้ต้องมีพื้นฐานความรู้เพียงพอ ก่อน จากนั้นจึงนำมาสอนให้เด็กขยายกรอบโครงสร้างความรู้เดิมออกไป (Accommodation)

5. วิธีการสอนหรือกิจกรรมการเรียนการสอน จะต้องทำให้เด็กขาดสมดุลเสียก่อนคือ เกิดความสงสัย แล้วให้เด็กพยายามปรับตัวทำการแสวงหาความรู้ การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้จะต้องให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม จัดกิจกรรมให้เด็กเป็นผู้กระทำ (Active)

6. สิ่งแวดล้อมเป็นตัวการสำคัญในการพัฒนาความคิด ดังนั้นครูต้องจัดสิ่งแวดล้อมให้เด็กมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงจึงจะเกิดการเรียนรู้

1.2 ทฤษฎีพัฒนาการทางปัญญาของบรูเนอร์

บรูเนอร์เป็นบุคคลสำคัญที่ขยายแนวความคิดของเปียเจต์ (ทิสนา แชมมณี. 2545: 66-68) ในการสอนนั้นบรูเนอร์สนับสนุนการสอนแบบค้นพบ (Learning by discovery) การเรียนรู้จะเกิดขึ้นไม่ได้ถ้าผู้เรียนไม่มีประสบการณ์ การเรียนรู้จะต้องจัดให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุสิ่งของ ในทฤษฎีของบรูเนอร์นั้น มีแนวคิดเดียวกับเปียเจต์ที่ว่า การเรียนรู้ของเด็กจะต้องพัฒนาการไปตามลำดับขั้นของการพัฒนาทางปัญญา เพราะขั้นเหล่านี้เป็นตัวกำหนดความพร้อมของเด็กที่จะรับสิ่งใหม่ เด็กต้องมีความพร้อมก่อนจึงจะเรียนรู้สิ่งใหม่ได้ แต่บรูเนอร์เองก็มีแนวคิดที่แตกต่างจากเปียเจต์ตรงที่เขาเชื่อว่า ความพร้อมสามารถเร่งให้เกิดก่อนวัยได้ ครูสามารถจัดประสบการณ์เพื่อช่วยให้เด็กเกิดความพร้อมได้ โดยไม่ต้องรอให้เด็กพร้อมตามธรรมชาติ บรูเนอร์ตั้งสมมติฐานไว้ว่าความรู้ในเรื่องใดๆ ก็ตามสามารถนำมาสอนให้เข้าใจได้ ถ้าผู้สอนรู้จักดัดแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมกับเด็กคนใดคนหนึ่งในวัยพัฒนาการทางปัญญาใดๆ ได้เลย การเรียนรู้ตามทฤษฎีของบรูเนอร์นั้นจะไม่คำนึงถึงอายุ แต่คำนึงถึงกระบวนการของการเรียนรู้โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ

ระดับที่ 1 การเรียนรู้ด้วยการมีกิจกรรมกับวัตถุโดยตรง (Enactive level) การเรียนรู้ระดับนี้ครูต้องจัดวัสดุอุปกรณ์ให้เด็กได้มีกิจกรรมเพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ ในระดับนี้เด็กจะแก้ปัญหาเองไม่ได้เพราะยังมองไม่เห็นมโนภาพของวัตถุ

ระดับที่ 2 ระดับการเรียนรู้ด้วยการใช้มโนภาพของวัตถุ (Iconic level) ในระดับที่ 1 นั้นเด็กมีมโนภาพของวัตถุเมื่อวัตถุอยู่กับเด็ก ถ้านำวัตถุออกไปเด็กจะไม่เกิดมโนภาพ ภายหลังจากที่เด็กได้มีมโนภาพกับวัตถุ ปัญญาจะพัฒนาการไปสู่ระดับที่ 2 ซึ่งเมื่อนำวัตถุออกไปแล้ว มโนภาพของวัตถุนั้นจะยังปรากฏอยู่ในใจ เด็กสามารถจินตนาการได้

ระดับที่ 3 ระดับการเรียนรู้ด้วยการใช้สัญลักษณ์ (Symbolic level) เมื่อเด็กสามารถผ่านระดับการเรียนรู้โดยใช้มโนภาพของวัตถุแล้ว ปัญญาจะพัฒนาขึ้นไปถึงระดับที่ 3 เด็กสามารถแก้ปัญหาต่างๆ โดยไม่ต้องคิดถึงวัตถุหรือคิดถึงมโนภาพ ระดับนี้เด็กสามารถเข้าถึงสิ่งที่เป็นามธรรมและคิดหาเหตุผลได้

วิธีการสอนแบบค้นพบของบรูเนอร์นั้น มีจุดมุ่งหมายเน้นที่กระบวนการเรียนรู้ ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบค้นพบ ครูต้องพยายามแนะแนวทางให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ การสอนต้องเริ่มต้นด้วยการสร้างสถานการณ์ให้ผู้เรียนเกิดปัญหา เมื่อมีปัญหาต้องหาทางให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยการค้นหาข้อมูล ตัดข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือออกทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์ ใช้กรอบความรู้ ความคิดเดิมไปค้นหารูปแบบใหม่ ซึ่งเป็นคำตอบของปัญหา ดังนั้นสาระสำคัญในการนำทฤษฎีของบรูเนอร์มาประยุกต์ใช้กับการสอนวิทยาศาสตร์มีดังนี้

1. สามารถสอนวิชาเดียวกันได้ทุกระดับเพียงแต่จัดเนื้อหาวิชาใหม่ให้เหมาะสมกับระดับของเด็ก ระดับชั้นต้นอาจจะสอนเพียงความคิดรวบยอดพอเป็นพื้นฐาน ระดับชั้นกลางก็ควรจัดการสอนหลักเกณฑ์ที่ค่อนข้างง่ายต่อการเข้าใจ ส่วนระดับชั้นสูงก็สอนให้ลึกซึ้งมากขึ้น นอกจากนี้การจัดกิจกรรมการสอนมีส่วนช่วยในการเรียนรู้เป็นอย่างมาก ขั้นต้นควรจัดประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมให้มาก ส่วนชั้นกลางและชั้นสูงควรจัดประสบการณ์ที่เป็นนามธรรมและรูปธรรมคละกัน

2. หน้าที่ของครูในการสอนคือ เป็นผู้แนะแนวทางในการเรียนมากกว่าเป็นผู้บอกเองทั้งหมด บรูเนอร์เสนอแนะให้หลีกเลี่ยงการบรรยายให้มาก การจัดกิจกรรมในการเรียนวิทยาศาสตร์ควรโน้มเอียงไปทางการค้นพบความรู้ด้วยตนเอง และครูอยู่ในฐานะคอยช่วยเหลือและอำนวยความสะดวก

3. ปรัชญาพื้นฐานในการเรียนวิทยาศาสตร์ คือให้เด็กค้นพบความรู้เอง รู้จักค้นหาความรู้ และรู้จักแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4. การวางแผนและการเตรียมการสอนมาดี ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี

5. การวัดผลของครูต้องสัมพันธ์กับการสอน อย่าเน้นการวัดความจำ

6. เด็กจะเรียนรู้ได้ดีขึ้น ถ้าเขาทราบวัตถุประสงค์ของบทเรียน เช่น จะให้ทำการทดลองก็ควรอธิบายให้เขารู้ว่าเขาจะค้นหาอะไร

7. ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากเพื่อนร่วมงานได้ ดังนั้นในการทดลองควรแบ่งกลุ่มทำงาน

1.3 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)

ทฤษฎีพัฒนาการทางปัญญาของเปียเจต์ เป็นรากฐานที่สำคัญของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เปียเจต์อธิบายว่าพัฒนาการทางปัญญาของบุคคล มีการปรับตัวผ่านกระบวนการซึมซับหรือดูดซึม และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา พัฒนาการเกิดขึ้นเมื่อบุคคลรับและซึมซับข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้หรือโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม หากไม่สามารถสัมพันธ์กันได้จะไม่เกิดภาวะสมดุลขึ้น บุคคลจะพยายามปรับสภาวะให้อยู่ในสภาวะสมดุลโดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา เปียเจต์เชื่อว่าทุกคนมีการพัฒนาการทางปัญญาไปตามลำดับขั้นจากการมีปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ ดังนั้นการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้เป็นกระบวนการ action on ไม่ใช่ taking in กล่าวคือเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนจะต้องจัดกระทำกับข้อมูลไม่ใช่เพียงรับข้อมูลเข้ามา และเป็นทั้งกระบวนการปฏิสัมพันธ์ภายในสมองและเป็นกระบวนการทางสังคมควบคู่กันไป การนำทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน สามารถทำได้หลายประการดังนี้ (ทิตนา แคมมณี. 2545: 94-96)

1. มุ่งเน้นไปที่กระบวนการสร้างความรู้ การเรียนรู้ต้องมาจากการปฏิบัติจริง ผู้เรียนต้องฝึกฝนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

2. การสอนเปลี่ยนจากการถ่ายทอดให้ผู้เรียนได้รับสาระความรู้ไปเป็นกระบวนการสาธิต การเรียนรู้ทักษะต่างๆ จะต้องให้มีประสิทธิภาพถึงขั้นทำได้และแก้ปัญหาได้

3. ผู้เรียนต้องมีบทบาทในการเรียนรู้ ครูอาจจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อ อุปกรณ์ สิ่งของหรือข้อมูลต่างๆ ที่เป็นของจริง โดยผู้เรียนสามารถจัดกระทำ ศึกษา สำรวจ วิเคราะห์ ทดลอง จนเกิดเป็นความรู้ความเข้าใจขึ้น ดังนั้นความเข้าใจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการคิดการจัดกระทำกับข้อมูลที่ไม่ใช่เกิดขึ้นได้ง่ายจากการได้รับข้อมูลหรือมีข้อมูลเพียงเท่านั้น

4. ครูต้องสร้างบรรยากาศทางสังคมให้เกิดขึ้น การปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การร่วมมือ การแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดและประสบการณ์ระหว่างผู้เรียน จะช่วยให้การเรียนรู้ของผู้เรียนกว้างขึ้นและหลากหลายขึ้น

5. ครูมีบทบาทแตกต่างไปจากเดิม คือจากการถ่ายทอดความรู้และควบคุมความรู้ เปลี่ยนไปเป็นการให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวก และช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้ กล่าวคือ การเรียนการสอนเปลี่ยนจากการให้ความรู้ (Instruction) ไปเป็นการให้ผู้เรียนสร้างความรู้ (Construction) ครูจะต้องทำหน้าที่ช่วยสร้างแรงจูงใจ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นไปในทางส่งเสริมพัฒนาการของผู้เรียน

หลักการจัดการเรียนการสอนที่ทำให้เกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเองในวิชาวิทยาศาสตร์ รูปแบบหนึ่งก็คือการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ในแง่ของการเรียนรู้ ประสบการณ์เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ คอลเล็ตต์ (Collette. 1973: 197) กล่าวว่า การเรียนรู้ วิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้นไม่ได้ถ้าผู้เรียนไม่ได้รับประสบการณ์ ประเภทของประสบการณ์ตามแนวคิดของทิชเชอร์และคนอื่นๆ (Tisher; et al. 1972: 110-111) แบ่งประสบการณ์ออกเป็น 3 ประเภท โดยถือเอารูปธรรมเป็นเกณฑ์ ดังนี้

1. การเรียนรู้โดยตรงจากประสบการณ์จริง (Direct learning through first-hand experience) เป็นประสบการณ์ที่ตัวเราเป็นผู้สัมผัสวัตถุหรือเหตุการณ์จริง เช่นทำการทดลองเอง การสาธิตของครูหรือเพื่อนๆ ซึ่งถึงแม้ผู้เรียนจะไม่ใช่ผู้ทำการทดลองแต่ก็เป็นผู้สังเกตและได้ข้อมูลเอง รวมถึงการเรียนรู้จากการศึกษานอกสถานที่ เป็นต้น

2. การเรียนรู้ทางอ้อมผ่านโสตทัศนวัสดุอุปกรณ์ (Vicarious learning through audio-visual materials) เป็นประสบการณ์ระดับที่สองที่แทนสภาพจริง เป็นการสร้างทดแทนของจริง เช่นแบบจำลอง รูปภาพ ภาพยนตร์ วีดิทัศน์ แต่ไม่ใช่ตัวหนังสือหรือสัญลักษณ์

3. การเรียนรู้ที่เป็นนามธรรม (Vicarious learning through words and symbols) เป็นประสบการณ์ที่อยู่ห่างสภาพจริงที่สุด เช่นการบรรยายถึงโครงสร้างของสารประกอบชนิดต่างๆ ด้วยคำพูด ผู้ฟังต้องจินตนาการเอาเอง รวมถึงการบรรยายด้วยตัวอักษรล้วนๆหรือใช้สัญลักษณ์เป็นเครื่องหมายแทน เช่น การเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาเคมี

การจัดการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงนับว่าสำคัญที่สุด การใช้สื่อจากโสตทัศนวัสดุอุปกรณ์แทนก็นับว่าผู้เรียนเข้าใจสภาพที่เป็นจริง ส่วนการบรรยายด้วยคำพูดนับว่าอยู่ห่างจากความเป็นจริง จึงได้ผลน้อยในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

1.4 แนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Instruction)

จิตวิทยาพื้นฐานในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ มี 3 ข้อคือ
(สวัณท์ นิยมคำ . 2531)

1. ในการเรียนวิทยาศาสตร์นั้น ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีที่สุดก็ต่อเมื่อได้เกี่ยวข้องกับการค้นหาความรู้ต่างๆ โดยตรงมากกว่าการบอกเล่าให้ฟัง

2. การเรียนรู้จะเกิดได้ดีที่สุด เมื่อสร้างสถานการณ์แวดล้อมให้ผู้เรียนอยากเรียน ไม่ใช่เป็นการบังคับ ครูต้องจัดกิจกรรมที่นำไปสู่ความสำเร็จในการค้นคว้า ในห้องเรียนครูควรสร้างสถานการณ์ให้อยากรู้ อยากค้นคว้า ถ้าครูจัดให้มีห้องทดลอง มีเครื่องมือ เครื่องอำนวยความสะดวก สถานการณ์เหล่านี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนอยากเรียนวิทยาศาสตร์

3. วิธีการสอนของครูต้องส่งเสริมให้คิดเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เปิดโอกาสให้ใช้ความคิดของตัวเองมากที่สุด ทำให้ผู้เรียนสามารถที่จะศึกษาหาความรู้ต่อไปได้ด้วยตนเอง

ดังนั้นการสืบเสาะด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นกระบวนการที่จำเป็นต่อการแสวงหาและศึกษาความรู้ต่างๆ คำถามที่เหมาะสมสามารถนำผู้เรียนไปสู่การค้นพบความรู้ใหม่ๆ ได้ การจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เป็นการดำเนินการเรียนการสอนโดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิดและลงมือแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ครูช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ด้านต่างๆ แก่ผู้เรียน เช่น การสืบค้นแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล เป็นต้น ตัวบ่งชี้ที่แสดงว่ามีการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้คือ (ทิศนา ขัมมณี. 2545: 141)

1. ผู้สอนมีกระบวนการหรือกิจกรรมการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดวิเคราะห์ในเรื่องที่เรียน

2. ผู้สอนมีเอกสาร วัสดุ หรือสื่อที่ผู้เรียนสามารถใช้ประกอบการคิดวิเคราะห์หรือการศึกษาค้นคว้าความรู้ในเรื่องที่เรียน

3. ผู้เรียนมีการศึกษาค้นคว้าความรู้ หาความรู้ หาคำตอบ โดยใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ที่เหมาะสม

4. ผู้สอนมีการช่วยพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในการศึกษาวิเคราะห์และสรุปข้อมูล หรือสร้างความรู้ที่มีความหมายต่อตัวผู้เรียน เช่นการวิเคราะห์ข้อมูล การสังเคราะห์ การสรุปข้อมูล การนำเสนอข้อมูล เป็นต้น

5. ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลการเรียนทั้งด้านเนื้อหาสาระ และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนวางแผนปฏิบัติการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนจึงเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้

และผู้สอนมีหน้าที่ให้คำปรึกษาชี้แนะ ขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองในการสอนวิทยาศาสตร์มีกิจกรรมที่สำคัญคือ การอภิปรายและการทดลอง อาจแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. การอภิปรายนำเข้าสู่การทดลอง
2. การทดลอง
3. การอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลอง

การอภิปรายนับว่าเป็นกิจกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่ง ถ้าผู้สอนรู้จักแนะนำแนวทางที่เหมาะสม จะช่วยปลูกฝังให้ผู้เรียนรู้จักใช้ความคิดของตนเอง กล้าแสดงความคิดเห็น ยอมรับความคิดเห็นของคนอื่นอย่างมีเหตุผล ส่วนการทดลองเป็นหัวใจสำคัญของการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ และเป็นการนำไปสู่การฝึกให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์

กิจกรรมการอภิปรายเข้าสู่การทดลองและอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลองนั้น ผู้สอนต้องใช้คำถามเพื่อนำผู้เรียนให้รู้จักคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์ที่เกิดขึ้นกับเรื่องที่จะทดลอง และข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับผลสรุปในการอภิปรายซักถามนั้น ผู้เรียนอาจจะใช้คำถาม ถามครู หรือผู้เรียนด้วยกันเองได้ (ทบทวมหาวิทยาลัย. 2525: 16-112)

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีที่เหมาะสมกับวิชาวิทยาศาสตร์ โดยที่ครูเป็นผู้เตรียมสภาพแวดล้อม จัดลำดับเนื้อหา แนะนำหรือช่วยให้ผู้เรียนประเมินความก้าวหน้าของตนเอง ส่วนผู้เรียนเป็นผู้เรียนรู้ภายใต้เงื่อนไขของครูที่กำหนดขึ้น และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีอิสระในการดำเนินการทดลอง ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีดังนี้คือ

1. ผู้เรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากเรียนรู้ตลอดเวลา
2. ผู้เรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิด ฝึกกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีการจัดระบบความคิดและวิธีการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้ที่ได้รับเกิดความยั่งยืน สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้
3. ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน
4. ผู้เรียนสามารถเรียนรู้มนต์ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น
5. ผู้เรียนจะมีเจตคติต่อการเรียนที่ดีในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

รอมมี (Romey. 1968) และสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2545) ได้เสนอวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยผ่านการทดลอง โดยแนะนำกิจกรรมที่ควรจัดในการทดลองเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.4.1 วิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยผ่านการทดลองของรอมมี

รอมมี ได้ตั้งข้อสังเกตว่า การสอนวิทยาศาสตร์แบบดั้งเดิมนั้น นิยมแยกภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติออกจากกัน ครูจะยึดตำราเล่มใดเล่มหนึ่งไว้สอนบรรยาย ส่วนภาคปฏิบัติการทดลองนั้นจะใช้คู่มือการทดลองอีกเล่มหนึ่ง ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับภาคบรรยายมากบ้างน้อยบ้าง ส่วนการทำ

แบบฝึกหัดมักจะฝึกให้เข้าใจความหมายของเทอมต่าง ๆ มากกว่าการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การเรียนการสอนดังกล่าวขัดแย้งกับความหมายที่แท้จริงของวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก เพราะวิทยาศาสตร์นั้นเป็นศาสตร์เชิงทดลอง การสอนวิทยาศาสตร์ควรสอนให้โน้มเอียงไปทางการทดลองมากกว่าการบรรยายหรือการอ่านหนังสือ โดยรอมมีได้แนะนำกิจกรรมในการทดลองดังนี้

1. ตั้งปัญหา
2. ออกแบบการทดลองเพื่อแก้ปัญหา
3. ให้ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
4. ให้ผู้เรียนเขียนกราฟ วิเคราะห์ข้อมูล และตีความหมายของข้อมูล
5. ให้ผู้เรียนสรุปพื้นฐานของข้อมูล
6. อภิปรายเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้ ข้อจำกัดต่าง ๆ ของข้อมูล และความสัมพันธ์กับข้อมูลกับปัญหาอื่น
7. ครูสามารถให้ความรู้เพิ่มเติม โดยใช้การบรรยายได้
8. การให้ความรู้เพิ่มเติมนอกเหนือจากบทเรียน จะช่วยเสริมให้มีความเข้าใจในผล

การทดลอง

รอมมีแบ่งกิจกรรมการทดลองออกเป็น 3 ชั้น คือ

1. ชั้นอภิปรายก่อนการทดลอง (Pre-lab discussion) ในชั้นนี้จะมีการตั้งปัญหาถามผู้เรียนเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง ทำการสาธิตเพื่อสร้างความสนใจและให้เห็นความสัมพันธ์ในสิ่งที่เรียนรู้อยู่
2. ชั้นทำการทดลอง (Lab-activity) ในชั้นนี้เป็นการให้ผู้เรียนลงมือทำการทดลองตามแนวทางที่ได้อภิปรายไว้ บทบาทของครูจะอยู่ในฐานะเป็นกองหนุนดูแลช่วยเหลือและให้กำลังใจส่วนผู้มีบทบาทในการทดลองคือผู้เรียน
3. ชั้นอภิปรายหลังการทดลอง (Post-lab discussion) หลังจากผู้เรียนทำการทดลองแล้ว ให้ผู้เรียนเสนอผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ถูกต้องของครู นอกจากนี้ครูควรให้ความรู้ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าหลักและแนวการสอนของรอมมี สามารถนำมาใช้ได้ดีกับการสอนวิทยาศาสตร์ เสริมสร้างให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองและเข้าใจเนื้อหาทฤษฎีมากขึ้น

1.4.2 วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

แนวทางการสอนของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2545) สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1. กิจกรรมและลำดับขั้นของกิจกรรม แบ่งกิจกรรมออกเป็น 4 อย่างคือ

- การนำเข้าสู่บทเรียน การที่จะดึงความสนใจของผู้เรียนได้นั้น ครูต้องตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด สงสัย และอยากรู้คำตอบ

- การอภิปรายก่อนการทดลอง ถามผู้เรียนเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง เพื่อกระตุ้นให้อยากเรียนรู้

- การทดลอง การทดลองเป็นกิจกรรมหลักของการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ ผู้เรียนทำการทดลองหลังจากมีการอภิปรายก่อนการทดลอง ในบางบทเรียนที่ไม่สามารถทดลองได้ สสวท. แนะนำให้ทำกิจกรรมทดแทนที่มีการพัฒนาความคิดเหมือนกัน เพราะในบางกรณีครูไม่สามารถจัดการทดลองได้เนื่องจากอุปกรณ์และสารเคมีที่ต้องใช้ในการทดลองหวั่นอันตราย มีราคาแพง หรือสารเคมีมีอันตรายอาจไม่ปลอดภัยในขณะที่ทำการทดลอง

- การอภิปรายหลังการทดลอง เมื่อทำการทดลองเสร็จแล้ว ครูต้องนำอภิปรายโดยใช้คำถามนำผู้เรียนไปสู่ข้อสรุปเพื่อให้ได้แนวความคิดหรือหลักการที่สำคัญในบทเรียนนั้นๆ

2. ผู้เรียนคือผู้ค้นพบ บทบาทของผู้เรียนต้องมีส่วนร่วมในการค้นหาความรู้ ความรู้ทั้งหมดไม่ใช่ได้มาจากครู ผู้เรียนเป็นผู้ทดลอง สังเกต บันทึกข้อมูล และในที่สุดเป็นผู้สรุปความรู้ ทำให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ใหม่โดยผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. บทบาทของครู ครูทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยหรือให้คำแนะนำเท่านั้น เมื่อผู้เรียนขัดข้องอย่างไร ครูควรหาวิธีตอบคำถามผู้เรียนในแนวทางที่จะกระตุ้นให้คิด และพยายามแนะนำไปยังข้อสรุปที่ถูกต้อง

4. จุดหมายปลายทางของการสอน การสอนแบบนี้จะไม่เน้นเนื้อหาเพียงอย่างเดียว แต่มุ่งที่จะพัฒนาทักษะต่างๆ และทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เผยแพร่การจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ ให้กับครู เพื่อสนับสนุนให้ครูได้ทำความเข้าใจและนำไปใช้อย่างจริงจัง โดยเรียกว่าวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry cycle) เป็นการจัดกิจกรรมแบบ 5 E มีขั้นตอนการจัดกิจกรรม 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวผู้เรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น อาจเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา

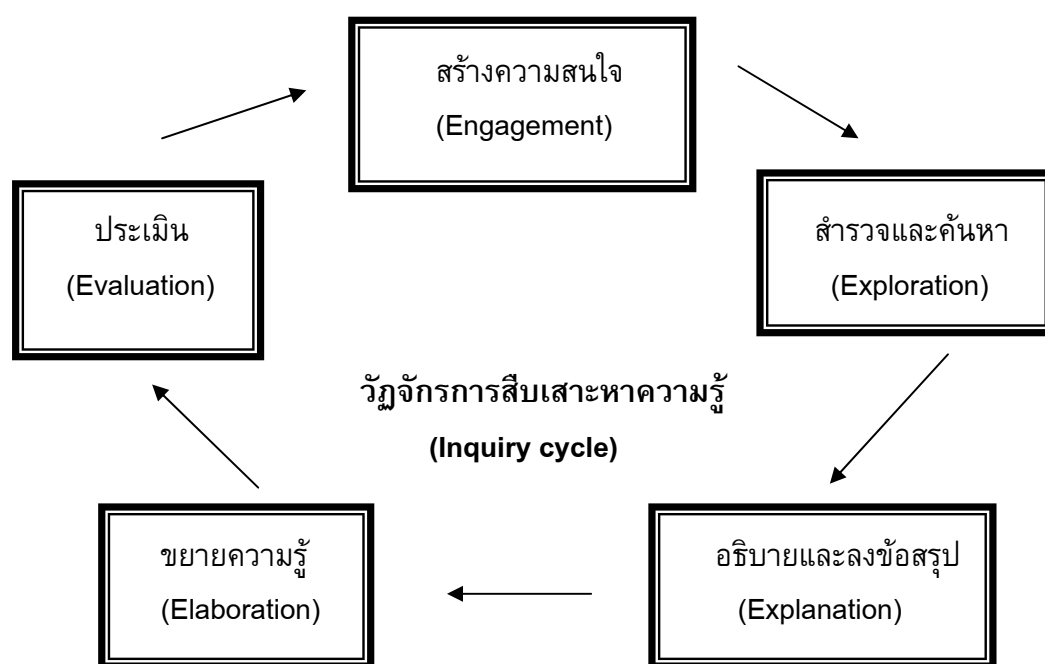
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นคำถามที่จะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจ ตรวจสอบ จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองและข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์อื่นๆ ทำให้ความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่าผู้เรียนมีความรู้ะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การประยุกต์ในเรื่องอื่นๆ

อย่างไรก็ตามวิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้กิจกรรม 5 E เป็นวัฏจักร เมื่อสิ้นสุดการประเมินแล้วครูและผู้เรียนก็สามารถเข้าสู่วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ได้ต่อไป เหตุผลเพราะในชีวิตจริงมีเหตุการณ์ที่นักศึกษาต่อเนื่องตลอดเวลาไม่มีที่สิ้นสุดหากทั้งครูและผู้เรียนมีความใฝ่รู้ตลอดเวลา

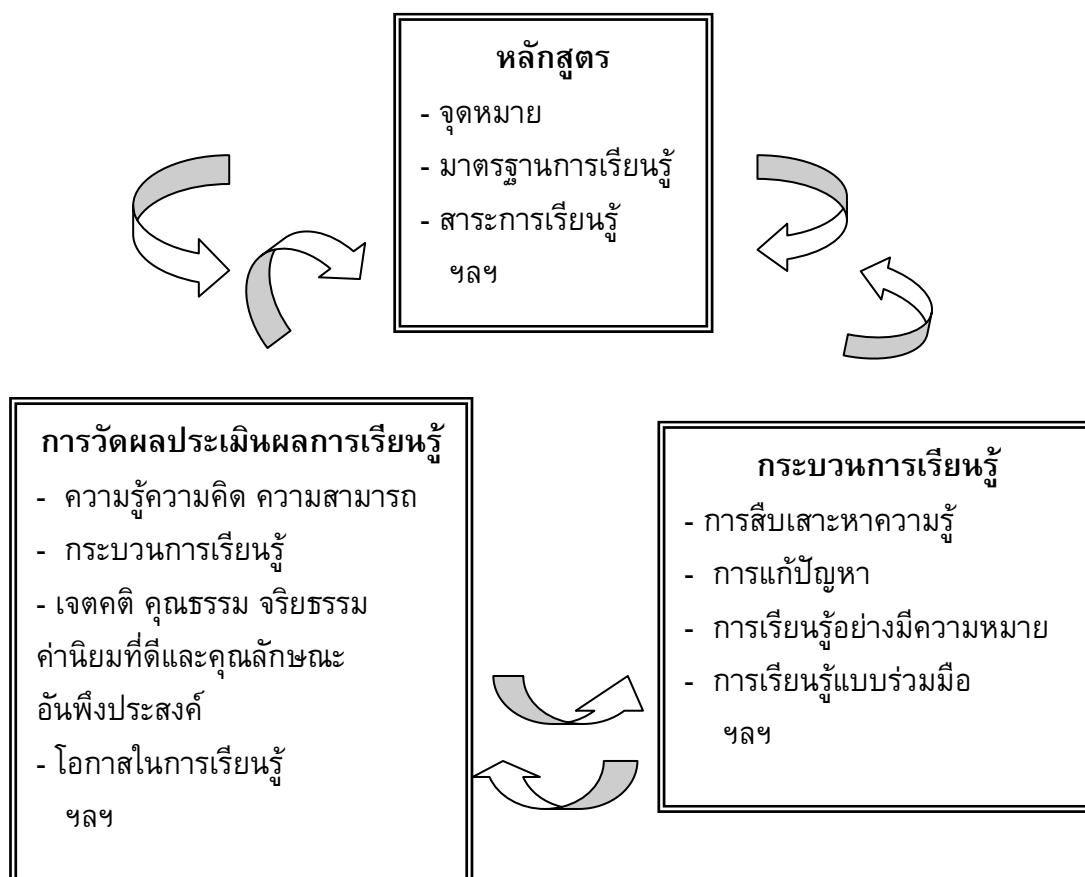


ภาพประกอบ 2 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

ที่มา: (สมบัติ การจรรักษ์พงศ์; และคนอื่นๆ. 2549: 4-6)

2. ระบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบสำคัญที่สัมพันธ์กันหรือมีความสอดคล้องกัน ประกอบด้วยหลักสูตร กระบวนการเรียนรู้ และการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้ที่มีความเชื่อมโยงกัน แสดงได้ดังแผนภูมิภาพประกอบ 3 ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546: 4-5)



ภาพประกอบ 3 ระบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ผู้ที่เกี่ยวข้องต้องร่วมกันวางแผนเตรียมการและกำกับติดตามการดำเนินงานให้องค์ประกอบหลักทั้ง 3 ส่วนมีความสอดคล้องกัน มีการสนับสนุนให้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นไปตามเป้าหมายการจัดการศึกษาของสถานศึกษา โดยเตรียมความพร้อมดังนี้

1. หลักสูตร จัดทำหลักสูตรสถานศึกษาให้มีสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ตามบริบทของสถานศึกษา เพื่อใช้กำหนดแนวทางการจัดกระบวนการเรียนรู้และการวัดผลประเมินผล

2. กระบวนการเรียนรู้ จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นกระบวนการ และคำนึงถึงความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมหรือชีวิตจริงเพื่อให้มีความหมายต่อผู้เรียน จัดหาแหล่งการเรียนรู้และ

สื่อการเรียนรู้ และวัสดุอุปกรณ์การศึกษาอย่างเพียงพอต่อการปฏิบัติงานและการปฏิบัติทดลอง รวมทั้งให้โอกาสได้ลงมือปฏิบัติจริงและเรียนรู้ด้วยตนเอง

3. การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้ จัดให้มีการประเมินผลโดยใช้แนวทางการประเมินตามสภาพจริง ที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติทุกขั้นตอนเพื่อให้ได้ผลการเรียนรู้ที่เป็นความสามารถอย่างแท้จริง และเลือกใช้วิธีการวัดประเมินผล เกณฑ์การประเมินและแบบประเมินที่สอดคล้องกัน รวมถึงการนำผลการประเมินไปใช้พัฒนาผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาทฤษฎีการสอนและแนวทางจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ดังกล่าว สรุปได้ว่าระบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วย 3 ส่วนที่สำคัญและต้องมีความสัมพันธ์กัน ได้แก่หลักสูตร กระบวนการเรียนรู้ และการวัดผลประเมินผล นอกจากนี้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ผู้สอนควรทันสมัย มีทักษะการคิด พยายามคิดหากิจกรรมที่ฝึกให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิด มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมระหว่างผู้เรียนด้วยกันและระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริง ได้ฝึกสรุปความรู้ด้วยตนเองจากการที่ได้ทำกิจกรรมการสำรวจหรือการค้นหาค้นหาข้อมูล ที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในการพัฒนาการของผู้เรียนในแต่ละช่วงวัยว่าเหมาะสมอย่างไร และควรจัดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรง ถึงแม้ว่าผู้เรียนที่อยู่ในวัยพัฒนาการในระดับมัธยมศึกษาสามารถเข้าใจในสิ่งที่ป็นนามธรรมได้ก็ตาม แต่การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ยังคงต้องมีควบคู่กันไประหว่างประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม กิจกรรมการเรียนรู้วิธีหนึ่งที่เหมาะสมและควรนำมาปรับใช้ในการพัฒนาการสอนในชั้นเรียนก็คือการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเป็นการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการศึกษาหาความรู้ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง การเรียนวิทยาศาสตร์ควรใช้การทดลองเข้ามาเป็นกิจกรรมที่สำคัญในการสร้างให้เกิดการเรียนรู้ เป็นการเรียนจากประสบการณ์ตรงและสามารถพัฒนาให้เกิดความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เสริมสร้างให้เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 (วิชัย ตันศิริ. 2547: 223) รวมถึงช่วยเชื่อมโยงให้มีความเข้าใจในเนื้อหาวิชาการมากขึ้น ลดบทบาทของผู้สอนลง โดยมีหน้าที่เพียงให้คำแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด และใช้คำถามที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถโยงเข้าไปหาหลักการ กฎและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้

3. การสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง

3.1 ความหมายของการสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง ผู้รู้และผู้ชำนาญการทางการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์หลายท่านให้ความหมายของการสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง ดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงคำและจิต นวนแก้ว (2532: 5) ได้ให้ความหมายของการทดลองไว้ว่าการทดลอง หมายถึงกระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้

เปรมจิต บุญสาย (2541: 145) ได้ให้ความหมายการทดลองว่าเป็นการสอนวิทยาศาสตร์ที่ให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความรู้จากการทดลองด้วยตนเอง เพื่อมุ่งให้ผู้เรียนมีเสรีภาพทางความคิด และได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

บุญชม ศรีสะอาด (2541: 68) ได้ให้ความหมายการสอนแบบปฏิบัติการ คือ การสอนให้นักเรียนกระทำกิจกรรมการเรียนรู้ภายใต้คำแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด โดยการทำการทดลอง ปฏิบัติการ ฝึกการใช้ทฤษฎีโดยผ่านการทดลอง

ภพ เลหาไพบุย (2542: 167-168) ได้ให้ความหมายการสอนแบบทดลองว่า เป็นการสอนเพื่อจัดประสบการณ์ในการทดลองและปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนให้มีความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อเท็จจริง กฎ หลักการหรือทฤษฎีได้ถูกต้อง เป็นการทดลองเพื่อทดสอบหรือยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้วและเป็นการปฏิบัติการเพื่อเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ เป็นการหาแนวทางการแก้ปัญหาหรือค้นหาคำตอบได้ด้วยตนเองโดยใช้การทดลองเป็นศูนย์กลางในการเรียนการสอน

สุนีย์ เหมาะประสิทธิ์ (2543: 87-88) ได้ให้ความหมายวิธีการสอนแบบทดลองว่า วิธีการสอนแบบทดลองเป็นเทคนิควิธีสอนแบบหนึ่งของวิธีการสืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เป็นการพิสูจน์หรือหาคำตอบที่นักเรียนสงสัยหรือคาดคะเน หรือตั้งสมมติฐานแล้ววางแผนการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

ดังนั้นจากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่าการสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลองหมายถึง การสอนโดยให้ผู้เรียนได้ลงปฏิบัติด้วยตนเอง ใช้เครื่องมือต่างๆ ด้วยตนเอง โดยครูทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแนะนำ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงและทำให้เข้าใจในส่วนของเนื้อหาทางทฤษฎีมากขึ้น ทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี และส่งเสริมให้เกิดทักษะต่างๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดวิเคราะห์ เป็นต้น

3.2 การจัดกิจกรรมการสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง

ในปี ค.ศ. 1886 มหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด สหรัฐอเมริกา ได้เน้นการสอนวิทยาศาสตร์โดยให้ผู้เรียนทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบยืนยันกฎและความจริงที่นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบแล้ว และได้ทำหนังสือคู่มือการทดลองทางฟิสิกส์ขึ้น ปรากฏว่าได้รับความนิยมจากโรงเรียนเป็นอันมาก โดยมีการใช้มาจนถึง ปี ค.ศ.1950 จึงได้เปลี่ยนวิธีการสอนปฏิบัติการในห้องทดลองใหม่ เพราะเริ่มมองเห็นว่าการทดลองในห้องปฏิบัติการที่บอกให้ผู้เรียนทราบตั้งแต่เริ่มการทดลองจนสรุปผล ผู้เรียนไม่ได้ใช้ความคิดอะไรมากนัก ไม่ส่งเสริมสมรรถภาพของความคิดเท่าที่ควร ไม่ตรงตามเจตนารมณ์ที่แท้จริงของวิทยาศาสตร์ จึงได้ปรับปรุงการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการใหม่ โดยเน้นให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง เพราะเชื่อว่าการทดลองที่ดีที่สุดนั้นต้องให้ผู้เรียนทำเอง ซึ่งเริ่มต้นจากปัญหา ผู้เรียนจะลงมือวางแผนแก้ปัญหาเองวางแผนการทดลอง สังเกต บันทึกผล วิเคราะห์ผล แปลผล และสรุปผลเอง การจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนปฏิบัติการทดลองนั้นอาจทำได้ 2 แบบ คือ การทดลองแบบกำหนดแนวทาง ซึ่งเป็นการทดลอง

แบบที่ผู้สอนกำหนดปัญหา บอกวิธีการแก้ปัญหาไว้ทั้งหมด ผู้เรียนดำเนินการตามคำชี้แจงในการปฏิบัติการทดลองเท่านั้น และการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง ซึ่งเป็นการทดลองแบบให้ผู้เรียนวางแผนและกำหนดการแก้ปัญหาเอง โดยผู้สอนเป็นเพียงผู้กำหนดปัญหาให้ และดูแลให้คำแนะนำ

สเปียร์และโซลแมน (Spears; & Zollman. 1977: 34-35) ได้กล่าวเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการทดลองแบบกำหนดแนวทางและแบบไม่กำหนดแนวทางไว้ คือการทดลองแบบกำหนดแนวทางเป็นรูปแบบที่ในการทดลองจะมีคำสั่งและปฏิบัติการทดลองมาให้ผู้เรียน และเป็นปฏิบัติการทดลองเพื่อพิสูจน์หลักการในบทเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว ส่วนการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางเป็นรูปแบบการทดลองที่ให้ผู้เรียนเป็นผู้วางแผนการทดลองและแก้ปัญหาด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้เรียนค้นพบหลักการในบทเรียนด้วยตนเอง โดยครูมีหน้าที่ให้คำแนะนำ

การทดลองแบบกำหนดแนวทางและการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางมีลักษณะการจัดกิจกรรมดังนี้

3.2.1 การทดลองแบบกำหนดแนวทาง การทดลองแบบนี้ ครูกำหนดปัญหา บอกวิธีการแก้ปัญหาไว้แล้ว ผู้เรียนทำตามคำชี้แจงในคู่มือการทดลองก็สามารถได้คำตอบออกมาในรูปแบบกิจกรรม เป็นดังนี้

1. ครูกำหนดปัญหา
2. ครูเสนอแนะวิธีการรวบรวมข้อมูล หรือใช้ตามที่ระบุไว้ในแบบเรียน
3. ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการ เพื่อรวบรวมข้อมูลตามวิธีการที่ได้รับการเสนอแนะ
4. ผู้เรียนจัดทำตารางแสดงข้อมูล เขียนกราฟ ตามที่ระบุไว้ในบทปฏิบัติการ
5. ผู้เรียนตอบคำถามของครู โดยใช้ข้อมูลจากการทดลอง
6. ผู้เรียนและครูช่วยกันรวบรวมคำตอบ เพื่อสรุปเป็นเนื้อหาของสิ่งที่ศึกษา

3.2.2 การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง การทดลองแบบนี้ให้ผู้เรียนค้นคำตอบเอง โดยครูกำหนดปัญหาให้ ซึ่งสามารถจัดกิจกรรมตามรูปแบบ ดังนี้

1. ครูตั้งปัญหาให้หรือให้ผู้เรียนเลือกปัญหาที่อยากศึกษา เป็นปัญหาที่ไม่สามารถคาดหมายผลการศึกษาไว้ล่วงหน้า
2. ผู้เรียนช่วยกันนิยามปัญหาอย่างชัดเจน
3. ผู้เรียนเสนอวิธีการทดลอง โดยอาจใช้ระยะเวลาหนึ่งในการค้นคว้าเพื่อวางแผนการทดลอง
4. ผู้เรียนทำการทดลองโดยสามารถปรับระยะเวลาได้
5. ผู้เรียนสังเกตและสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง ผลการทดลองอาจมีคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าหนึ่งคำตอบ
6. การทดลองอาจก่อให้เกิดการแสวงหาคำตอบนอกชั้นเรียน
7. ผู้เรียนอภิปรายเกี่ยวกับผลการทดลองกับเพื่อนในชั้นเรียน ทำให้เกิดความรู้ภาคภูมิใจในผลงานของตนเอง

8. ครูตั้งคำถามในตอนสุดท้ายเพื่อให้ผู้เรียนสรุปหลักเกณฑ์จากข้อมูลที่รวบรวมได้ และใช้หลักเกณฑ์เหล่านี้ทำนายผลการทดลองที่เกี่ยวข้อง

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถเปรียบเทียบกิจกรรมการเรียนรู้การสอนปฏิบัติการทั้ง 2 แบบ ดังตาราง 2

ตาราง 2 การเปรียบเทียบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนระหว่างการทดลองแบบกำหนดแนวทางกับการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง

การทดลองแบบกำหนดแนวทาง	การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง
1. ขั้นตอนิปรายก่อนการทดลอง 1.1 ผู้สอนและผู้เรียนร่วมอภิปรายปัญหาในแบบเรียน และร่วมกันอภิปรายสมมติฐาน 1.2 ผู้สอนอธิบายจุดประสงค์การทดลอง อุปกรณ์ วิธีการทดลอง	1. ขั้นตอนิปรายก่อนการทดลอง 1.1 แบ่งกลุ่มผู้เรียน กลุ่มละ 3-5 คน 1.2 ผู้เรียนศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดแล้วตอบคำถามผู้สอน และบันทึกคำตอบไว้ในแบบฟอร์ม 1.3 ผู้เรียนร่วมกันกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ที่ศึกษาแล้ว กำหนดคำตอบปัญหานั้นเป็นข้อๆ 1.4 ผู้เรียนวางแผนร่วมกันในการออกแบบการทดลอง 1.5 ผู้เรียนกำหนดจุดประสงค์ร่วมกัน
2. ขั้นตอนิปฏิบัติการทดลอง 2.1 แบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3-5 คน 2.2 ลงมือทำการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดให้ 2.3 ขณะที่ผู้เรียนทำการทดลอง ผู้สอนเป็นที่ปรึกษาและให้คำแนะนำ	2. ขั้นตอนิปฏิบัติการทดลอง 2.1 ผู้เรียนแต่ละกลุ่ม ลงมือทำการทดลอง 2.2 ผู้เรียนแต่ละกลุ่มบันทึกผลการทดลองและบันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นไว้ 2.3 ขณะที่ผู้เรียนทำการทดลอง ผู้สอนเป็นที่ปรึกษาและให้คำแนะนำ
3. ขั้นตอนิปรายหลังการทดลอง 3.1 ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองเพื่อหาข้อสรุป 3.2 ผู้เรียนศึกษาบทสรุปในแบบเรียนร่วมกับผู้สอน 3.3 ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดในแบบเรียน	3. ขั้นตอนิปรายหลังการทดลอง 3.1 ผู้สอนซักถามผู้เรียนถึงผลการทดลองที่ได้ 3.2 ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นระหว่างกลุ่มเพื่อให้เห็นถึงผลที่จะได้ 3.3 ผู้สอนพยายามส่งเสริมให้ผู้เรียนหาข้อสรุป 3.4 ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายถึงประโยชน์ที่จะนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

3.3 ประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542: 170-171) บุญชม ศรีสะอาด (2541: 69) และวิมล สำราญวานิช (2532: 86-86) ได้สรุปประโยชน์ของการสอนปฏิบัติการดังนี้

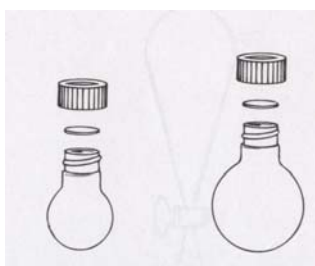
1. ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงมีโอกาสฝึกทักษะในการทดลอง และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา
2. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอนและได้เรียนโดยผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรง ทำให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง
3. เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง เนื่องจากผู้เรียนเป็นผู้ออกแบบการทดลอง ทำการทดลองโดยสืบเสาะหาความรู้ วิเคราะห์หาเหตุผล ทดสอบสมมติฐาน สรุปผล และวัดผลการปฏิบัติทดลองด้วยตนเอง
4. ผู้เรียนเพิ่มพูนความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและมีทักษะมากขึ้น
5. ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน
6. การจัดการเรียนการสอนแบบปฏิบัติเป็นการฝึกการทำงานร่วมกันของผู้เรียน
7. เป็นการเตรียมผู้เรียนแต่ละคนให้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นในการแก้ปัญหา รวมทั้งเป็นการฝึกโดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ
8. ทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์และการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

4. การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล (Microscale Experiments)

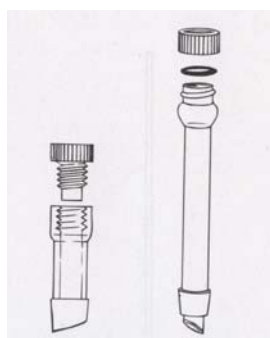
การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลเป็นการทดลองที่พัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ.1983 และได้มีการพัฒนามาใช้ในการเรียนการสอนครั้งแรกในระดับวิทยาลัย โดยมีการนำไปใช้กับการทดลองวิชาเคมีอินทรีย์ในชั้นเรียนของนักศึกษา จากนั้นเริ่มใช้กันมากในการเรียนการสอนระดับวิทยาลัยและระดับมหาวิทยาลัยในสหรัฐอเมริกามากกว่า 400 แห่ง (Szafran; Singh; & Pike. 1989: A263-A267) และในปัจจุบันมีการนำมาใช้ในการสอนการทดลองในระดับมัธยมศึกษามากขึ้น เนื่องจากจุดเด่นของการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล คือ ประหยัดเวลา มีความปลอดภัยและลดค่าใช้จ่ายในการทดลองเนื่องจากใช้ปริมาณสารเคมีน้อย นอกจากนี้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลส่งผลในการลดปริมาณของเสียอันตรายจากสารเคมีลงได้ส่วนหนึ่งด้วย (Wood. 1990: 596-597)

การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล เป็นการทดลองที่มีการใช้ปริมาณสารเคมีที่น้อยมากในการทำการทดลอง โดยปกติแล้วปริมาณสารเคมีในการทดลองระดับมาตรฐานจะใช้อยู่ที่ 5 -100 กรัม และใช้เครื่องแก้วที่สามารถบรรจุปริมาตรสารเคมีได้ตั้งแต่ 100 - 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรขึ้นไป แต่ในปัจจุบันก็มีการทดลองระดับมาตรฐานที่พยายามลดการใช้สารเคมีให้อยู่ที่ประมาณ 1-10 กรัม และปริมาตรสารละลายใช้น้อยกว่า 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทดลองที่ใช้กันทั่วไปในห้องปฏิบัติการ ส่วนการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลเป็นการทดลองที่ใช้ปริมาณสารเคมีแตกต่างจากการทดลองในระดับมาตรฐานมาก โดยทั่วไปการทดลองด้วยเทคนิค

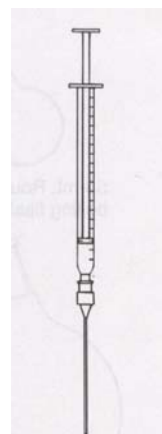
ไมโครสเกลจะมีปริมาณการใช้สารเคมีประมาณ 0.05 - 1.0 กรัมและเครื่องแก้วที่ใช้จะบรรจุปริมาตรที่น้อยกว่า 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร (Pavia; et al. 2002: 3) ดังนั้นอุปกรณ์การทดลองบางชนิดในการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลจะแตกต่างจากการทดลองระดับมาตรฐาน (Schoffstall; Gaddis; & Druelinger. 2004: 10-16) ตัวอย่างของอุปกรณ์ที่พัฒนามาใช้สำหรับการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล แสดงตามภาพประกอบ 4



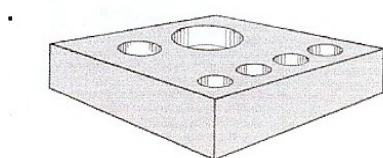
Round-bottom flask
10 cm³, 20 cm³



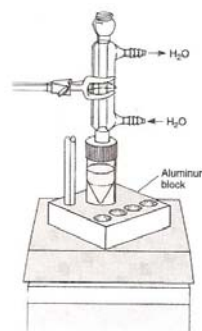
Air reflux condenser with
thermometer adapter



Syringe 1 cm³



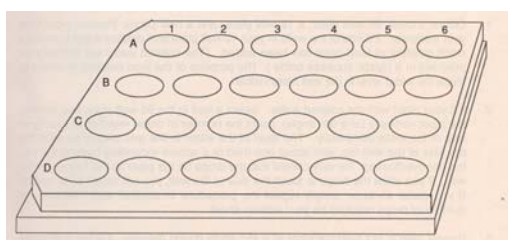
Aluminium heating blocks



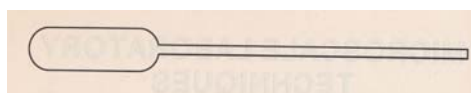
Reflux apparatus

ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างอุปกรณ์สำหรับการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล

ค.ศ. 1991 มิลส์ และ แฮมสตันได้เสนอวิธีการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลสำหรับการทดลองเคมีระดับพื้นฐาน (Mills; & Hampton. 1991: 1-4) โดยเขียนเป็นหนังสือเรียนประกอบการทำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล เพื่อใช้ในการสอนวิชาเคมีทั่วไป (General Chemistry) สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยใช้อุปกรณ์การทดลองพื้นฐาน 2 ชนิด คือ 1) Plastic well plates ขนาด 96 well plates , 24 well plates , 12 well plates และขนาด 6 well plates ซึ่งนำมาใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับใส่สารเคมีแทนหลอดทดลองในการทำปฏิกิริยา และ 2) Disposable plastic pasteur pipet ตามภาพประกอบ 5 มาใช้ตวงปริมาตรสารละลายต่าง ๆ ในทุกการทดลองที่พัฒนาขึ้นมา อุปกรณ์ทั้ง 2 ชนิดสามารถใช้ได้ดี และเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานง่าย ราคาไม่แพงและอุปกรณ์เพียง 2 อย่างที่พัฒนาขึ้นสามารถนำมาใช้ได้กับการทดลองที่หลากหลาย



(a)



(b)

ภาพประกอบ 5 (a) Plastic well plates

(b) Disposable plastic pasteur pipet

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น พบว่าการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลอาจมีการพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองขึ้นมาใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง แต่อาจไม่จำเป็นสำหรับทุกการทดลอง ที่จะต้องใช้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาโดยเฉพาะสำหรับการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลเสมอไป บางการทดลองอาจประยุกต์ใช้อุปกรณ์ทั่วไปที่มีอยู่ในห้องทดลองมาใช้ในการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลหรือนำวัสดุต่างๆ โกล่ตัวมาใช้ในการทดลอง จากการศึกษา งานวิจัยของยุทธพงษ์ อุดแน่นและคณะ ในการนำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีทั่วไปของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มีการนำวัสดุเหลือใช้เช่นกล่องบรรจุฟิล์มถ่ายรูปมาใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับบรรจุสารละลายต่างๆ ในการทดลองเรื่องเซลล์กลวานิก ซึ่งได้ผลการทดลองเหมือนกับการทดลองเซลล์กลวานิกในระดับมาตรฐานที่นิยมใช้กัน (ยุทธพงษ์ อุดแน่น; รัตนา สนั่นเมือง; และ วิภารัตน์ เชื้อชวด. 2545: 17-26)

จากงานวิจัยของวูด (Wood. 1990) เสนอว่าทางเลือกในการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลในการนำมาสอนผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับครูที่จะช่วยให้การเรียนการสอนวิชาเคมี น่าสนใจและสร้างแรงจูงใจกับผู้เรียนมากกว่าใช้เทคนิคการสอนโดยวิธีการสาธิต การ

ดูจากวิดีโอเทป หรือการดูจากคอมพิวเตอร์ เพราะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำการทดลองได้ด้วยตนเอง โดยข้อดีของการสอนโดยใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาคือ

1. ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการทำการทดลอง และช่วยลดปริมาณสารพิษที่เกิดจากการทดลองให้น้อยลง

2. การใช้เวลาในการทำการทดลองน้อยลง ทำให้การเรียนการสอนแต่ละครั้ง สามารถทำการทดลองได้หลายการทดลอง

3. การทดลองหลายการทดลองที่เป็นการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล ไม่จำเป็นต้องใช้ตู้ดูดควัน หน้ากากป้องกันสารพิษ หรือเครื่องมืออื่นๆ ในห้องปฏิบัติการที่ช่วยให้การทดลองมีความปลอดภัย ดังนั้นจึงสามารถทำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลในห้องใดก็ได้ ไม่จำเป็นต้องใช้ห้องทดลองโดยเฉพาะ

4. มีหลายการทดลองที่พบว่าไม่ปลอดภัยนักสำหรับครูและผู้เรียน แต่ถ้าปรับเป็นการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลสามารถทำได้ผลดี และมีความปลอดภัยมากขึ้น เช่น การทดลองการทำปฏิกิริยาระหว่างแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจน

นอกจากนี้ในงานวิจัยของวุฒ ยังได้เสนอข้อดีสำหรับครูในระดับมัธยมศึกษาที่จะนำการทดลองไมโครสเกลมาสอนในชั้นเรียนไว้ 3 ด้านใหญ่คือ

1. ด้านเศรษฐศาสตร์

เท่าที่ผ่านมาพบว่าในแต่ละโรงเรียน มีค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมีและค่าใช้จ่ายในเก็บสารเคมีรวมถึงการดูแลรักษาสารเคมีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นถ้าเป็นการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลซึ่งมีการใช้สารเคมีที่น้อยลง ปัญหาด้านการเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมี ห้องเก็บสารเคมีก็จะลดปริมาณลงด้วย

2. ด้านความปลอดภัย

การเกิดความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการมักเกิดจากการเก็บสารเคมีในชั้นเก็บสารหรือในห้องเก็บสารที่ไม่มีคุณภาพ การรั่วไหลของบรรจุภัณฑ์ของสารเคมีที่ผ่านการทดลองแล้วและรอการกำจัดรวมถึงการระเหยของสารต่างๆ ขณะทำปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นการทดลองไมโครสเกลที่มีการเตรียมสารในปริมาณน้อย เช่น การใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้นในการทดลอง 1 หยด แทนการใช้กรดจำนวน 5 หยด หรือการใช้สารละลาย 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แทนการใช้แบบเดิมคือ 50-100 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีส่วนช่วยแก้ปัญหาต่างๆ เหล่านี้ได้ เช่น ช่วยแก้ปัญหาด้านความปลอดภัยในการใช้ห้องปฏิบัติการและขณะทำการทดลองลดลงอย่างมาก ปัญหาในเรื่องการเก็บสารเคมีในห้องเก็บสารรวมถึงการเก็บสารที่ผ่านการทดลองแล้วก็ทำได้ง่ายขึ้น เนื่องจากการใช้ปริมาณในการทำการทดลองในแต่ละครั้งลดลง สารที่เหลือหลังจากการทดลองก็ลดลงตามไปด้วย รวมถึงสารเคมีที่เก็บไว้ในชั้นเก็บสารหรือในห้องเก็บสารก็ลดลงเช่นกัน โอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุหรือความไม่ปลอดภัยต่างๆ ต่อครู ผู้เรียน และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการก็จะลดลงตามไปด้วย

3. ด้านแหล่งความรู้

ประเทศสหรัฐอเมริกามีการพัฒนาการทดลองในระดับไมโครสเกลอย่างต่อเนื่อง (Russo. 1986) เพื่อให้ครูสามารถที่เลือกนำการทดลองเหล่านั้นมาประยุกต์ใช้กับการสอนในชั้นเรียนได้ ดังนั้นจากข้อมูลเบื้องต้นดังกล่าว ผู้สอนสามารถนำมาปรับการเรียนการสอนปฏิบัติการจากแบบเดิมมาเป็นการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลได้

จากผลการศึกษาของวูด ทำให้สรุปได้ว่าการนำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลมาใช้ในการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษา ส่งผลที่ดีต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอน รวมถึงช่วยแก้ปัญหาในด้านการจัดเก็บสารเคมี แก้ปัญหาในด้านปริมาณสารเหลือทิ้งหลังจากเสร็จ การทำการทดลองแล้ว มีผลต่อการใช้เวลาในการทดลองที่น้อยลงทำให้สามารถจัดการทดลองได้ จำนวนหลายการทดลองในการสอนแต่ละครั้ง และเป็นการช่วยให้ครูสามารถจัดกิจกรรมในการสอน วิชาเคมีที่สามารถให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงได้มากขึ้น

วูสเตอร์ (Wooster. 2007) ได้นำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลไปใช้กับนักเรียนใน ระดับมัธยมศึกษา พบว่าการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลมีข้อดีหลายด้าน จุดเด่นที่สุดคือ นักเรียนทุกคนมีโอกาสทำการทดลองได้ด้วยตนเองไม่จำเป็นต้องทำการทดลองเป็นกลุ่ม สามารถทำ การทดลองอย่างอิสระ ใช้ได้กับนักเรียนทุกระดับทั้งเด็กเก่งและเด็กอ่อน โดยวูสเตอร์ได้นำการทดลอง ด้วยเทคนิคไมโครสเกลจำนวนหลายการทดลองมาใช้กับนักเรียนเช่น การเตรียมสารประกอบ การ เตรียมแก๊ส การไทเทรต การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยา เป็นต้น พบว่านักเรียนรู้สึกสนุกสนานใน การทำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล เนื่องจากใช้เวลาในการทำการทดลองไม่นาน รวมเวลาที่ ใช้ประมาณ 20 นาทีต่อการทดลอง และทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆได้ง่าย ทำให้มีเวลาเหลือมาก ขึ้นในการอภิปรายผลการทดลองร่วมกันในชั้นเรียน

การพัฒนาการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลเป็นไปอย่างต่อเนื่อง มีการนำมามีการทดลอง ด้วยเทคนิคไมโครสเกลมาใช้ในวิชาเคมีหลายสาขาวิชา ทั้งเคมีอินทรีย์ เคมีอนินทรีย์ ชีวเคมี โดย ซาฟรานและคนอื่น ๆ (Szafran; Singh; & Pike. 1989: A263-A267) ได้ศึกษาการนำการทดลอง ด้วยเทคนิคไมโครสเกลมาใช้ในการห้องเรียนเคมีอนินทรีย์ (Inorganic laboratory) การทดลอง เคมีอนินทรีย์โดยทั่วไป มีค่าใช้จ่ายในเรื่องสารเคมีเป็นจำนวนมากเพราะราคาสารเคมีที่ใช้มีราคา ค่อนข้างสูง นอกจากนั้นสารเคมีหลังการทดลองมีความเป็นพิษต่อของสิ่งแวดล้อม เช่น สารตะกั่ว พรอท แคดเมียม และแบเรียม เป็นต้น ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายจำนวนมากในการทำจัดสารพิษที่ เหลือเหล่านี้หลังจากทำการทดลอง

ในตาราง 3 แสดงค่าใช้จ่ายในการทำจัดสารพิษบางชนิดที่ใช้ในการทดลองเคมีอนินทรีย์

ตาราง 3 ค่าใช้จ่ายในการกำจัดสารพิษ และวิธีการกำจัดสารพิษบางชนิดที่ใช้ในการทดลองเคมีอินทรีย์

ชนิดสารเคมี	ปริมาณการใช้ (กรัม/การทดลอง)	ค่าใช้จ่ายในการกำจัด ราคา/100 กรัม (USD)	วิธีการกำจัด
Antimony pentachloride	2.0	32.00	ทำปฏิกิริยากับน้ำ
Chromium (III) chloride	10.0	10.20	ฝังกลบ
Cobalt (II) nitrate	15.0	16.30	ฝังกลบ
Copper (II) chloride	13.0	3.00	ฝังกลบ
Iodine	7.5	19.70	ฝังกลบ
Iron pentachloride	15.0	30.00	ทำปฏิกิริยากับน้ำ
Mercuric iodide	10.0	21.60	ฝังกลบ
Phosphorus pentachloride	2.2	13.40	ฝังกลบ
Silver nitrate	5.0	79.50	ฝังกลบ

ที่มา: Zvi Szafran.;et al. (1989). Journal of Chemical Education. 66(11): A263-267.

จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายในการกำจัดสารเคมีแต่ละชนิดเป็นจำนวนเงินค่อนข้างสูงและจำเป็นต้องกำจัดให้ถูกวิธี เพราะสารเคมีที่ใช้ในการทดลองโดยเฉพาะการทดลองเคมีอินทรีย์มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ เพราะการได้รับเข้าสู่ร่างกายในปริมาณเพียงเล็กน้อยอาจส่งผลให้เกิดอาการเจ็บป่วยรุนแรงขึ้นได้ นอกจากค่าใช้จ่ายในการกำจัดสารเคมีหลังใช้ในการทำการทดลองแล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการประกันการสูญเสียหรือค่าทดแทน ค่ารักษาพยาบาลอันเกิดจากการได้รับอันตรายจากสารพิษตามที่กฎหมายกำหนดไว้ด้วย ซึ่งจากข้อมูลที่แสดงดังตาราง 4 พบว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากสารพิษทั้งในด้านการชดเชย การรักษาอาการบาดเจ็บ หรือการสูญเสียทรัพย์สินเป็นจำนวนเงินที่ตั้งประกันความสูญเสียไว้ค่อนข้างสูง

ตาราง 4 วงเงินการประกันการสูญเสียอันเกิดจากสารพิษ

การคุ้มครอง	จำนวนเงินประกันสูงสุด
การชดเชย ให้กับคนงาน	โดยชอบด้วยกฎหมาย
การบาดเจ็บ อาการเจ็บป่วย	5,000,000 ดอลลาร์สหรัฐ
การสูญเสียทรัพย์สิน	5,000,000 ดอลลาร์สหรัฐ

ที่มา: Zvi Szafran.;et al. (1989). Journal of Chemical Education. 66(11): A263-267.

นอกจากนั้น ในการสังเคราะห์สารเคมีมาใช้ในการทดลองแต่ละครั้ง ถ้าใช้ปริมาณสารตั้งต้นในระดับมาตรฐานตามวิธีการที่ใช้กันทั่วไป จะได้ปริมาณสารผลิตภัณฑ์มากเกินไปที่ต้องการนำมาใช้จริง และพบว่าปริมาณการเตรียมสารกับการใช้งานไม่สัมพันธ์กัน ทำให้มีปริมาณร้อยละในการกำจัดมากขึ้นด้วย

จากการศึกษาผลดีของการนำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลมาใช้แทนการทดลองในวิชาเคมีอินทรีย์ในระดับมาตรฐานทั่วไป สรุปได้ดังนี้คือ

1. มีผลต่อการลดลงของปริมาณสารพิษที่อาจจะกระจายสู่สิ่งแวดล้อม
2. มีความปลอดภัยในการทำการทดลองมากขึ้น เนื่องมีการใช้สารเคมีในปริมาณที่น้อยมาก เห็นผลชัดเจนขณะทำการทดลองคือปริมาณสารระเหยที่มีผลต่อสุขภาพ และมีผลต่อคุณภาพอากาศลดน้อยลง
3. สามารถใช้สารเคมีที่หลากหลายชนิดมากขึ้น เนื่องจากสารเคมีบางชนิดมีราคาแพงมาก แต่สามารถเห็นผลการทดลองได้ดี ทำให้บางครั้งต้องหลีกเลี่ยงการใช้เนื่องจากมีราคาสูง ดังนั้นการปรับมาใช้สารเคมีที่น้อยลง ทำให้สามารถเลือกใช้สารเคมีที่มีราคาแพงมาใช้ได้เพราะใช้ค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมีน้อยลง
4. มีประสิทธิภาพในการทดลอง การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลหลายการทดลองได้ผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป เช่น การทำโครมาโทกราฟี การตกผลึกสาร การกลั่น การระเหิด การกรอง เป็นต้น

นอกจากมีการพัฒนาวิธีการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลในหลายสาขาของวิชาเคมีแล้ว การพัฒนาไมโครสเกลที่ควบคู่กันไปคือการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ ในงานวิจัยของเอ็กเกนและวิททินเกน (Eggen; & Kvittingen. 2004) เป็นงานวิจัยที่พัฒนาเครื่องมือในระดับไมโครสเกลเพื่อนำมาใช้ในชั้นเรียน เป็นการสร้างเครื่องมือสำหรับใช้แยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า (Water electrolysis) เครื่องมือดังกล่าวนำมาใช้สอนในหัวข้อปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชันสำหรับนักเรียนในระดับมัธยมปลาย เป็นเครื่องมือที่ใช้งานง่ายและราคาถูก นักเรียนทุกคนในชั้นเรียนสามารถทำการทดลองได้และสังเกตผลการทดลองได้อย่างชัดเจน โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง

โดยสรุปการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลสามารถนำมาใช้กับการเรียนการสอนในวิชาเคมีได้ดีทั้งในระดับมัธยมศึกษา และระดับอุดมศึกษา และมีข้อดีในหลายด้านทั้งด้านเวลาที่ใช้ในการทดลองลดลงทำให้ผู้สอนสามารถจัดการเรียนการสอนโดยใช้การทดลองได้มากขึ้น ด้านความปลอดภัยในการทำการทดลอง ค่าใช้จ่ายที่ลดลงในการซื้อสารเคมีรวมถึงค่าใช้จ่ายที่ลดลงในการกำจัดสารพิษ และที่สำคัญที่สุดคือผู้เรียนทุกคนในชั้นเรียนมีโอกาสดำเนินการทดลอง ส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ดีพอๆ กับการทดลองในระดับมาตรฐานทั่วไป ดังนั้นถ้าสามารถจัดการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลให้กับผู้เรียนได้ ก็จะมีผลดีในหลายด้านรวมถึงทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถสอนให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์และช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาบทปฏิบัติการเคมีโดยใช้เทคนิคการทดลองแบบไมโครสเกล จำนวน 7 ปฏิบัติการ บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นนั้นผู้วิจัยทำขึ้นมาใหม่และปรับปรุงจากบทปฏิบัติการไมโครสเกลที่มีอยู่แล้ว โดยปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

5. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (Certificate of Technical Education)

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เป็นหลักสูตรที่สร้างขึ้นโดยวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้รับการเห็นชอบในการใช้หลักสูตรนี้โดยทบวงมหาวิทยาลัย (ปัจจุบันคือสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา) และได้มีการแก้ไขหลักสูตรในปี 2544 เพื่อให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 โดยวัตถุประสงค์ของหลักสูตร คือเพื่อผลิตนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ให้มีความรู้พื้นฐานทางด้านช่าง วิศวกรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อประโยชน์ในการประกอบอาชีพและการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หลักสูตรนี้ใช้เวลาการศึกษา 3 ปีการศึกษา แบ่งออกเป็นระดับ ปวช. ชั้นปีที่ 1 ปวช. ชั้นปีที่ 2 และ ปวช. ชั้นปีที่ 3

5.1 โครงสร้างหลักสูตร

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประกอบไปด้วย 3 สาขา คือ สาขาเครื่องกล สาขาโยธา และสาขาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โครงสร้างหลักสูตรประกอบด้วย 1) หมวดวิชาศึกษาทั่วไป 67 หน่วยกิต แบ่งเป็น 5 กลุ่มวิชา คือ กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มวิชาภาษา กลุ่มวิชาสังคมศาสตร์ และกลุ่มวิชาพลศึกษา 2) หมวดวิชาเฉพาะ 60 หน่วยกิต แบ่งเป็น 3 กลุ่มวิชา คือ กลุ่มวิชาทฤษฎี กลุ่มวิชาปฏิบัติงาน และกลุ่มวิชางานประลอง มีรายละเอียดดังนี้

จำนวนหน่วยกิต รวมตลอดหลักสูตร 127 หน่วยกิต โครงสร้างหลักสูตรมีดังนี้

- หมวดวิชาศึกษาทั่วไป	67	หน่วยกิต
ก. กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์	24	หน่วยกิต
ข. กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์	18	หน่วยกิต
ค. กลุ่มวิชาภาษา	18	หน่วยกิต
ง. กลุ่มวิชาสังคมศาสตร์	6	หน่วยกิต
จ. กลุ่มวิชาพลศึกษา	1	หน่วยกิต
- หมวดวิชาเฉพาะ	60	หน่วยกิต
ก. กลุ่มวิชาทฤษฎี	24	หน่วยกิต
ข. กลุ่มวิชาปฏิบัติงาน	24	หน่วยกิต
ค. กลุ่มวิชางานประลอง	12	หน่วยกิต

5.2 กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์

กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์มี 2 รายวิชาคือฟิสิกส์และวิชาเคมี วิชาเคมีจัดการสอนรวม 6 รายวิชา คือเคมี 1 - เคมี 6 นักศึกษาต้องลงเรียนภาคการศึกษาละ 1 รายวิชา มีรายละเอียดเนื้อหาวิชาดังนี้

392151 เคมี 1

สารและการเปลี่ยนแปลง สารและสมบัติของสาร สารบริสุทธิ์กับสารละลาย ธาตุและสารประกอบ สารละลาย คอลลอยด์ สารแขวนลอย การแยกสาร การเปลี่ยนพลังงานของระบบ โครงสร้างอะตอม อนุภาคมูลฐานของอะตอม เลขอะตอม เลขมวล และไอโซโทป สเปกตรัม เส้นสเปกตรัมของธาตุและการแปลความหมาย พลังงานไอออไนเซชัน การจัดอิเล็กตรอนในอะตอม

ปริมาณสารสัมพันธ์ 1 ระบบปิดและระบบเปิด กฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่ มวลอะตอม มวลโมเลกุล โมล สูตรเคมีและสมการเคมี การคำนวณเกี่ยวกับสูตรและสมการเคมี การหาสูตรเอมพิริคัลและสูตรโมเลกุล การคำนวณหามวลเป็นร้อยละจากสูตร ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารในสมการเคมี

392152 เคมี 2

แก๊ส ของเหลว ของแข็ง สมบัติของแก๊ส กฎของแก๊ส กฎของอาโวกาโดร การแพร่ของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส สมบัติของของเหลว การระเหย ความดันไอของของเหลว จุดเดือดของของเหลว สมบัติของของแข็ง การจัดเรียงอนุภาคในของแข็ง การเปลี่ยนสถานะของของแข็ง

ตารางธาตุ สมบัติของธาตุในตารางธาตุ สารประกอบคลอไรด์และสารประกอบออกไซด์ สมบัติของสารประกอบคลอไรด์ สารประกอบคลอไรด์ในชีวิตประจำวัน สมบัติของสารประกอบออกไซด์ สารประกอบออกไซด์ในชีวิตประจำวัน แก๊สเฉื่อยหรือแก๊สมีตระกูล การจัดธาตุเป็นหมวดหมู่ของนักเคมียุคต่างๆ ตารางธาตุในปัจจุบัน

ปริมาณสารสัมพันธ์ 2 สารละลาย ความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลาย สมบัติคอลลิเกทีฟของสารละลาย จุดเดือดของสารละลายที่สูงกว่า จุดเยือกแข็งของสารละลายที่ต่ำกว่า ปริมาณสารสัมพันธ์ของแก๊ส การหาสูตรโมเลกุลของแก๊สจากปฏิกิริยาเคมี

392153 เคมี 3

พันธะเคมี แรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุล การสลายพันธะ พันธะโคเวเลนต์ การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์ พันธะไอออนิก การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก การละลายของสารประกอบไอออนิก ความสำคัญของไอออนต่อสิ่งมีชีวิต โครงสร้างโมเลกุลโคเวเลนต์ พันธะโคเวเลนต์ พันธะโคเวเลนต์กับโครงผลึก่างตาข่าย โมเลกุลโคเวเลนต์มีขั้วและไม่มีขั้ว พันธะไฮโดรเจน

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ความเข้มข้นของสาร อุณหภูมิ ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมี พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา

392154 เคมี 4

สมดุลเคมี การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้ ภาวะสมดุล สมดุลในปฏิกิริยาเคมี ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารต่างๆ ณ ภาวะสมดุล ค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี การคำนวณเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุล การเปลี่ยนภาวะสมดุล หลักของเลอชาเตอลิเอ การใช้หลักของเลอ-ชาเตอลิเอในอุตสาหกรรม

กรด-เบส สารละลายอิเล็กโทรไลต์ ไอออนในสารละลายเบส ทฤษฎีกรด-เบส การแตกตัวของกรดและเบส การแตกตัวของกรดแก่และเบสแก่ การแตกตัวของกรดอ่อน การแตกตัวของเบสอ่อน การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ pH ของสารละลาย สารละลายกรดเบสในชีวิตประจำวันและในสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยากรด-เบส ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส ปฏิกิริยาของกรดหรือเบสกับสารบางชนิด ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส การไทเทรตกรด-เบส อินดิเคเตอร์กับการไทเทรตกรด-เบส การหาปริมาณของสารด้วยการไทเทรต สารละลายบัฟเฟอร์

392155 เคมี 5

ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี ปฏิกิริยารีดอกซ์ การดุลสมการรีดอกซ์ เซลล์ไฟฟ้าเคมี เซลล์กัลวานิก ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ ประเภทของเซลล์กัลวานิก เซลล์อิเล็กโทรไลต์ ประโยชน์ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ การฟูก่อนของโลหะและการป้องกัน ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้าเคมี การทำอิเล็กโทรไดอะลิซิสน้ำทะเล เซลล์เชื้อเพลิงและแบตเตอรี่อิเล็กโทรไลต์แข็ง

สมบัติของธาตุตามตารางธาตุ สมบัติของธาตุตามหมู่และคาบ ขนาดอะตอม พลังงานไอออไนเซชัน ค่าสภาพไฟฟ้าลบ จุดหลอมเหลวและจุดเดือด เลขออกซิเดชัน สมบัติของสารประกอบของธาตุตามคาบ สมบัติของธาตุและสารประกอบของธาตุตามหมู่ ปฏิกิริยาของธาตุหมู่ IA และ IIA ปฏิกิริยาของธาตุหมู่ VIIA ตำแหน่งของธาตุไฮโดรเจนในตารางธาตุ ธาตุแทรนซิชัน ธาตุกัมมันตภาพรังสี การเกิดกัมมันตรังสี การสลายตัวและครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสี ปฏิกิริยาฟิชชันและปฏิกิริยาฟิวชัน เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารกัมมันตภาพรังสี การทำนายตำแหน่งและสมบัติของธาตุในตารางธาตุ

392156 เคมี 6

สารประกอบคาร์บอน สูตรโครงสร้างของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน การเกิดไอโซเมอร์ ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน สารประกอบคาร์บอนซึ่งมีหมู่อะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะ ได้แก่ แอลกอฮอล์ กรดอินทรีย์ เอสเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน เอไมด์ สารชีวโมเลกุลไขมันและน้ำมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต

เคมีอุตสาหกรรม ปิโตรเลียม การกลั่นน้ำมัน การแยกแก๊สธรรมชาติ ปิโตรเคมีภัณฑ์ พอลิเมอร์ พลาสติก เส้นใย ยาง อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตโซเดียมคลอไรด์ การผลิตโซเดียมไฮดรอกไซด์และแก๊สคลอรีน อุตสาหกรรมปุ๋ย

เคมีสิ่งแวดล้อม สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของน้ำ มลพิษทางน้ำ ค่า BOD COD ค่า pH การบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ ทางเคมี ทางชีววิทยา มลพิษทางอากาศ ชนิดของแก๊สพิษต่างๆ การกำจัดแก๊สพิษต่างๆ การควบคุมฝุ่นละออง มลพิษทางดิน สาเหตุของมลพิษทางดิน การใช้สารฆ่าแมลงและปุ๋ยเคมี การอนุรักษ์ดิน

5.3 การเปรียบเทียบหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพกับหลักสูตรการศึกษาระดับพื้นฐาน

หลักสูตรการศึกษาระดับพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เป็นหลักสูตรแกนกลางของประเทศ ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีชีวิตที่ดี มีขีดความสามารถในการแข่งขัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพิ่มศักยภาพของผู้เรียนให้สูงขึ้น โดยสถานศึกษาต้องนำสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดในหลักสูตรไปจัดทำหลักสูตรสถานศึกษา โดยกำหนดโครงสร้างของหลักสูตรการศึกษาระดับพื้นฐานไว้ดังนี้ (กรมวิชาการ, 2544: 5-7)

1. ระดับช่วงชั้น

กำหนดหลักสูตรเป็น 4 ช่วงชั้น ตามระดับพัฒนาการของผู้เรียนดังนี้

ช่วงชั้นที่ 1 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - 3

ช่วงชั้นที่ 2 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 - 6

ช่วงชั้นที่ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 3

ช่วงชั้นที่ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6

2. สาระการเรียนรู้

กำหนดสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรซึ่งประกอบด้วยองค์ความรู้ ทักษะหรือกระบวนการเรียนรู้ และคุณลักษณะหรือค่านิยม คุณธรรมจริยธรรมของผู้เรียนเป็น 8 กลุ่ม ดังนี้

2.1 ภาษาไทย

2.2 คณิตศาสตร์

2.3 วิทยาศาสตร์

2.4 สังคมศึกษา ศาสนา วัฒนธรรม

2.5 สุขศึกษาและพลศึกษา

2.6 ศิลปะ

2.7 การงานอาชีพและเทคโนโลยี

2.8 ภาษาต่างประเทศ

สาระทั้ง 8 กลุ่ม เป็นพื้นฐานสำคัญที่ผู้เรียนทุกคนต้องเรียนรู้ โดยอาจจัดเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย ภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรมเป็นสาระการเรียนรู้ที่สถานศึกษาต้องใช้เป็นหลักในการจัดการเรียนการสอนเพื่อสร้างพื้นฐานการคิดและเป็นกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาและวิกฤตของชาติ กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย สุขศึกษา และพลศึกษา ศิลปะ การงานอาชีพและเทคโนโลยีและภาษาต่างประเทศ เป็นสาระการเรียนรู้ที่เสริมสร้างพื้นฐานความเป็นมนุษย์และสร้างศักยภาพในการคิดและการทำงานอย่างสร้างสรรค์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดสาระการเรียนรู้ในแต่ละกลุ่มไว้เฉพาะส่วนที่จำเป็นในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนทุกคนเท่านั้น สำหรับส่วนที่ตอบสนองความสามารถความถนัดและความสนใจของผู้เรียนแต่ละคนนั้นสถานศึกษาสามารถกำหนดเพิ่มขึ้นได้ให้สอดคล้องและสนองตอบศักยภาพของผู้เรียนแต่ละคน

3. มาตรฐานการเรียนรู้

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ 8 กลุ่ม ที่เป็นข้อกำหนดคุณภาพผู้เรียนด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการ คุณธรรมจริยธรรมและ ค่านิยมของแต่ละกลุ่ม เพื่อใช้เป็นจุดมุ่งหมายในการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะที่พึงประสงค์

มาตรฐานการเรียนรู้ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดไว้เฉพาะมาตรฐานการเรียนรู้ที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนทุกคนเท่านั้น สำหรับมาตรฐานการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับปัญหาในชุมชนและสังคม ภูมิปัญญาท้องถิ่น คุณลักษณะอันพึงประสงค์เพื่อเป็นสมาชิกที่ดีของครอบครัว ชุมชน สังคม และประเทศชาติ ตลอดจนมาตรฐานการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจของผู้เรียน ให้สถานศึกษาพัฒนาเพิ่มเติมได้

คณาจารย์ผู้สอนในกลุ่มวิชาเคมีของภาควิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เป็นหน่วยงานที่มีภาระงานจัดการเรียนการสอนในหมวด วิชาศึกษาทั่วไปให้กับนักศึกษา ป.วช. ได้จัดประชุมสัมมนาเพื่อศึกษาความสอดคล้องของหลักสูตร เตรียมวิศวกรรมกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2546 (ภาควิชา วิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม. 2546) จากการศึกษาสรุปว่าเนื้อหาวิชาเคมีทั้ง 6 รายวิชา สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในช่วงชั้นที่ 4 ตรงตามสาระที่ 3 เรื่องสารและสมบัติ ของสาร และเป็นไปตามมาตรฐานการเรียนรู้ ว 3.1 , มาตรฐานการเรียนรู้ ว 3.2 มีรายละเอียด ของมาตรฐานการเรียนรู้ดังนี้

สาระที่ 3 เรื่องสารและสมบัติสาร

มาตรฐานการเรียนรู้ ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับ โครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และการนำความรู้ไปใช้

6. การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

การวัดและการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน วิธีการหนึ่งที่นิยมใช้กันคือการสร้างแบบทดสอบโดยนอกจากจะเขียนคำถามด้านความรู้ความจำแล้ว ยังสามารถเขียนคำถามสำหรับวัดสมรรถภาพทางสมองด้านอื่นๆ ได้ แผนผังการวัดสมรรถภาพทางสมองนั้นสามารถเรียงลำดับความสำคัญ เริ่มจากคุณภาพขั้นต่ำสุดไปหาคุณภาพขั้นสูงสุดได้ดังนี้ (ชวาล แพรัตกุล. 2518)

1. ด้านความรู้ความจำ เป็นการระลึกได้ของเรื่องราวต่างๆ ที่ผู้เรียนเคยมีประสบการณ์มาแล้ว อาจเป็นเรื่องราวที่ได้รับจากการอบรมสั่งสอนจากโรงเรียน จากที่บ้าน จากสิ่งแวดล้อมหรือจากตัวผู้เรียนเอง ซึ่งความรู้นี้ยังครอบคลุมถึงการนึกออกของเนื้อเรื่องต่างๆ ทั้งที่ปรากฏอยู่ในเนื้อหาวิชาโดยตรงและเกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชานั้นๆ คำถามประเภทการวัดความจำ จะถามภายในขอบเขตของเรื่องราวและหลักวิชาตามที่คุณเรียนเคยประสบมาก่อนแล้ว

2. ด้านความเข้าใจ มีวัตถุประสงค์ที่จะวัดว่าผู้เรียนสามารถจับใจความสำคัญในการเรียนการสอนได้หรือไม่ ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่มีอยู่แล้วไปแก้ปัญหาใหม่ที่คล้ายคลึงกับของเดิมได้หรือไม่ คำถามประเภทความเข้าใจจึงต้องเป็นข้อความใหม่ๆ ที่ครูกำหนดสถานการณ์หรือถ้อยคำให้แตกต่างจากที่คุณเรียนเคยรู้เคยเห็นมาแล้ว

3. ด้านการนำไปใช้ เป็นการมุ่งที่จะวัดผลของการศึกษาว่าผู้เรียนสามารถนำความรู้และเรื่องราวที่เรียนไปแล้วไปใช้ในสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลองที่คล้ายคลึงกันได้หรือไม่ คือเรียนรู้เรื่องใดแล้วจะสามารถนำหลักการ กฎเกณฑ์ และวิธีดำเนินการต่างๆ ของเรื่องนั้นไปแก้ปัญหาในทำนองเดียวกันนั้นได้หรือไม่

4. ด้านการวิเคราะห์ สมรรถภาพด้านการวิเคราะห์หมายถึงความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวที่สมบูรณ์ ให้กระจายออกมาเป็นส่วนย่อยๆ คำถามด้านการวิเคราะห์มีความมุ่งหมายที่จะฝึกว่าผู้เรียนสามารถแยกเรื่องราวหรือแยกเหตุการณ์ ผลลัพธ์ ผลรวมของปรากฏการณ์ใดๆ ความสามารถในการวิเคราะห์จะช่วยให้ผู้เรียนทราบว่าแต่ละเรื่องราวนั้นๆ มีความสำคัญอยู่ตรงไหนส่วนย่อยๆ เหล่านั้นสัมพันธ์เกี่ยวโยงกันอย่างไร และในที่สุดจะพบว่าส่วนย่อยๆ เหล่านั้นสามารถเชื่อมโยงเป็นเรื่องราวที่สมบูรณ์โดยยึดหลักการหรือทฤษฎีใด ดังนั้นโจทย์คำถามด้านการวิเคราะห์จะเน้นถามให้ผู้เรียนมองทะลุลงไปถึงธาตุแท้หรือต้นกำเนิดของเรื่องนั้นๆ สมรรถภาพของสมองในการวิเคราะห์อยู่กึ่งกลางระหว่างความเข้าใจและการประเมินค่า

5. ด้านการสังเคราะห์ โจทย์คำถามด้านการสังเคราะห์จะตรงกันข้ามกับการวิเคราะห์ เป็นคำถามเพื่อให้ผู้เรียนผสมส่วนย่อยๆ ให้เป็นเรื่องราวเดียวกัน เป็นการวัดว่าผู้เรียนสามารถนำเอาหน่วยความรู้ความจำมาร้อยกรองจัดระเบียบใหม่ให้เป็นโครงสร้างที่แปลกกว่าเดิม กระฉับกระเฉงกว่าเดิมและมีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิมได้หรือไม่ ดังนั้นผู้ที่สังเคราะห์ได้ต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถทั้งความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์มาแล้วก่อนเป็นอย่างดี จึงจะสังเคราะห์ได้

6. ด้านการประเมินค่า เป็นการวินิจฉัยตีราคาโดยสรุปอย่างมีหลักเกณฑ์ สิ่งที่ตีราคา อาจจะเป็นวัตถุสิ่งของหรือเป็นผลงานต่างๆที่เป็นรูปธรรม หรือเป็นความคิดเห็นที่เป็นนามธรรมก็ได้ ในการประเมินค่าแบบวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องใช้เกณฑ์ (Criteria) หรือมาตรฐาน (Standard) ไปประกอบการวินิจฉัยด้วยเสมอว่าสิ่งนั้นเรื่องนั้นมีประสิทธิภาพเพียงใด หรือมีคุณค่าอย่างไร ก่อนที่จะประเมินค่าผู้ประเมินต้องตั้งเกณฑ์หรือกำหนดมาตรฐานก่อน และการกำหนดเกณฑ์ไม่ใช่ของง่าย ดังนั้นครูควรเป็นผู้กำหนดเกณฑ์ขึ้นแล้วให้ผู้เรียนนำไปใช้

ตามแนวคิดของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542: 46-49) ได้ให้คำนิยามว่า ผลการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ หมายถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย อันเป็นผลมาจากการใช้สมองรับรู้และ ขบคิดตามเนื้อหา ซึ่งประกอบด้วย

1. ความรู้ความจำ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้ เกี่ยวกับข้อเท็จจริงข้อตกลง นิยามศัพท์ หลักการ กฎ ทฤษฎี หรือแนวคิดที่สำคัญทางด้าน วิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้

- 1.1 ความรู้เกี่ยวกับความจริงเฉพาะอย่าง (Specific facts)
- 1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยามทางวิทยาศาสตร์ (Scientific terminologies)
- 1.3 ความรู้เกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ (Concepts of science)
- 1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง (Conventions)
- 1.5 ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับขั้น (Trends and sequences)
- 1.6 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนก การจัดประเภท และเกณฑ์ (Classifications, categories and criteria)
- 1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีดำเนินการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific techniques and procedures)
- 1.8 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์ (Scientific principles and laws)
- 1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีต่างๆ หรือแนวคิดที่สำคัญ (Theories or major conceptual schemes)

2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความ สร้างข้อสรุป ขยายความ หรือจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏความรู้ใหม่ และความสามารถ ในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังสัญลักษณ์หนึ่ง ซึ่งเป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่ง กว่าความรู้ความจำ โดยจำแนกได้ดังนี้

- 2.1 ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ (Identification of knowledge in a new context)
- 2.2 ความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่สัญลักษณ์หนึ่ง (Translation of knowledge from one symbolic to another)

3. กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Process of scientific inquiry) ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยดังนี้

3.1 การสังเกตและการวัด (Observing and measuring)

3.2 การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา (Seeing a problem and seeking ways to solve it)

3.3 การแปลความหมายข้อมูลและการสรุป (Interpreting data and formulating generalizations)

3.4 การสร้าง ทดสอบ และการปรับปรุงแบบจำลองหรือทฤษฎีต่างๆ (Building, testing and revising a theoretical model)

4. การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application of scientific knowledge and skills) หมายถึงความสามารถในการผานความรู้และนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา การนำความรู้ไปใช้ได้นั้นจำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจอย่างดีก่อน

การสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในงานวิจัยนี้สร้างแบบทดสอบเพื่อวัดผลการเรียนรู้รวม 4 ด้าน ตามแนวคิดของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ คือด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ควรมีการวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อประโยชน์ในการประเมินผล โดยพิจารณาจากคะแนนรวมแต่ละหัวข้อ ทำให้ทราบว่าหัวข้อใดควรวัดผลเป็นอัตราส่วนเท่าไร วัดผลเน้นหนักพฤติกรรมใดบ้าง และออกข้อสอบได้สอดคล้องตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร เมื่อสอนตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรแล้วการวัดผลก็เป็นไปตามจุดมุ่งหมายและเนื้อหาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร ทำให้การประเมินผลถูกต้องมากขึ้น วิธีการวิเคราะห์หลักสูตรควรดำเนินการเป็นขั้นตอนดังนี้ (สุนันท์ ศลโกสมุ. 2525: 43-49)

1. วิเคราะห์จุดมุ่งหมายของหลักสูตร คือการเปลี่ยนข้อความของจุดมุ่งหมายให้เป็นรูปของพฤติกรรม พฤติกรรมหมายถึงสิ่งที่ต้องการให้เกิดในตัวผู้เรียน พฤติกรรมเหล่านี้ต้องมีการแสดงออกซึ่งสามารถวัดได้และประเมินค่าเป็นตัวเลขหรือกำหนดสัญลักษณ์ที่แทนคุณลักษณะได้

2. พิจารณาเนื้อหาในหลักสูตร เนื้อหาที่ต้องทำการสอนจะปรากฏอยู่แล้วในหลักสูตร ให้พิจารณาเป็นตอนๆ ที่เหมาะสม ถ้าเป็นเรื่องที่คล้ายคลึงกันหรือมีเนื้อหาเข้ากันได้ให้รวมไว้เป็นตอนเดียวกัน ถ้าจะแยกเนื้อหาออกเป็น 2 ตอน ควรพิจารณาว่าเมื่อแยกเนื้อหานั้นสามารถขาดตอนออกจากกันได้ การแบ่งเนื้อหาออกเป็นหัวข้อต้องพิจารณาว่าควรใช้เวลาในการสอนไม่ต่างกันมากนัก

3. การพิจารณาน้ำหนัก เมื่อได้วิเคราะห์ความมุ่งหมายของหลักสูตรเป็นพฤติกรรม และแบ่งขั้นตอนของเนื้อหาแล้ว ให้เขียนลงบนแบบฟอร์มตารางวิเคราะห์หลักสูตร ดังตาราง 5

ตาราง 5 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์หลักสูตร

ตารางวิเคราะห์หลักสูตร..... ชั้น

เนื้อหา	พฤติกรรม					รวม	อันดับความสำคัญ
รวม							
อันดับความสำคัญ							

ลำดับพฤติกรรมควรเรียงจากพฤติกรรมง่ายไปหาพฤติกรรมยาก และจะเป็นก็พฤติกรรมก็ได้แต่ต้องให้ครบตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ส่วนเนื้อหาให้เรียงจากเนื้อหาในหัวข้อที่ 1 จนถึงสุดท้าย แต่ละช่องของพฤติกรรมมีคะแนนเต็ม 10 วิธีการพิจารณาให้คะแนนถ้าต้องการสอนให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมใดมากที่สุดจากพฤติกรรมที่กำหนดไว้ ก็ให้คะแนนในช่องนั้นมากที่สุด

การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการวัดผลประเมินผลด้วยข้อสอบเท่านั้น แต่การวัดและประเมินผลทางด้านทักษะปฏิบัติการมีความสำคัญมากพอๆ กัน การประเมินผลด้านทักษะปฏิบัติการวิชาวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525: 211-217)

1. ส่วนที่ผู้สอนสังเกตได้โดยตรงในขณะที่ผู้เรียนเข้าทำปฏิบัติการ ได้แก่ ทักษะปฏิบัติการ การหยิบจับวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ การเลือกและใช้เครื่องมือในการทดลอง

2. ส่วนที่เป็นงานที่มอบหมายซึ่งรวมทั้งการบันทึกผลการปฏิบัติการ ได้แก่ วิธีบันทึกผลการทดลอง การใช้ผลการทดลองในการแปลความหมายเพื่อหาข้อสรุป

นอกจากนี้การประเมินในส่วนของทักษะปฏิบัติ สามารถใช้วิธีการสังเกตจากพฤติกรรม การแสดงออกของผู้เรียนที่มีการพัฒนาอย่างเป็นขั้นตอน ดังตาราง 6

ตาราง 6 ขั้นตอนการสังเกตพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียน

ทักษะปฏิบัติ	พฤติกรรมแสดงออก
1. การรับรู้	1. ใช้ประสาทสัมผัสเพื่อรับรู้เรื่องราวต่างๆ
2. เตรียมความพร้อม	2. มีความพร้อมในการลงมือปฏิบัติ มีการวางแผนการปฏิบัติ
3. การตอบสนอง	3. ลงมือปฏิบัติตามคำแนะนำหรือตามที่วางแผนไว้
4. การฝึกฝน	4. ฝึกฝนทักษะเพื่อเพิ่มความชำนาญ
5. ปฏิบัติจนได้	5. ฝึกฝนจนทำได้โดยอัตโนมัติ
6. การเชื่อมโยงทักษะ	6. ประยุกต์หรือใช้ทักษะที่ฝึกฝนไว้ร่วมกับทักษะอื่น

ที่มา: สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). คู่มือวัดและประเมินผล วิทยาศาสตร์. หน้า 12.

นอกจากนี้การวัดและประเมินผลพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนนั้น สามารถใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพมาประกอบการอธิบายผล วิธีเก็บข้อมูลที่นิยมใช้คือ (สุภางค์ จันทวานิช: 2546: 44-78)

1. การสังเกต หมายถึงการเฝ้าดูสิ่งที่เกิดขึ้นหรือปรากฏขึ้นอย่างเอาใจใส่และกำหนดไว้อย่างมีระเบียบวิธีเพื่อวิเคราะห์หรือหาความสัมพันธ์ของสิ่งที่เกิดขึ้นนั้นกับสิ่งอื่น การสังเกตในงานวิจัยเชิงคุณภาพมี 2 แบบ คือ การสังเกตแบบมีส่วนร่วม เป็นการสังเกตชนิดที่ผู้สังเกตเข้าไปใช้ชีวิตร่วมกับกลุ่มที่ถูกศึกษา การสังเกตแบบนี้ใช้กันมากในการศึกษาสังคมเล็กๆ หรือชุมชน ส่วนอีกรูปแบบของการสังเกตคือการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม เป็นลักษณะที่ผู้วิจัยเฝ้าสังเกตอยู่ วงนอก เช่น การสังเกตการเรียนการสอน การดูแลผู้ป่วย เป็นต้น

2. การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการศึกษาค้นคว้าที่ใช้กันทั่วไปในแขนงวิชาสังคมศาสตร์เป็นรูปแบบของปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ถามและผู้ตอบภายในกฎเกณฑ์ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูล ลักษณะสำคัญของการสัมภาษณ์คือ มีความยืดหยุ่น ผู้สัมภาษณ์มีโอกาสอธิบายขยายความหรือซักถามเพิ่มเติม และขณะสัมภาษณ์สามารถสังเกตพฤติกรรมต่างๆ ของผู้ตอบได้ การสัมภาษณ์มีหลายประเภทเช่น การสัมภาษณ์อย่างเป็นทางการมีลักษณะคล้ายเป็นการใช้แบบสอบถาม คำถามต่างๆ ถูกกำหนดเป็นแบบสัมภาษณ์ไว้ล่วงหน้า ส่วนการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างหรือไม่เป็นทางการ การตั้งคำถามมักจะเตรียมแนวคำถามกว้างๆ มาล่วงหน้า

3. การใช้อุปกรณ์ภาคสนามเช่นเครื่องบันทึกเสียง กล้องถ่ายรูป กล้องถ่ายภาพยนตร์ เทปบันทึกภาพ เป็นต้น เพื่อช่วยให้การสังเกตเป็นไปอย่างทั่วถึงและสามารถย้อนกลับมาพิจารณาพฤติกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นของผู้เรียนจากอุปกรณ์ต่างๆเหล่านั้น นำมาบรรยายเป็นข้อมูลคุณภาพได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

การประเมินผลพฤติกรรมในการเรียนของผู้เรียนในงานวิจัยนี้ ใช้แบบสังเกตที่มีโครงสร้างชัดเจน ให้คะแนนตามระดับปฏิบัติของพฤติกรรมที่แสดงออก (Rating scale) และเป็นการสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม

7. แนวคิดเรื่องทักษะการคิด

7.1 ความสำคัญของการคิด

ความคิดมีความสำคัญต่อบุคคลและสังคมเป็นอย่างยิ่ง ความสามารถในการคิดทำให้มนุษย์แก้ปัญหาให้ตนเองได้ สามารถสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น การคิดเป็นตัวกำหนดสิ่งที่เรารู้ ความรู้ที่ได้จากการคิดจะกำหนดความเป็นตัวเรา เราคิดอย่างไร เราทำอะไร ซึ่งทำให้เราแสดงออกทั้งคำพูดและการกระทำการแสดงออกกับปฏิกิริยาต่างๆ การคิดเป็นพื้นฐานของสติปัญญาและความเข้าใจซึ่งจะช่วยให้เราสามารถปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่เดิมให้ดีขึ้น และหากสามารถทำได้หลายสิ่งหลายอย่างพร้อมกันจะเกิดความคิดที่หลากหลายมากขึ้นได้ ทั้งยังนำความรู้ที่มีอยู่เดิมมาเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่จนเกิดเป็นความคิดใหม่ได้อีก การคิดเป็นพื้นฐานของการตัดสินใจ ถ้าประเทศใดมีประชากรที่มีการคิดที่ดี ประเทศจะเจริญก้าวหน้า แต่ถ้าประเทศใดมีประชากรที่ไม่มีความสามารถทางการคิดและไม่ได้รับการพัฒนาการคิด ประเทศนั้นจะเสื่อมถอยและล้าหลังในที่สุด

การคิดเป็นกระบวนการทางสมอง เกิดขึ้นเมื่อเราได้รับรู้ผ่านประสาทสัมผัสสมอง โดยสามารถตอบสนองข้อมูลที่แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีกระบวนการทางสมองไม่ซับซ้อน เช่นการตอบสนองต่อสิ่งที่รับรู้ตามสัญชาตญาณ ตอบสนองต่อสิ่งที่รับรู้โดยอัตโนมัติหรือตอบสนองตามความเคยชิน ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งมีกระบวนการทางสมองที่ซับซ้อน กลุ่มนี้เป็นการคิดที่เกิดขึ้นเมื่อเราต้องการค้นหาคำตอบหรือวิธีการที่สมเหตุสมผลในการแก้ปัญหาเพื่อสร้างความเข้าใจ การคิดของกลุ่มนี้มีเป้าหมายชัดเจนคือสมองจะตอบสนองโดยเก็บเป็นความจำและสมองตอบสนองต่อสิ่งที่รับรู้โดยผ่านกระบวนการคิด (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2546: 171-172) การคิดของมนุษย์เกิดขึ้นตลอดเวลา ความสามารถในการคิดทำให้มนุษย์มีความเป็นมนุษย์ สามารถแก้ปัญหาให้ตนเองได้ สร้างสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ได้ การคิดเป็นพื้นฐานของสติปัญญาและความเข้าใจซึ่งจะช่วยให้ปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่เดิมให้ดีขึ้น รวมถึงนำความรู้เดิมมาเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่ การคิดมีความสำคัญอย่างยิ่งในโลกปัจจุบันซึ่งเป็นยุคข้อมูลข่าวสารที่ต้องอาศัยการคิดและการเรียนรู้ของสมองเป็นอย่างมาก การคิดสามารถพัฒนาและฝึกฝนได้ ดังนั้นการจัดการศึกษาทุกระดับควรมุ่งฝึกให้ผู้เรียนรู้จักทักษะการคิด รู้จักตัดสินใจอย่างมีเหตุผล จากผลการประเมินสถานศึกษาส่วนใหญ่สิ่งที่ควรได้รับการปรับปรุงคือมาตรฐานที่เกี่ยวกับทักษะการคิด ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดการพัฒนาทักษะคิดในการเรียนรู้ของผู้เรียนในระดับต่างๆ จึงมีความสำคัญอย่างมาก

สรุปได้ว่าการคิดมีความสำคัญอย่างยิ่งในโลกปัจจุบัน การสอนจึงจำเป็นต้องสอนให้เด็กได้รู้จักพัฒนาทักษะการคิด โดยผู้สอนเองจะต้องตระหนักถึงความสำคัญในข้อนี้และพยายามสร้างกิจกรรมการสอนที่ช่วยให้เกิดการพัฒนาทักษะการคิดให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนให้มากที่สุด

7.2 ความหมายของทักษะการคิด

การพัฒนาทักษะการคิดมีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิต ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายความหมายของคำว่า ทักษะการคิดไว้ดังนี้

ทักษะการคิด หมายถึง กระบวนการทำงานของสมองโดยใช้ประสบการณ์มาสัมพันธ์กับสิ่งเร้า และสภาพแวดล้อมโดยนำมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ สังเคราะห์และประเมินอย่างมีระบบและเหตุผล เพื่อให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสมหรือสร้างสรรค์สิ่งใหม่ (กรมวิชาการ. 2546: 4)

ทักษะการคิด หมายถึง คำที่แสดงออกถึงพฤติกรรมความคิดที่มีลักษณะเป็นรูปธรรมเพียงพอที่ช่วยให้มองเห็นการแสดงออก การกระทำที่ชัดเจนของความคิดนั้นๆ เช่น การสังเกต การเปรียบเทียบ การจัดหมวดหมู่ การสรุปความ คำที่มีลักษณะเช่นนี้นิยมเรียกว่าทักษะการคิด ทักษะการคิดมีเป็นจำนวนมากสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือระดับแรกเป็นทักษะที่เป็นพื้นฐาน เช่น การจำ การระลึกได้ การอ่าน การเขียน เป็นต้น ระดับที่สองเป็นทักษะที่เป็นแกนสำคัญ เช่น การสังเกต การเปรียบเทียบ การจำแนก เป็นต้น ทักษะระดับที่ 3 เป็นทักษะการคิดขั้นสูงเป็นทักษะที่ซับซ้อนกว่าระดับแกน เช่น ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการวิเคราะห์ ทักษะการลงข้อสรุป เป็นต้น (ทิสนา เขมมณี. 2548: 131)

ทักษะการคิด หมายถึง ความสามารถในการแสดงออก หรือแสดงพฤติกรรมของการใช้ความคิดอย่างชำนาญ ซึ่งแต่ละคนจะมีทักษะการคิดแตกต่างกัน บางคนสามารถคิดได้เร็วถูกต้องเป็นขั้นตอน บางคนคิดได้ช้า แต่อย่างไรก็ตามทักษะการคิดเป็นสิ่งที่สามารถพัฒนาและฝึกฝนได้ บุคคลใดได้รับการพัฒนาและการฝึกฝนอย่างชำนาญก็จะมีทักษะการคิดเพิ่มมากขึ้น ทักษะการคิดประกอบด้วย การมอง การสังเกต การเปรียบเทียบ การจำแนก การขยายความ การแปลความ การสรุปความ เป็นต้น (อุษณีย์ โพธิสุข. 2543: 68-69)

ดังนั้นความหมายโดยสรุปของทักษะการคิด คือความสามารถในการแสดงพฤติกรรมเพื่อค้นหาความเข้าใจในเรื่องนั้น ทักษะการคิดมีหลายด้านด้วยกัน แต่ละทักษะอาจมีความเป็นรูปธรรมมากน้อยต่างกัน ทักษะการคิดสามารถพัฒนาและฝึกฝนให้เกิดขึ้นได้

7.3 ทฤษฎีการคิด

7.3.1 ทฤษฎีการคิดของบลูม (Bloom's Taxonomy)

บลูม (Bloom. 1956: 6-9, 201-207) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายทางการศึกษาเป็น 3 ด้าน ด้านการรู้คิด ด้านจิตพิสัยและด้านทักษะพิสัย ความสามารถทางการคิดที่บลูมจำแนกไว้เป็น 6 ระดับ คือ ระดับที่ 1 ระดับความรู้ความจำ ระดับที่ 2 ความเข้าใจ ได้แก่การแปลความการตีความและการขยายความ ระดับที่ 3 ระดับการนำไปใช้ แยกเป็นการประยุกต์และการคาดการณ์ ระดับที่

4 ระดับการคิดวิเคราะห์ แยกเป็นการวิเคราะห์ส่วนประกอบ การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ ระดับที่ 5 การสังเคราะห์ ได้แก่ การสังเคราะห์การสื่อความหมาย การสังเคราะห์แผนงาน และการสังเคราะห์ความสัมพันธ์ และระดับที่ 6 ระดับการประเมินค่า ได้แก่ การประเมินค่าโดยอาศัยข้อเท็จจริงภายใน และการประเมินค่าโดยอาศัยข้อเท็จจริงภายนอก การที่บุคคลจะมีทักษะในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ บุคคลนั้นต้องสามารถวิเคราะห์และเข้าใจสถานการณ์ใหม่หรือข้อเท็จจริงใหม่ได้ ดังนั้นการจะให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในระดับใดหรือหลายระดับนั้น ขึ้นอยู่กับสาระที่เป็นองค์ความรู้

การคิดวิเคราะห์ตามแนวของบลูม เป็นลักษณะของการคิดวิเคราะห์ในรูปแบบความสามารถในการแยกแยะเพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์เรื่องราวหรือเนื้อหาต่างๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผล และที่เป็นเหตุอย่างนั้นอาศัยหลักการอะไร การวิเคราะห์แบ่งแยกประเด็นที่สำคัญออกเป็น 3 ประการดังนี้ (ลักขณา สรวิวัฒน์. 2549: 73-74)

1. วิเคราะห์หน่วยย่อย หมายถึง การแยกแยะสิ่งที่กำหนดมาให้ว่าอะไรสำคัญ จำเป็นหรือมีบทบาทมากที่สุด ตัวไหนเป็นเหตุ ตัวไหนเป็นผล

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง การค้นหาว่าความสำคัญย่อยๆ ของเรื่องราว หรือเหตุการณ์นั้นเกี่ยวพันกันอย่างไร สอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร

3. วิเคราะห์หลักการ หมายถึง การค้นหาโครงสร้างของระบบของวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว การกระทำต่างๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นรวมกันจนดำรงสภาพเช่นนั้นอยู่ได้เนื่องจากอะไร โดยยึดอะไรเป็นหลักแกนกลาง มีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยง ยึดถือหลักการใด มีเทคนิคอย่างไรหรือยึดคติใด

ความสามารถทางความคิดของบลูมในระดับการคิดวิเคราะห์เป็นทักษะการคิดระดับพื้นฐานของผู้เรียนที่จะนำไปสู่ความสามารถทางการคิดระดับสูง คือการสังเคราะห์ และการประเมินค่า เพราะผู้เรียนจะเข้าใจเหตุการณ์ต่างๆ อย่างชัดเจนเมื่อผ่านกระบวนการวิเคราะห์หน่วยย่อย การวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการวิเคราะห์หลักการ โดยผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ประเด็นต่างๆ จากหน่วยย่อยสู่ส่วนใหญ่ และเชื่อมความสัมพันธ์ของประเด็นต่างๆ เข้าด้วยกันจนสามารถสรุปอย่างเป็นหลักการโดยมีเหตุผลรองรับ

7.3.2 ทฤษฎีการคิดของมาร์ซาโน (Marzano's Taxonomy)

มาร์ซาโน (Mazano. 2001: 11-12) อธิบายว่ารูปแบบพฤติกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย 3 ระบบ ได้แก่ ระบบแห่งตน ซึ่งตัดสินใจยอมรับการเรียนรู้เรื่องใหม่ ระบบบูรณาการเกี่ยวข้องกับการกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ และระบบสติปัญญาจะทำหน้าที่จัดกระทำกับข้อมูลในลักษณะของการวิเคราะห์ มาร์ซาโนได้พัฒนารูปแบบจุดมุ่งหมายทางการศึกษาโดยประกอบด้วยความรู้ 3 ประเภทและกระบวนการจัดกระทำกับข้อมูล 6 ระดับ ดังนี้ (Mazano. 2001: 30-58) ประเภทความรู้ ได้แก่

1. ข้อมูล เน้นการจัดระบบความคิดเห็นจากข้อมูลง่ายสู่ข้อมูลยาก เป็นระดับความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริง ลำดับของเหตุการณ์ สาเหตุและผล

2. กระบวนการ เน้นกระบวนการเพื่อการเรียนรู้ จากทักษะสู่กระบวนการอัตโนมัติ อันเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถที่สั่งสมไว้

3. ทักษะ เน้นการเรียนรู้จากทักษะง่ายสู่กระบวนการที่ซับซ้อนขึ้น

กระบวนการจัดกระทำกับข้อมูล 6 ระดับ

ระดับที่ 1 ขั้นรวบรวม เป็นการคิดทบทวนความรู้เดิม รับข้อมูลใหม่ และเก็บคลังข้อมูลไว้ เป็นการถ่ายโยงความรู้จากความจำถาวรไปสู่ความจำในการนำไปใช้ โดยไม่จำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างของความรู้

ระดับที่ 2 ขั้นเข้าใจ เป็นการเข้าใจสาระที่เรียนรู้สู่การเรียนรู้รูปแบบการใช้สัญลักษณ์ เป็นการสังเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานของความรู้โดยเข้าใจประเด็นความสำคัญ

ระดับที่ 3 ขั้นวิเคราะห์ เป็นการจำแนกความเหมือนและความแตกต่างอย่างมีหลักการ จัดหมวดหมู่ที่สัมพันธ์กับความรู้ การสรุปอย่างสมเหตุสมผลโดยสามารถบ่งชี้ข้อผิดพลาดได้ การประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่โดยใช้ฐานความรู้และการคาดการณ์ผลที่ตามมาบนพื้นฐานของข้อมูล

ระดับที่ 4 ขั้นใช้ความรู้ให้เป็นประโยชน์ เป็นการตัดสินใจในสถานการณ์ที่ไม่มีคำตอบชัดเจน การแก้ไขปัญหาที่ยาก การอธิบายปรากฏการณ์ที่แตกต่าง และการพิจารณาหลักฐานสู่การสรุปสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน การตั้งข้อสมมติฐานและการทดสอบสมมติฐานนั้นบนพื้นฐานของความรู้

ระดับที่ 5 ขั้นบูรณาการความรู้ เป็นการจัดระบบความคิดเพื่อบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนด การกำกับติดตามการเรียนรู้ และการจัดขอบเขตการเรียนรู้

ระดับที่ 6 ขั้นจัดระบบแห่งตน เป็นการสร้างระดับแรงจูงใจต่อการเรียนรู้ และภาระงานที่ได้รับมอบหมายในการเรียนรู้ รวมทั้งตระหนักในความสามารถของการเรียนรู้ที่ตนมี

ปรียานุช สถาวรมณี ได้เปรียบเทียบแนวคิดของบลูม และมาร์ซาโน โดยสรุปทักษะการคิดวิเคราะห์ตามทฤษฎีการคิดของมาร์ซาโนออกเป็น 5 ด้านด้วยกัน และพบว่า 5 ด้านของขั้นการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของมาร์ซาโนสอดคล้องกับ 3 หลักการวิเคราะห์ของบลูม แสดงดังตาราง 7 (ปรียานุช สถาวรมณี. 2548: 27)

ตาราง 7 การเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ของบลูมกับของมาร์ซาโน

ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของบลูม	ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของมาร์ซาโน
1. หลักการวิเคราะห์หน่วยย่อย	1. ด้านการจำแนก
2. หลักการวิเคราะห์ความสัมพันธ์	2. ด้านการจัดหมวดหมู่
3. หลักการวิเคราะห์หลักการ	3. ด้านการสรุป
	4. ด้านการประยุกต์
	5. ด้านการคาดการณ์

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของมาร์ซาโนในการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน ประเมินจากการรายงานผลการทดลอง การตอบคำถามท้ายการทดลองและสร้างแบบทดสอบวัดทั้ง 5 ด้านของทักษะการคิดวิเคราะห์ คือ ด้านการจำแนก ด้านการจัดหมวดหมู่ ด้านสรุป ด้านการประยุกต์ และด้านการคาดการณ์

7.4 แนวทางการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์

การจัดการศึกษาทุกระดับมุ่งฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ รู้จักตัดสินใจอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยหลักฐานที่มีความตรงและเชื่อถือได้ การพัฒนาการคิดวิเคราะห์ต้องฝึกฝนให้ผู้เรียนมีทักษะในการอภิปรายโต้แย้ง ฝึกกระบวนการคิด ฝึกการใช้เหตุผลและทบทวน เพื่อช่วยตัดสินใจว่าควรเชื่อหรือไม่เชื่อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคปัจจุบันเป็นยุคข้อมูลข่าวสาร ทั้งสื่อจากสิ่งพิมพ์และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องรู้จักเรียนรู้วิธีการคิดวิเคราะห์ กล่าวคือรู้จักแยกแยะวิเคราะห์ ประเมิน และสรุปข้อมูลเพื่อให้สามารถเลือกและใช้ข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

การคิดวิเคราะห์มีความหมายว่า ความสามารถในการมองเห็น มองออก เข้าใจดี หรือการตัดสินใจ การคิดวิเคราะห์จึงเป็นการคิดอย่างมีเหตุผล ซึ่งจะช่วยให้สามารถเข้าถึงเรื่องต่างๆ ในชีวิตอย่างมีเหตุผล ตัดสินใจอย่างมีใจเที่ยงธรรม กระบวนการคิดวิเคราะห์จะต้องอาศัยทั้งความรู้ในการไตร่ตรอง ตลอดจนรู้ว่าจะใช้ความคิดนั้นไปทำอะไร การคิดวิเคราะห์จึงประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ (เสงี่ยม ไตรรัตน์. 2546: 26-27)

1. การแยกแยะประเด็นย่อยๆ ของเรื่องที่จะรวมเป็นเรื่องใหญ่
2. การหาข้อมูลในแต่ละส่วนย่อย
3. การพิจารณาข้อมูลในแต่ละส่วนย่อยว่าจำเป็นและสัมพันธ์กันอย่างไร
4. การพิจารณาความคิดอื่นๆ ประกอบ
5. การสรุปตามฐานข้อมูลที่มี

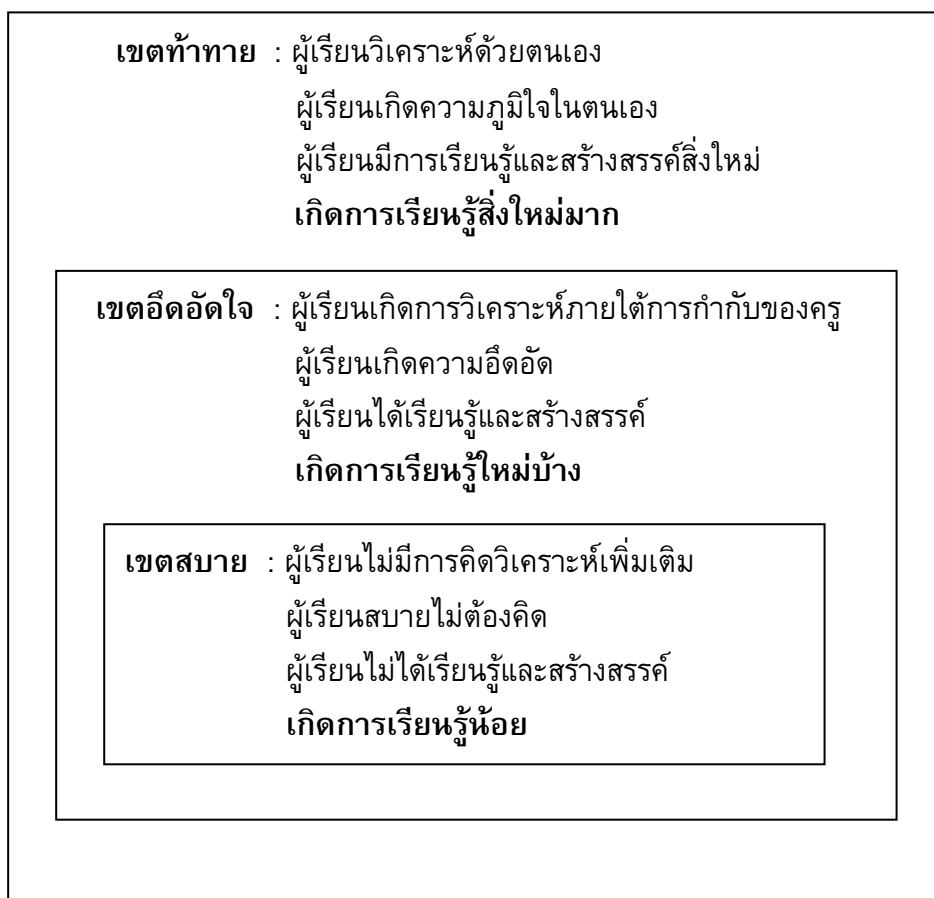
สุวิทย์ มูลคำ (2547ก: 9) ได้เสนอทักษะย่อยของการคิดวิเคราะห์ไว้ดังนี้คือ

1. การรวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาจัดระบบหรือเรียบเรียงให้ง่ายต่อการเข้าใจ
2. การกำหนดมิติหรือแง่มุมที่จะวิเคราะห์โดยอาศัยองค์ประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่าง คือความรู้เดิมและการค้นพบลักษณะหรือคุณสมบัติร่วมของกลุ่ม
3. การกำหนดหมวดหมู่ในมิติหรือแง่มุมที่จะวิเคราะห์
4. การแจกแจงข้อมูลที่มีอยู่ลงในแต่ละหมวดหมู่ โดยคำนึงถึงเหตุการณ์การเป็นสมาชิกหรือความสัมพันธ์เกี่ยวข้องโดยตรง
5. การนำข้อมูลที่แจกแจงแล้วมาจัดระบบเพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจ
6. การเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างหรือแต่ละหมวดหมู่ในแง่ของความมาก-น้อยความสอดคล้อง-ความขัดแย้ง ผลทางบวก-ทางลบ ความเป็นเหตุ-เป็นผล ตามลำดับ

โดยทั่วไปการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 องค์ประกอบ คือทักษะในการจัดระบบข้อมูล ความเชื่อถือได้ของข้อมูล และการใช้ทักษะนั้นอย่างมีปัญญาเพื่อการชี้นำพฤติกรรม

ซึ่งการคิดวิเคราะห์จะเป็นทักษะสำคัญที่ช่วยพัฒนาสติปัญญา พัฒนาความรอบคอบและไหวพริบของผู้เรียน สามารถฝึกฝนและพัฒนาได้โดยฝึกให้ผู้เรียนได้รับความรู้ในรูปแบบต่างๆที่สูงกว่าระดับความจำความเข้าใจ ครูจะต้องมีเทคนิคในการสอน จัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดความคิด การสอนต้องเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การเรียนแบบร่วมมือกัน การสอนโดยโครงงาน การทดลอง การแก้ปัญหาจะช่วยเสริมสร้างการคิดวิเคราะห์ให้เกิดขึ้นได้

การเรียนรู้ของผู้เรียนนั้น จะประสบความสำเร็จได้ เมื่อการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนรู้จักตนเอง เกิดความเชื่อมั่น สนใจใฝ่รู้ สามารถคิด วิเคราะห์ หาเหตุผล ฉลาดรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของโลก การเรียนรู้จึงมีความหมายเป็นสองนัยคือการเรียนรู้ที่หมายถึงการสร้างสรรค์ความก้าวหน้าและการเรียนรู้ที่หมายถึงการสร้างสรรค์องค์ความรู้ ผู้เรียนต้องมีอิสระในการคิด ให้ผู้เรียนคิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาเป็น แนวคิดนี้ทำให้เกิดการเรียนรู้จากน้อยไปมาก มีลักษณะแตกต่างกันใน 3 เขต (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. 2546: 1-2,13-15) ดังนี้คือ 1) เขตสบาย เป็นบริเวณที่ผู้เรียนเป็นผู้รับความรู้โดยไม่ต้องคิด วิเคราะห์ แก้ปัญหาคือผลเกิดการเรียนรู้และการสร้างสรรค์น้อย ผู้เรียนอาจรู้สึกสบายเพราะไม่ต้องมีภาระในการคิด 2) เขตอึดอัดใจ เป็นบริเวณที่ผู้เรียนเป็นผู้รับความรู้ และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เมื่อนำสิ่งที่ค้นพบมาวิเคราะห์ แก้ไขปัญหา ผู้เรียนจึงเกิดการเรียนรู้และการสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น ผู้เรียนอาจรู้สึกอึดอัด เพราะมีภาระที่ต้องคิดและแสวงหาความรู้ด้วยตนเองเพิ่มขึ้น 3) เขตท้าทายเป็นบริเวณที่ผู้เรียนต้องเรียนและสร้างสรรค์ด้วยตนเอง ด้วยการคิด วิเคราะห์ แก้ไขปัญหา และสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับเพื่อนำมาสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ผู้เรียนอาจรู้สึกท้าทายและเกิดความภาคภูมิใจที่ได้เรียนรู้และสร้างสรรค์ ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 เขตการเรียนรู้ 3 เขต

ที่มา: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2546). คู่มือจัดการศึกษาเชิงสร้างสรรค์.

หน้า 15.

การเปลี่ยนแนวคิดเดิมและสร้างแนวคิดใหม่ต้องมียุทธวิธีที่แยบยลให้ผู้เรียนเห็นจริง เข้าใจ ต้องท้าทายให้ผู้เรียนยอมรับและเปลี่ยนความรู้ เช่น นำความรู้เดิมมาตั้งเป็นปัญหาให้หาคำตอบ ด้วยวิธีการที่ต้องลงมือทำการทดลองเอง หาคำตอบจากหลักฐานที่รวบรวมได้ให้ได้เห็นจริงว่าสิ่งที่ถูกต้องคืออะไร การให้ความรู้ใหม่จึงต้องสัมพันธ์ต่อเนื่องกับความรู้ที่มีอยู่เป็นฐาน ซึ่งผู้เรียนต้องทดสอบความรู้เดิมว่าตรงกับความรู้สากลหรือไม่ ความรู้เดิมของผู้เรียนและการเพิ่มความรู้นใหม่ในบริบทใหม่ที่สัมพันธ์กับความรู้เดิมและบริบทของผู้เรียนอย่างมีความหมาย (สุนีย์ คล้ายนิล. 2546: 13-16) โดยเหล่านี้เป็นทักษะการคิดขั้นสูง หรือทักษะการคิดที่ซับซ้อน ประกอบด้วยทักษะย่อยๆ เช่น การสรุปความ การให้คำจำกัดความ การวิเคราะห์ การผสมผสานข้อมูล การจัดระบบความคิด การสร้างความรู้ใหม่ การกำหนดโครงสร้าง การคาดคะเน/พยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การทดสอบสมมติฐาน การตั้งเกณฑ์และการประยุกต์ใช้ เป็นต้น (รพีพรรณ เอกสุภาภรณ์. 2541: 19)

7.5 การสอนวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างทักษะการคิดวิเคราะห์

การฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ให้กับผู้เรียนยากกว่าการสอนให้ผู้เรียนจดจำข้อเท็จจริง ผู้สอนต้องจัดสภาพการเรียนรู้ด้วยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมที่จะช่วยเสริมสร้างให้เกิดกระบวนการคิดขึ้น (McMillen. 1986) โดยทั่วไปผู้สอนต้องมีความเชื่อในสิ่งเหล่านี้

1. ผู้สอนต้องมีความเชื่อว่าการคิดสามารถเรียนรู้ได้ทั้งจากครู เพื่อนและแหล่งเรียนรู้ต่างๆ
2. การสอนที่ส่งเสริมการคิด ควรสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน
3. การสอนควรเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญมากกว่าการเน้นเฉพาะเนื้อหาตามบทเรียน
4. ผู้เรียนควรเรียนรู้การทำงานร่วมกับผู้อื่น

การจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการคิด เป็นการดำเนินการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบ วิธีการ และเทคนิคการสอนต่างๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดขยายต่อเนื่องจากความคิดเดิมที่มีอยู่ในลักษณะใดลักษณะหนึ่งให้มีความละเอียด กว้างขวาง ลึกซึ้ง ถูกต้องมีเหตุผล และน่าเชื่อถือมากขึ้นกว่าเดิม ตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่ามีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นทักษะการคิดได้แก่

1. ผู้สอนและผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน
2. ผู้สอนมีการใช้รูปแบบ วิธีการ หรือเทคนิคการสอนต่างๆ ในการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดที่มีอยู่ในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง คือ มีความคิดหลากหลายมากขึ้น มีความคิดละเอียดขึ้น มีความคิดรอบคอบขึ้น มีความคิดกว้างขวางขึ้น ลึกซึ้งขึ้น มีเหตุผล มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากขึ้น
3. ผู้สอนจัดกิจกรรมส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการคิดและกระบวนการคิดต่างๆตามความเหมาะสมกับพื้นฐานของผู้เรียน ได้แก่

3.1 ทักษะการคิดพื้นฐาน เช่น การจำ การระลึกได้ การบรรยาย การอ่าน การเขียน เป็นต้น

3.2 ทักษะการคิดที่เป็นแกนสำคัญ เช่น ทักษะการสังเกต การตั้งคำถาม การจัดหมวดหมู่ การเปรียบเทียบ การเชื่อมโยง การใช้เหตุผล การขยายความ การตีความ เป็นต้น

3.3 ทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประยุกต์ใช้ การคาดคะเน การรวบรวมข้อมูล การพิสูจน์ ทดสอบ การคิดริเริ่ม การจินตนาการ การประเมิน การจัดโครงสร้าง การปรับโครงสร้าง การสร้างใหม่ เป็นต้น

3.4 ทักษะการคิดโดยแยกแยะ ตามหลักพุทธธรรม ได้แก่ การคิดสืบสาวเหตุปัจจัย การคิดแบบแยกแยะส่วนประกอบ คิดแบบสามัญลักษณ์ การคิดแก้ปัญหา การคิดแบบคุณโทษและทางออก คิดแบบคุณค่าแท้และคุณค่าเทียม

3.5 กระบวนการคิดต่างๆ เช่น กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กระบวนการคิดสร้างสรรค์ กระบวนการแก้ปัญหา กระบวนการไตร่ตรอง และการคิดตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

4. ผู้สอนให้โอกาส และเวลาแก่ผู้เรียน ในการใช้ความคิดและแสดงความคิด
5. ผู้สอนกับผู้เรียน หรือผู้เรียนกับผู้เรียนมีการอภิปรายโต้ตอบกันเกี่ยวกับความคิดที่เกิดขึ้นขณะมีการเรียนการสอน
6. ผู้สอนและผู้เรียนมีการร่วมกันสรุปประเด็นที่ได้จากกระบวนการคิดที่เกิดขึ้นในการเรียนการสอน
7. ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลการเรียนทั้งด้านสาระเนื้อหาและกระบวนการคิด

7.6 เทคนิคการสอนทักษะการคิดวิเคราะห์ในชั้นเรียน

ทักษะการคิดวิเคราะห์ไม่สามารถสอนโดยวิธีการการบรรยายเพียงด้านเดียว การคิดเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนจะต้องมีปฏิกิริยาโต้ตอบ ต้องเกิดการสะท้อนความคิด มีปฏิสัมพันธ์ต่อความคิดที่ได้รับ ดังนั้นกิจกรรมการเรียนการสอนต่างๆที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดได้มีดังนี้ (เสงี่ยม ไตรรัตน์. 2546: 29)

1. การสอนแบบบรรยาย

การสร้างทักษะการคิดวิเคราะห์จะเกิดขึ้นได้ในการบรรยายที่มีการหยุดบรรยายเป็นระยะๆ และถามคำถามเพื่อให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบที่ต้องใช้ความคิดเกี่ยวกับสาระที่ได้รับฟังจากการบรรยาย และผู้บรรยายต้องพยายามใช้เวลาผู้เรียนอย่ารีบตอบคำถามเสียเองถ้าผู้เรียนตอบไม่ได้ ผู้สอนต้องพยายามช่วยผู้เรียน โดยขยายความให้เข้าใจ นอกจากนี้ผู้สอนควรพยายามกระตุ้นให้ผู้เรียนถามคำถาม เนื่องจากการถามของผู้เรียนแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนคิดขณะที่ฟังบรรยาย

2. การปฏิบัติในห้องปฏิบัติการและการทำโครงการ

การทำปฏิบัติการ การทำโครงการต่างๆ เป็นวิธีการที่ดีมากในการเสริมสร้างทักษะการคิดวิเคราะห์ เนื่องจากการทำปฏิบัติการหรือโครงการต่างๆจะต้องอาศัยวิธีทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบ การสอนโดยวิธีนี้เป็นการเรียนรู้แบบแก้ปัญหาจะต้องมีการตั้งสมมติฐานมีการรวบรวมข้อมูล คัดเลือกข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลอย่างรอบคอบก่อนการสรุปผลข้อมูล

3. การให้การบ้าน

มีโอกาสมากมายในการเสริมสร้างให้เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์โดยการให้การบ้านผู้เรียน ครูอาจแนะนำให้อ่านข้อมูลแล้วให้ผู้เรียนถามคำถามต่างๆไปที่เกี่ยวกับข้อมูลที่อ่าน ให้ผู้เรียนสรุปโครงร่างเรื่องที่มอบหมายให้อ่าน โดยให้คะแนนการอ่านโดยการถามปากเปล่าซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเตรียมพร้อมมาเป็นอย่างดี เพราะเป็นการแสดงออกโดยตรงต่อหน้าผู้อื่น

4. การทำรายงาน

การทำรายงานช่วยส่งเสริมการคิด เพราะผู้เรียนต้องค้นหาข้อมูล วิเคราะห์เนื้อหาอย่างมีเหตุมีผล และเสนอข้อมูลในรูปแบบสรุปเป็นรายงาน การเขียนรายงานเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการใช้ไวยากรณ์ การสะกดคำ ช่วงที่ผู้เรียนค้นหาความรู้และเขียนรายงาน ผู้เรียนจะเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์

5. การสอบ

การสอบผู้เรียนต้องคิดและเขียนไปพร้อมกัน ข้อสอบต้องเน้นที่เป็นลักษณะให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ในการตอบคำถามข้อสอบ ไม่ใช่ในลักษณะของความจำ ข้อสอบปรนัยสามารถเสริมสร้างให้เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ได้ ถ้าการตั้งคำถามมีระดับคำถามอยู่ในระดับวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการวิจารณ์

การเพิ่มประสบการณ์หลายรูปแบบที่แตกต่างจากการสอนในชั้นเรียนปกติ ก็เป็นแรงจูงใจและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เพิ่มเติมความสามารถให้มากยิ่งขึ้น การจัดกิจกรรมในรูปแบบอื่นที่ช่วยให้เกิดการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ให้กับผู้เรียน ได้แก่

1. การสร้างผังมโนทัศน์ ซึ่งผู้เรียนสามารถแสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์เรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างเป็นระบบและเป็นลำดับขั้น ผู้เรียนสามารถนำมโนทัศน์ในสาระการเรียนรู้มาจัดระบบจัดลำดับ และเชื่อมโยงความสัมพันธ์แต่ละมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน ผู้เรียนรู้จักสังเกต เปรียบเทียบ สรุปและจำแนกแยกแยะสิ่งต่างๆ จัดเป็นระบบหรือหมวดหมู่ได้อย่างถูกต้อง ผังมโนทัศน์หรือแผนภาพลำดับความคิดจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่แสดงให้เห็นถึงกระบวนการคิดได้ดีขึ้น (สุวิทย์ มูลคำ; และอรทัย มูลคำ. 2547: 174-201)

2. การทัศนศึกษา เป็นกิจกรรมหนึ่งที่ผู้เรียนออกไปศึกษาเรียนรู้นอกสถานที่ โดยมีโอกาสศึกษาเรียนรู้สิ่งต่างๆ ในสถานที่นั้นตามกระบวนการหรือวิธีการที่ครู ผู้เรียนได้ร่วมกันวางแผนไว้ และมีการอภิปรายสรุปผลการเรียนรู้จากข้อมูลที่ได้ศึกษาเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถนำสิ่งที่ได้เรียนรู้มาเชื่อมโยงกับวิถีชีวิตจริง (สุวิทย์ มูลคำ; และอรทัย มูลคำ. 2546: 100-106)

3. การอภิปราย เป็นกิจกรรมหนึ่งที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปร่วมสนทนาพูดคุย เพื่อร่วมแสดงความคิดเห็น และแลกเปลี่ยนประสบการณ์หรือเจตคติในการวางแผนแบบรวมกำลังความคิด นำไปสู่การคาดการณ์หรือการสรุปในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง (วัชร เอกโทษน. 2544: 44)

4. การใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชนและในธรรมชาติ เป็นกิจกรรมหนึ่งที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากสิ่งที่มีอยู่แล้วในวิถีชีวิตและการทำมาหากินในชุมชน จากบุคลากรผู้มีความรู้ด้านต่างๆ ในชุมชน จากสภาพแวดล้อมในธรรมชาติ บุคคลต่างๆ ที่อยู่รอบตัว (วัชร เอกโทษน. 2544: 46)

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น จะเห็นว่าเทคนิคการสอนให้เกิดการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์สามารถสร้างได้ทั้งในรูปแบบการสอนต่างๆ ในชั้นเรียน รวมถึงการใช้กิจกรรมต่างๆ เข้ามาช่วยเสริมให้เกิดแรงจูงใจ อยากเรียนรู้ และทำให้เกิดการพัฒนาความคิด งานวิจัยนี้จะใช้กลยุทธ์การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคโมโครสเกลมาพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ตามทฤษฎีของมาร์ซาโน เพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่เข้าใจในเนื้อหาทฤษฎีมากขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ระดับดี และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเรียนรู้ในชั้นสูงต่อไปในอนาคตได้

8. การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมี

8.1 ความหมายของหลักสูตร

หลักสูตร (Curriculum) ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 (2546: 1272) ได้นิยามไว้ว่า หลักสูตรคือประมวลวิชา และกิจกรรมต่างๆ ที่กำหนดไว้ในการศึกษาเพื่อวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง นอกจากนี้มีผู้ชำนาญการด้านพัฒนาหลักสูตรหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ ดังนี้

ทาบ (Taba. 1962: 10) หลักสูตรคือแผนการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยจุดประสงค์และจุดหมายเฉพาะ การเลือก การจัดเนื้อหา วิธีการจัดการเรียนการสอนและการประเมินผล

ธำรง บัวศรี (2543: 7) หลักสูตรคือแผนซึ่งได้ออกแบบจัดทำขึ้น เพื่อแสดงถึงจุดหมายการจัดเนื้อหา กิจกรรมและมวลประสบการณ์ในแต่ละโปรแกรมการศึกษา เพื่อให้ผู้เรียนมีพัฒนาการด้านต่างๆ ตามจุดหมายที่วางไว้

บรรพต สุวรรณประเสริฐ (2544: 37) หลักสูตรหมายถึงทุกสิ่งทุกอย่างที่เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนในขณะที่ผู้เรียนทำการศึกษาอยู่ในโรงเรียนหรือสถาบันการศึกษาทั้งหมด เป็นสิ่งที่ครูทำการสอนให้กับผู้เรียนและการที่ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกัน

รุจิร ภูสาระ (2545: 1) หลักสูตรคือแผนการเรียนรู้ ประกอบด้วยเป้าหมายและจุดประสงค์เฉพาะที่จะนำเสนอและจัดการเนื้อหา ซึ่งจะรวมถึงแบบของการเรียนการสอนตามวัตถุประสงค์ และท้ายที่สุดจะต้องมีการประเมินผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน

สุนทร โคตรบรรเทา (2547: 2-3) หลักสูตรเป็นแผนเพื่อการปฏิบัติหรือเอกสารที่เขียนขึ้น โดยมียุทธวิธีเพื่อบรรลุเป้าหมายที่พึงประสงค์ หลักสูตรเป็นประสบการณ์ของผู้เรียน เป็นแขนงหนึ่งของการศึกษาที่พยายามวิเคราะห์และสังเคราะห์สถานะ แนวโน้ม และแนวคิดรวบยอดของหลักสูตร

องค์ประกอบของหลักสูตรควรประกอบด้วยสิ่งที่สำคัญ 4 ประการคือ (Taba.1962: 422-423; Tyler. 1949: 1; ประดิษฐ์ อูปรมย์. 2530: 208)

1. วัตถุประสงค์ หมายถึงเป้าหมายของการสอน เป็นส่วนที่กำหนดคุณสมบัติหรือคุณลักษณะที่ต้องการให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียน วัตถุประสงค์ของหลักสูตรแบ่งออกเป็น 4 ระดับดังนี้

1.1 วัตถุประสงค์ของหลักสูตร เป็นความต้องการหรือเป้าหมายรวมของแต่ละหลักสูตร

1.2 วัตถุประสงค์ของกลุ่มวิชาหรือหมวดวิชา เป็นเป้าหมายของกลุ่มวิชาที่มีเนื้อหาใกล้เคียงกันที่ต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ และความสามารถอย่างไร

1.3 วัตถุประสงค์รายวิชา มีจุดมุ่งหมายว่าต้องการให้ผู้เรียนได้รับอะไร

1.4 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมที่สังเกต และสามารถวัดได้เป็นรูปธรรม

2. เนื้อหา เป็นเครื่องกำหนดขอบเขต และความเข้มข้นของสาระความรู้ ทักษะและประสบการณ์

3. การเรียนการสอน เป็นเครื่องมือพัฒนาผู้เรียน ให้บรรลุเป้าหมายการเรียนตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตร ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

3.1 สื่อการสอน หมายถึงอุปกรณ์ที่ช่วยให้การสอนดำเนินไปสู่เป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ

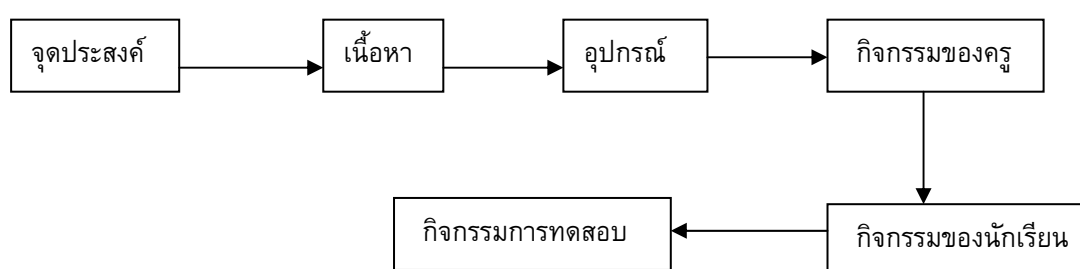
3.2 วิธีการ หมายถึงเทคนิคที่ใช้ถ่ายทอดความรู้ ทักษะ และทัศนคติให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล

4. การประเมิน เป็นการตรวจสอบผลการเรียนการสอนว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรหรือไม่ ต้องปรับปรุงแก้ไขอย่างไร เพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นไปตามความต้องการที่แท้จริงของหลักสูตร

8.2 กระบวนการพัฒนาหลักสูตร

กระบวนการพัฒนาหลักสูตรมีหลายรูปแบบ ซึ่งแตกต่างกันไปตามแนวความคิดของนักพัฒนาหลักสูตรแต่ละท่าน เช่น AIM Model (รุจิรี ภูสาระ. 2545: 60) กระบวนการพัฒนาหลักสูตรของทาบ (Taba. 1962: 11-12) กระบวนการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์ (Tyler. 1949: และกระบวนการพัฒนาหลักสูตรของโอลิวา (Oliva. 1992: 171-175) รายละเอียดดังนี้

8.2.1 AIM Model โปรแกรมการพัฒนาหลักสูตรนี้ต้องการให้ครูในโรงเรียนทุกคนออกแบบหลักสูตรเอง โดยกำหนดผลลัพธ์ที่ต้องการ พฤติกรรมของผู้เรียน พฤติกรรมครู ครูกำหนดวัสดุอุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้อื่นๆ รวมถึงทรัพยากรมนุษย์ ความจำเป็นที่แสดงผลตามจุดมุ่งหมาย เมื่อจบโปรแกรมนี้ครูควรเขียนข้อสอบตลอดปี เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ของผู้เรียนหลังจากเสร็จสิ้นการเรียน การตรวจสอบต้องครอบคลุมทุกชั่วโมงตั้งแต่วันแรกของการเริ่มเรียนจนสำเร็จการศึกษา รูปแบบนี้ง่ายและชัดเจนคือเริ่มต้นจากกำหนดจุดประสงค์ มีทั้งกิจกรรมของครูและนักเรียน ตามภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 AIM Model

8.2.2 กระบวนการพัฒนาหลักสูตรของทาบา (Taba's invented Model)

กระบวนการพัฒนาหลักสูตรของทาบามี 8 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 วิจัยความต้องการ ทาบาเชื่อว่าการพัฒนาหลักสูตรควรเริ่มจากข้อมูลของชุมชนและโรงเรียน ซึ่งอาจเป็นความต้องการที่มีอยู่เดิมผสมผสานเข้ากับความต้องการใหม่ แล้วสรุปเป็นความเห็นเดียวกันกับความต้องการท้องถิ่น

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อได้ข้อมูลจากขั้นตอนแรกแล้ว นำมากำหนดเป็นวัตถุประสงค์คือ ความคิดรวบยอดที่ต้องเรียน เจตคติที่ควรเป็น วิธีการคิดที่จะได้รับการเสนอแนะ อุปนิสัยและทักษะที่ควรรอบรู้ จุดประสงค์ที่กำหนดในขั้นนี้ ควรเป็นพื้นฐานในการสอนของครู ทาบาเชื่อว่าความหลากหลายของความรู้ที่ได้รับจะไม่สมบูรณ์ทีเดียว และถ้ายังเพิ่มพูนความรู้มากขึ้นเท่าใด จุดประสงค์ก็จะแจ่มชัดมากขึ้น โรงเรียนควรหลีกเลี่ยงระยะที่ยาวนานในการกำหนดวัตถุประสงค์ และควรมีการปรับปรุงอยู่เสมอ

ขั้นตอนที่ 3 การเลือกเนื้อหา ควรกำหนดทิศทางอย่างชัดเจน และระวังในการเลือกเนื้อหาและกิจกรรมให้สอดคล้องกับพัฒนาการ

ขั้นตอนที่ 4 จัดระบบเนื้อหา ควรเริ่มจากหัวข้อง่าย ๆ เพื่อนำไปสู่หัวข้อที่ลึกซึ้งขึ้น

ขั้นตอนที่ 5 และ 6 การเลือกและการจัดกิจกรรม การมีกิจกรรมที่หลากหลายและได้รับการชี้แนะจากครูคนอื่นจะช่วยให้เกิดผลดี กิจกรรมแต่ละกิจกรรมควรพยายามให้เรียงลำดับความคิด และดำเนินการอย่างต่อเนื่องจากประสบการณ์เดิม

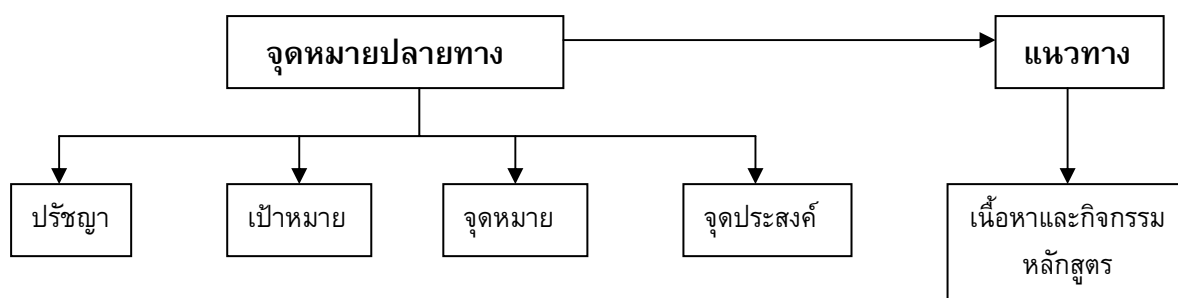
ขั้นตอนที่ 7 การประเมินผล ควรมีการประเมินผลเป็นระยะ การประเมินควรประเมินกระบวนการ ประเมินวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการเรียนการสอน รวมถึงมีการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนด้วย

ขั้นตอนที่ 8 การตรวจสอบความเหมาะสมของหลักสูตร เป็นการตรวจสอบเค้าโครงเนื้อหาว่าสอดคล้องกับแนวความคิดในภาพรวมหรือไม่ กิจกรรมการสอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความคิดให้กว้างออกไปหรือไม่ ลำดับขั้นตอนของเนื้อหาเป็นไปอย่างราบรื่นหรือไม่

รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของทาบามีจุดเด่นหลายประการ เช่น ทำให้ครูต้องพัฒนาตนเองในการเตรียมตัวที่จะนำไปใช้ในการปฏิบัติจริง ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้มีพื้นฐานในการเชื่อมโยงระหว่างหลักสูตรและการสอน รูปแบบนี้จึงเป็นทั้งทฤษฎีและการปฏิบัติ

8.2.3 การพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์ (Tyler's ends – means Model)

รูปแบบของไทเลอร์ถือว่าเป็นต้นแบบการปฏิบัติตามแนวคิดในการวางแผนหลักสูตร โดยเริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์ของหลักสูตรแล้ววางแผน ตามภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 แนวทางการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์

ด้านผู้เรียน ไทเลอร์เชื่อว่า การวิเคราะห์แนวกว้างและแนวลึกเกี่ยวกับผู้เรียนเป็นสิ่งที่นักพัฒนาหลักสูตรต้องคำนึงถึง การสำรวจความต้องการและความจำเป็นของผู้เรียนเป็นสิ่งสำคัญในการกระตุ้นให้ผู้เรียนต้องการเรียน รวมถึงพิจารณาความสามารถของผู้เรียนควบคู่ไปด้วย

ด้านสังคม ไทเลอร์เชื่อว่า กระบวนการนำไปใช้ในชีวิตจริงเป็นส่วนกลางของการเรียนทั้งหมด ดังนั้นผู้เรียนต้องเข้าใจสภาพแวดล้อม การทำงานร่วมกับผู้อื่น การนำสังคมชุมชนเข้ามาเป็นห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ผู้เรียนศึกษาเกี่ยวกับชุมชนสังคมจะทำให้ผู้เรียนสามารถค้นหาวิธีแก้ไขปัญหาได้ด้วยการกระทำของตนเอง

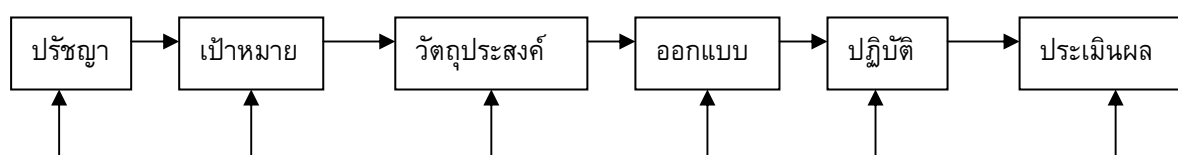
ด้านเนื้อหาสาระ เน้นในเรื่องการเรียนรู้โดยลงมือปฏิบัติ และการจะรอบรู้ในวิชาใดวิชาหนึ่งผู้เรียนต้องเข้าใจในโครงสร้างของวิชานั้นๆ ด้วย

ด้านปรัชญา ไทเลอร์เชื่อว่า การพัฒนาหลักสูตรเริ่มจากการคิดก่อน ความคิดนี้เองทำให้คิดเป็นปรัชญา ในการพัฒนาหลักสูตรจำเป็นต้องให้ครูแสดงความเชื่อหรือปรัชญาของตนเองก่อนจึงจะสรุปเป็นปรัชญาของสถานศึกษานั้นๆ ได้

ด้านจิตวิทยา การที่จะพัฒนาหลักสูตรจำเป็นต้องเข้าใจระดับการพัฒนาการและธรรมชาติของการเรียนรู้ ความเข้าใจนี้จะช่วยให้กำหนดจุดประสงค์ได้

8.2.4 การพัฒนาหลักสูตรของโอลิวา (Oliva Model)

ปีเตอร์ โอลิวา ได้พัฒนารูปแบบการพัฒนาหลักสูตร ตามภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 แนวทางการพัฒนาหลักสูตรของโอลิวา

โอลิวาเสนอขั้นตอนในการพัฒนาหลักสูตรเป็น 12 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการกำหนดเป้าหมาย ปรัชญาการจัดการเรียนการสอน ต้องขึ้นอยู่กับความเชื่อในความต้องการของสังคม และความต้องการของบุคคลในสังคม

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ความต้องการของชุมชนที่สถานศึกษาตั้งอยู่

ขั้นตอนที่ 3 และ 4 เป็นการกำหนดรายละเอียดของจุดหมาย และวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

ขั้นตอนที่ 5 เป็นการจัดการและการนำหลักสูตรไปปฏิบัติ รวมทั้งกำหนดโครงสร้างที่จะให้มีการจัดการเกี่ยวกับหลักสูตร

ขั้นตอนที่ 6 และ 7 เป็นการเขียนรายละเอียดเพิ่มขึ้นเกี่ยวกับจุดหมายและวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนของแต่ละวิชาและแต่ละระดับ ซึ่งเห็นชัดเจนเป็นรูปธรรมในขั้นตอนนี้

ขั้นตอนที่ 8 หลังจากกำหนดรายละเอียดของวัตถุประสงค์แล้ว ในขั้นตอนนี้เป็นการเลือกเทคนิควิธีสอนที่จะใช้ในชั้นเรียน

ขั้นตอนที่ 9 เป็นการเสนอแนะแนวทางในการประเมินผลการเรียนของผู้เรียน

ขั้นตอนที่ 10 เป็นการนำเทคนิคการสอนไปปฏิบัติ

ขั้นตอนที่ 11 เป็นขั้นการประเมินผลการสอน

ขั้นตอนที่ 12 เป็นการประเมินผลครบวงจร

รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของโอลิวิา สามารถแบ่งได้เป็น ขั้นตอนที่ 1-4 และ 6-9 เป็นระยะเวลาของการวางแผน ขั้นตอนที่ 10-11 เป็นขั้นตอนของการปฏิบัติ และขั้นตอนที่ 5 เป็นทั้งการวางแผนและปฏิบัติ ส่วนที่แสดงวงจรย้อนกลับในภาพประกอบ 9 ตั้งแต่การประเมินหลักสูตรมาสู่เป้าหมายของหลักสูตร เป็นส่วนสำคัญของรูปแบบนี้ เส้นที่เชื่อมโยงแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นที่ต้องมีการทบทวนในแต่ละขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง

8.3 การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล

การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลในงานวิจัยนี้เน้นที่สร้างแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ตามความต้องการของผู้สอนและผู้เรียนที่ต้องการให้มีกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถสร้างให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้นกว่ารูปแบบเดิมที่ใช้วิธีการบรรยาย ดังนั้นการพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีในงานวิจัยนี้จึงดำเนินการเพื่อให้ครูสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการสอนวิชาเคมีที่มีบทบาทปฏิบัติการไมโครสเกลและสร้างให้สอดคล้องกับพื้นฐานของผู้เรียน การเขียนแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้จะใช้แนวคิดวิธีสอนที่ยึดประสบการณ์ของผู้เรียน การสอนในแนวทางนี้ให้ผู้เรียนมีโอกาสเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง มุ่งพัฒนาผู้เรียนในลักษณะองค์รวม ทำให้เกิดทักษะต่างๆ โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมดังนี้คือ (ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช. 2544: 107-108)

ขั้นตอนที่ 1 จัดให้ผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งของบทเรียน หรือเรียกว่าเกิดแรงจูงใจภายใน (Engage the learner) แนวปฏิบัติอาจใช้การตั้งคำถามหรือเล่าเหตุการณ์ที่ผู้เรียนสนใจ หรือใช้กิจกรรมเพื่อเชื่อมโยงสิ่งที่จะเรียนใหม่กับความรู้เดิม

ขั้นตอนที่ 2 กระตุ้นให้ผู้เรียนสำรวจข้อเท็จจริงทั่วไปเพื่อนำไปสู่การสร้างความคิดรวบยอด (Explore the concept) แนวทางปฏิบัติคือ ครูอธิบายสั้นๆและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนพูดคุยแลกเปลี่ยนประสบการณ์กัน ให้ผู้เรียนสรุปความคิดรวบยอดโดยใช้คำพูดตนเอง

ขั้นตอนที่ 3 อธิบายความคิดรวบยอดและให้คำจำกัดความ (Explain the concept and define the terms) แนวปฏิบัติคือ ผู้สอนให้ข้อมูลหรืออธิบายความหมายของคำหลักบางคำเกี่ยวกับความคิดรวบยอดใหม่ที่จะเรียนรู้ และผู้เรียนนำข้อมูลหรือคำหลักเกี่ยวกับความคิดรวบยอดนั้นไปบรรยายสิ่งที่เป็นประสบการณ์ใหม่โดยนำความรู้เดิมมาเชื่อมโยงความรู้ใหม่ด้วย

ขั้นตอนที่ 4 ขยายความคิดรวบยอด ทดลองประยุกต์ใช้และสรุป (Elaborate on the concept) แนวปฏิบัติคือ จัดหาสถานการณ์พิเศษหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสใช้ความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ที่สะสมมาสำรวจ อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น อธิบาย และปฏิบัติงานจริง เพื่อสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในความรู้ที่ได้เรียนรู้ใหม่

ขั้นตอนที่ 5 ประเมินความเข้าใจในความคิดรวบยอด (Evaluate students' understanding of the concept) แนวปฏิบัติมีดังนี้ ผู้เรียนประเมินสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเองร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน และผู้สอนเพื่อยืนยันความถูกต้อง

ดังนั้นในการจัดการสอนในงานวิจัยนี้ใช้แนวทางการเขียนแผนการจัดการประสบการณ์การเรียนรู้จากหลักการข้างต้น และปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในชั้นเรียน โดยมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรมดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ใช้การทำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลเป็นกิจกรรมเริ่มต้น โดยในขั้นตอนนี้ผู้สอนอธิบายวิธีการทดลองอย่างละเอียด และขณะที่ผู้เรียนทำการทดลอง ผู้สอนให้ความช่วยเหลือและแนะนำอย่างใกล้ชิด

ขั้นตอนที่ 2 อภิปรายผลการทดลองและสรุปผลการทดลองร่วมกัน จากนั้นแต่ละกลุ่มรายงานผลการทดลอง และนำเสนอผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 3 ผู้สอนตั้งประเด็นปัญหาให้ผู้เรียนสืบเสาะหาคำตอบ โดยผู้เรียนจะต้องทำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลครั้งที่ 2 โดยใช้ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการคิดวิเคราะห์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 และ 2 วางแผนและดำเนินการทดลอง เพื่อสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ในขั้นตอนนี้ผู้สอนให้คำแนะนำหรือช่วยเหลือน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองที่ได้และการสรุปผลที่ได้ในชั้นเรียน จากนั้นให้แต่ละกลุ่ม และอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน และให้ตอบคำถามท้ายการทดลอง

ขั้นตอนที่ 5 ผู้สอนนำอภิปรายร่วมกัน เพื่อเชื่อมโยงการทดลองสู่ทฤษฎีของเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้อง ในขั้นตอนนี้ผู้สอนอาจใช้วิธีการถามคำถามเพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม เมื่อจบการเรียนการสอนในชั่วโมงเรียนนั้นให้ผู้เรียนส่งรายงานการทดลองประกอบด้วยผลการทดลอง การสรุปผล และคำถามท้ายบท เพื่อนำมาประเมินทักษะการคิดวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมนั้นๆ

การจัดกิจกรรมทั้ง 5 ขั้นตอนนี้ คำนี้ถึงการให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนการสอน มีโอกาสได้ทำการทดลองโดยผู้สอนให้คำแนะนำในการทดลองครั้งที่ 1 ก่อน เพื่อให้เกิดพื้น

ฐานความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่ทำการทดลองนั้น และสามารถสรุปความคิดรวบยอดต่างๆที่เกิดขึ้นด้วยกันในชั้นเรียน จากนั้นให้ผู้เรียนได้ทำการทดลองใหม่ที่สัมพันธ์กับการทดลองเดิมด้วยตนเอง เพื่อเสริมสร้างให้เกิดทักษะความคิดวิเคราะห์ขึ้น และย่ำรู้ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ให้หนักแน่นมากยิ่งขึ้น ก่อนที่ผู้สอนจะอธิบายปิดท้ายโดยขยายความรู้ที่มีอยู่ให้กว้างขึ้น และเชื่อมโยงไปยังเนื้อหาในหัวข้อที่ทำการทดลองนั้นและเนื้อหาที่จะเรียนต่อไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับการสอนแบบปฏิบัติการ

งานวิจัยในประเทศ

กัญญา ทองมัน (2534: 80-92) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ทำการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางและกำหนดแนวทาง ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ทำการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกับแบบกำหนดแนวทาง ส่วนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนที่ทำการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางสูงกว่าแบบกำหนดแนวทาง

วิโรจน์ เกลยสุข (2541: 72-83) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองกับการสอนปกติ ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ และผู้วิจัยสังเกตว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองมีความกระตือรือร้นต่อการเรียนและเรียนอย่างสนุกสนาน

สมเกียรติ แก้วจรัสสุขสันติ (2544: 130-131) ได้ศึกษาการนำบทปฏิบัติการเคมีสภาวะแวดล้อม การวิเคราะห์ปริมาณสารตะกั่ว แมงกานีส และสังกะสีในผัก ทดลองสอนให้กับนักศึกษาของสถาบันราชภัฏ เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าเมื่อนักศึกษาได้เรียนวิชาปฏิบัติการ มีผลการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนการเรียน

อภิญา เคนบุบผา (2546: 83-84) สร้างชุดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่องสารและสมบัติของสารสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ด้านความคิดเชิงสรุป และด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และศึกษาจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการทดลองสูงกว่าก่อนเรียน การศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความคิดเชิงสรุป โดยทำแผนที่ความคิดมีผลการเรียนรู้สูงกว่าระดับพอใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 และผลการศึกษาการ

เรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 70 ส่วนการศึกษาจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมสูงกว่าระดับต้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

วิดเดน (Widdon. 1973: 3582A) ได้ศึกษาผลของหลักสูตรทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นครู 26 คน และนักเรียน 555 คน โดยแบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และครูที่ได้รับการอบรมเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกลุ่มควบคุมเป็นนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบเดิม และครูที่ไม่ได้รับการอบรมเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มทดลองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีกว่ากลุ่มควบคุม และครูที่ได้รับการอบรมมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้น

บีสลิ (Beasley. 1979: 5428A) ได้ศึกษาผลของการฝึกทักษะปฏิบัติการเคมี โดยใช้วิธีปฏิบัติจริงของนักศึกษาที่เรียนวิชาเคมีขั้นพื้นฐานเพื่อศึกษา 1) ผลของการฝึกทักษะด้วยการปฏิบัติการทดลองอย่างเดียว 2) ผลของการฝึกทักษะด้วยการคิดอย่างเดียว 3) ผลของการฝึกทักษะด้วยการทดลองและการคิดร่วมกัน พบว่าทักษะแบบต่างๆ ทั้ง 3 กลุ่มย่อย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

แมคมีน (McMeen. 1983: 130A) ได้ทำการศึกษาบทบาทของการเรียนการสอนปฏิบัติการแบบสืบเสาะในการช่วยพัฒนาการทางสติปัญญาด้านความรู้ ความเข้าใจ ตัวอย่างประชากรเป็นนักศึกษาวิทยาลัยครูที่เรียนวิชาเคมีพื้นฐาน มีกลุ่มควบคุมที่ให้เรียนเคมีโดยการสอนแบบเดิมคือบรรยายและให้ทำปฏิบัติการตามแบบที่กำหนด และกลุ่มทดลองให้เรียนเคมีโดยให้ทำปฏิบัติการแบบสืบเสาะ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดพัฒนาการทางสติปัญญาคือแบบวัดการคิดเชิงเหตุผลวัดก่อนและหลังการทดลอง จากผลการวิจัยพบว่าทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีพัฒนาการทางสติปัญญาด้านความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้น และกลุ่มทดลองมีพัฒนาการทางสติปัญญาด้านความรู้ความเข้าใจ เพิ่มสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ดาวน์ และ จอร์จ (Dawn; & George. 2004: 47-64) ทำการวิจัยเชิงคุณภาพ ศึกษาทัศนคติของนักศึกษาที่เรียนปฏิบัติการเคมีโดยใช้การสังเกตและการสัมภาษณ์ พบว่านักศึกษาต้องการทำปฏิบัติการโดยที่ไม่ต้องกำหนดเวลา และให้อิสระในการทำการทดลองมากกว่าทดลองโดยกำหนดวิธีการทดลองไว้แล้ว

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนปฏิบัติการพบว่า การสอนปฏิบัติการส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้สูงขึ้น และทำให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในด้านต่างๆ สูงขึ้น รวมถึงทำให้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้นด้วย

งานวิจัยเกี่ยวกับการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล

งานวิจัยในประเทศ

ยุทธพงษ์ อุตแน่น; รัตนา สนั่นเมือง; และวิภารัตน์ เชื้อชวด (2545: 17-26) ได้พัฒนาชุดทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลเพื่อใช้ในวิชาเคมีระดับมหาวิทยาลัย โดยใช้กับการสอนวิชาเคมีพื้นฐานสำหรับนักศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 และสร้างชุดทดลองจำนวน 6 ปฏิบัติการ คือ 1) ปริมาณสารสัมพันธ์ 2) การหาค่าคงที่ของแก๊ส 3) ความร้อนของปฏิกิริยา 4) อัตราการเกิดปฏิกิริยา 5) เซลล์กัลวานิก และ 6) อิเล็กโทรไลซิสและเซลล์อิเล็กโทรไลติก ผลการศึกษาพบว่านิสิตเข้าใจวัตถุประสงค์ในการทดลองและสามารถใช้ชุดทดลองไมโครสเกลได้ดี ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ของการปฏิบัติการด้วยชุดทดลองแบบไมโครสเกลพบว่านิสิตสามารถบันทึกผลการทดลองได้ถูกต้องแต่บางกลุ่มเขียนสมการผิด ส่วนผลการประเมินทักษะของการปฏิบัติการโดยใช้แบบสังเกต พบว่านิสิตมีทักษะปฏิบัติการด้วยการใช้ชุดทดลองแบบไมโครสเกลอยู่ในระดับดี และนิสิตมีเจตคติสูงต่อการทำปฏิบัติการโดยใช้ไมโครสเกล

งานวิจัยต่างประเทศ

ซาฟราน; ซิงค์; และไพค์ (Szafran; Singh; & Pike. 1989: A263-A267) ได้ศึกษาผลของการทดลองไมโครสเกลในวิชาเคมีอินทรีย์ พบว่ามีข้อดีหลายประการคือ 1) ลดปริมาณสารพิษที่จะถูกปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม 2) มีความปลอดภัยในการทำทดลองมากขึ้น 3) ใช้สารเคมีได้หลากหลายมากขึ้น สารเคมีที่มีราคาแพงแต่ได้ผลการทดลองที่ดี สามารถเลือกใช้ได้เพราะการใช้ปริมาณน้อยลง ค่าใช้จ่ายก็น้อยลงด้วย 4) มีประสิทธิภาพในการทดลอง ให้ผลการทดลองที่เป็นไปตามที่คาดไว้

แมคไกรว์; เอรี; และ พิคเกอรี (McGuire; Ealy; & Pickery. 1991: 869-871) ทดลองใช้ปฏิบัติการไมโครสเกลกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยเปรียบเทียบการทดลองระหว่างทำการทดลองแบบมาตรฐานทั่วไปกับการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล จำนวน 3 การทดลอง และใช้ครูผู้สอนคนเดียวกันผลการศึกษาพบว่าผลการทดลองที่ได้ไม่แตกต่างกัน แต่เวลาที่ใช้ในการทดลองแบบไมโครสเกลใช้น้อยกว่า จากการสอบถามความพึงพอใจนักเรียนส่วนใหญ่ยังชอบการทดลองแบบมาตรฐานเหมือนเดิมมากกว่าแบบไมโครสเกล และพบว่านักเรียนชายไม่ชอบทำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลกว่านักเรียนหญิง โดยเฉพาะการทดลองเรื่องการไทเทรตนักเรียนไม่ชอบมากที่สุด

แมนเฟรดี; และ แมคกรอว์ (Manfredi; & McGrew. 1996: A124-A126) ได้พัฒนาการทดลองแบบไมโครสเกลในการเตรียมสารอินทรีย์ประเภทไอออนบวก คือ flavylum salt ใช้ปริมาณสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยาคือ salicylaldehyde 1.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร ,10% NaOH 1.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ acetophenone 0.12 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยสอนในชั้นเรียนเคมี

อินทรีย์และวิเคราะห์สารที่เตรียมได้โดยใช้เทคนิค NMR Spectroscopy จากผลการทดลองพบว่าสามารถเตรียมผลิตภัณฑ์ตามต้องการ

ซิงค์; และคนอื่นๆ (Singh; et al. 2000: 625-626) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้ไมโครบิวเรต (microburet) กับบิวเรตมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไป ผลที่ได้พบว่า 1) สามารถลดค่าใช้จ่ายในการทดลองได้มากทั้งในเรื่องการซื้ออุปกรณ์และสารเคมีรวมถึงสารเคมีที่ต้องกำจัดลดลง 2) เวลาที่ใช้ในการทดลองลดลงมาก เนื่องจากตามปกติการไทเทรตสารในปริมาณ 10-25 ลูกบาศก์เซนติเมตรใช้เวลาประมาณ 25 นาที แต่ถ้าใช้ไมโครบิวเรตใช้เวลาประมาณ 3-5 นาที นอกจากนั้นการล้างและการจัดเก็บไมโครบิวเรตก็ไม่มีปัญหาทำได้ง่ายขึ้น 3) ความง่ายในการใช้งาน การใช้ไมโครบิวเรตสามารถนำมาใช้กับผู้เรียนได้ทุกลักษณะ ผู้เรียนที่พิการนั่งรถเข็นก็สามารถใช้อุปกรณ์นี้ได้ โต๊ะทดลองที่มีขนาดเตี้ยก็ตั้งไมโครบิวเรตได้ เพราะโดยทั่วไปบิวเรตที่ใช้งานกันมีความสูงและเป็นอุปสรรคต่อผู้ใช้ในบางกรณีได้เช่นผู้ใช้ที่พิการนั่งรถเข็น หรือผู้ใช้ที่มีความสูงไม่มาก

โอบาเนซ (Ibanez. 2001: 778-779) ใช้การทดลองแบบไมโครสเกลในการกำจัดปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (H_2S) ซึ่งมีผลต่อสิ่งแวดล้อมโดยการทำปฏิกิริยา electrochemical oxidation พบว่าได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นสารซัลเฟอร์บริสุทธ์ และแก๊สไฮโดรเจน ซึ่งได้ผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองมาตรฐานโดยทั่วไป

ฟิวรี; โคลอสซิโม; และเกียนเนส (Fuhry; Colosimo; & Giannesch. 2001: 949-950) ได้ใช้การทดลองไมโครสเกลในการทำปฏิกิริยา reduction ในชั้นเรียนเคมีอินทรีย์ขั้นสูง ซึ่งโดยปกติจะใช้เวลาในการทำการทดลองมาก ใช้พื้นที่ในการทำการทดลองและมีเครื่องมือในการทดลองเฉพาะ โดยในงานวิจัยครั้งนี้ได้สร้างชุดทดลองสำหรับทำปฏิกิริยาที่มีขนาดเล็ก และสามารถนำไปใส่ไว้ในตู้ดูดควันที่มีขนาดเล็กได้ ผลการทดลองพบว่าชุดทดลองนี้สามารถทำปฏิกิริยาได้สารผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ และนักศึกษาในชั้นเรียนมีโอกาสดำเนินการทดลองทุกกลุ่มและสังเกตผลการทดลองได้อย่างชัดเจน

เบคทรูป (Begtrup. 2001: 543) ได้นำกระบอกฉีดยาพลาสติกมาใช้เป็นอุปกรณ์ในการกรองสารเคมีในปริมาณน้อย โดยใช้กระบอกฉีดยาพลาสติกพอลิโพรพิลีน ที่มีขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถใช้กรองสารได้ดีเหมือนกับการใช้เครื่องมือกรองสารโดยทั่วไป เป็นวิธีการที่ง่ายไม่ยุ่งยาก

เอ็กเกนและวิททินเกน (Eggen; & Kvittingen. 2004: 1337-1338) พัฒนาเครื่องมือสำหรับใช้แยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด คือแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจน อุปกรณ์ที่นำมาใช้ทำเครื่องมือได้แก่โพลีเอทิลีนปิเปตแบบใช้แล้วทิ้ง หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า beral pipets ลวดยาว 25 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.1 มิลลิเมตร และถ่านไฟฉาย เครื่องมือดังกล่าวนำมาใช้สอนในหัวข้อปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยารีดักชันสำหรับนักเรียนในระดับมัธยมปลาย เป็นเครื่องมือที่ใช้งานง่ายและราคาถูก นักเรียนทุกคนในชั้นเรียนสามารถทำการทดลองได้ และสังเกตผลการทดลองได้อย่างชัดเจน โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง

วูสเตอร์ (Wooster. 2007: 45-47,56) ได้นำการทดลองแบบไมโครสเกลไปใช้กับนักเรียนในชั้นเรียน พบว่าการทดลองแบบไมโครสเกลมีข้อดีหลายด้าน จุดเด่นที่สุดคือการที่นักเรียนทุกคนมีโอกาสทำการทดลองได้ด้วยตนเองไม่จำเป็นต้องทำการทดลองเป็นกลุ่ม สามารถทำการทดลองอย่างอิสระ ใช้ได้กับนักเรียนทุกระดับทั้งเด็กเก่งและเด็กอ่อน โดยวูสเตอร์ได้นำการทดลองไมโครสเกลจำนวนหลายการทดลองมาใช้กับนักเรียนเช่น การทดลองเตรียมสารประกอบ การเตรียมแก๊ส การไทเทรต การศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นต้น ซึ่งนักเรียนรู้สึกสนุกสนานในการทำ การทดลองแบบไมโครสเกล เนื่องจากใช้เวลาในการทำทดลองไม่นาน ล้างอุปกรณ์ต่างๆ ได้ง่าย รวมเวลาที่ใช้ประมาณ 20 นาทีต่อการทดลอง ทำให้มีเวลาเหลือมากขึ้นในการอภิปรายผลการทดลองร่วมกันในชั้นเรียน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลองแบบไมโครสเกลเป็นการทดลองที่สามารถนำไปประยุกต์ได้กับวิชาเคมีในหลายสาขาวิชา ทั้งเคมีพื้นฐาน เคมีอินทรีย์ เคมีอนินทรีย์ เป็นต้น และมีผลดีในหลายๆด้าน เช่นประหยัดเวลาที่ใช้ในการทดลอง ปริมาณการใช้สารเคมีลดลง ปริมาณสารพิษที่ต้องกำจัดหลังการทดลองน้อยลง และยังได้ผลการทดลองเช่นเดียวกับมาตรฐานทั่วไป ดังนั้นจึงเป็นแรงจูงใจที่ทำให้ผู้วิจัยสนใจในการพัฒนาการทดลองแบบไมโครสเกลมาใช้ในการเรียนการสอนควบคู่กับการเรียนทฤษฎีของนักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

งานวิจัยเกี่ยวกับทักษะการคิดวิเคราะห์

งานวิจัยในประเทศ

นิภาพรรณ แดงโรจน์ (2530: 89-93) ได้ศึกษาความสามารถในการวิเคราะห์ตนเองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาจริยธรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยวิธีไตรสิกขา ผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการวิเคราะห์ตนเองของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับที่ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ศุภพงศ์ อยู่ทอง (2531: 44-49) ได้ศึกษาอิทธิพลของคำถามชั้นวิเคราะห์ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการคิดแบบวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในวิชาสังคมศึกษา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบวิธีการใช้คำถามในการเรียนสองแบบคือ การใช้คำถามชั้นวิเคราะห์โดยมีคำถามชั้นต่ำกว่าชั้นวิเคราะห์ (รู้จำ เข้าใจ นำไปใช้) ไม่เกินร้อยละ 30 และการใช้คำถามชั้นสูงกว่าการวิเคราะห์ โดยอาศัยการจำแนกพฤติกรรมการคิดตามทัศนะของบลูม เป็นแนวทางในการสร้างคำถามกับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มคือกลุ่มทดลองสอนโดยใช้แผนการสอนที่ใช้คำถามชั้นวิเคราะห์ และกลุ่มควบคุมสอนโดยใช้แผนการสอนที่ใช้คำถามไม่ถึงชั้นวิเคราะห์ ทำการทดสอบนักเรียนทั้งสองกลุ่มก่อนและหลังด้วยแบบทดสอบวัดพฤติกรรมการคิดแบบวิเคราะห์ฉบับเดียวกัน ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มทดลองมีพฤติกรรมการคิดแบบวิเคราะห์ดีกว่ากลุ่มควบคุม

จิต นวนแก้ว (2543: 144-145) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถด้านการคิดขั้นสูงในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองซึ่งประกอบด้วยนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ มีความสามารถในการคิดขั้นสูงในภาพรวมของการคิด 5 ประเภท ได้แก่การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิจารณ์ญาณ การคิดประเมินผล การคิดตัดสินใจ และการคิดแก้ปัญหาสูงขึ้นอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นด้านคิดประเมินผลแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติที่ระดับ .05

วิชชุดา งามอักษร (2541: 101-108) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการสอนแบบ SSCS กับการสอนตามคู่มือครู ผลการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สุภาวดี ด้านธำรงกุล และคนอื่นๆ (2543: 194) ได้ศึกษาพัฒนาชุดการเรียนการสอนทางการพยาบาลที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สร้างขึ้น ในวิชาสุขภาพจิตและการพยาบาลจิตเวช 1 ผลการศึกษาพบว่า 1) ประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอนพยาบาลที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ที่สร้างขึ้นเป็นไปตามเกณฑ์ 60/60 2) ผู้เรียนที่เรียนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนทางการพยาบาลที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากกว่านักศึกษาที่เรียนแบบเดิม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

รัตนา บรรณาธรรม (2545: 106-108) ได้ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระดับชั้นและเพศที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์ ไตร่ตรองของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถามความคิดวิเคราะห์ ไตร่ตรอง แบ่งระดับความคิดออกเป็น 4 ระดับ คือ ความคิดแบบที่เคยชินเป็นนิสัย ความคิดจากความเข้าใจ ความคิดทบทวนอย่างรอบคอบ และความคิดแบบพินิจพิจารณา ผลการศึกษาพบว่าปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระดับชั้นเรียน และเพศ นักเรียนหญิงส่วนใหญ่มีการคิดแบบทบทวนรอบคอบ และนักเรียนชายส่วนใหญ่มีการคิดจากความเข้าใจ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ส่วนใหญ่มีความคิดแบบทบทวนรอบคอบ ในขณะที่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 5 มีการคิดจากความเข้าใจ

จิรพันธ์ วัชรกุล (2546: 27-28,40-42) ได้ศึกษาผลของการฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณในนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มทดลองได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามปกติ และประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้แบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยทั้งสองกลุ่มใช้เนื้อหาวิชาเดียวกันผลการศึกษาพบว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความคิดอย่างมี

วิจารณ์ญาณสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีความคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณสูงกว่าก่อนได้รับการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอยู่ที่ระดับ .01

ปรียานูช สถาวรมณี (2548: 61-62) ได้พัฒนากิจกรรมเสริมหลักสูตรเสริม เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแม่พระฟาติมา โดยใช้ชุดกิจกรรม 10 กิจกรรม และทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์ 5 ด้านคือด้านการจำแนก ด้านการจัดหมวดหมู่ ด้านการสรุป ด้านการประยุกต์ และด้านการคาดการณ์ ในภาพรวมพบว่าการใช้กิจกรรมที่สร้างขึ้น นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์เพิ่มขึ้นทั้ง 5 ด้าน และนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์สูงมีค่าเฉลี่ยคะแนนการคิดเชิงวิเคราะห์ทั้ง 5 ด้านสูงกว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

วิลเลียมส์ (Williams.1981: 1605-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณระหว่างการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้กับการสอนแบบเดิมที่ครูเป็นจุดศูนย์กลางในวิชาประวัติศาสตร์อเมริกา กลุ่มทดลองสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ กลุ่มควบคุมสอนแบบเดิม ทำการสอนเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

แฮนเซน (Hansen. 1998: 10) ได้ศึกษาผลกระทบของการศึกษาทั่วไปของวิทยาลัยชุมชนที่มีต่อความสามารถทางการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณของนักศึกษา ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มชั่วโมงเรียนในแต่ละภาค ทำให้ความรู้และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณของนักศึกษาเพิ่มขึ้น และได้เสนอแนะให้การเพิ่มชั่วโมงเรียนในแต่ละภาคควรรวมการศึกษาทั่วไปของทุกคณะ เพื่อส่งเสริมความสามารถทางการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณของนักศึกษา

เบิร์กโธด์ (Bergthold. 1999: 1054A) ได้ศึกษารูปแบบการคิดเชิงวิเคราะห์ และการใช้ความรู้ต่อการเข้าใจเบื้องต้นของผู้เรียนในมโนทัศน์จำกัดในวิชาแคลคูลัส จากการสัมภาษณ์พบว่า ผู้เรียน 10 คน มีพัฒนาการคิดเชิงวิเคราะห์เพิ่มขึ้นในสถานการณ์ที่มีความยุ่งยาก ในขณะที่ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถอ่านผลของกราฟและตารางและคาดเดาความจำกัด ผู้เรียนเรียนรู้ว่าตารางและกราฟที่ไม่ชัดเจนอาจทำให้การอ่านผลผิดพลาดและวิเคราะห์ยาก

เฮลส์ (Hales. 2002: 2642-A) ได้ศึกษาการนำกลยุทธ์การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณมาใช้โดยครูประจำชั้น วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนดีขึ้น การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณและยุทธศาสตร์การถามเป็นสิ่งที่ช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น

ริคเกตส์ (Ricketts. 2004: 2349-A) ได้ศึกษาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณในการเลือกผู้นำเยาวชน ในด้านประสิทธิภาพการพัฒนาผู้นำ การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ และผลงานทางวิชาการของนักเรียน ผลการศึกษาพบว่า ผู้เข้าสมัครรับเลือกส่วนใหญ่มีความสามารถในการวิเคราะห์ การอ้างอิง และการประเมินผล แม้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคะแนน

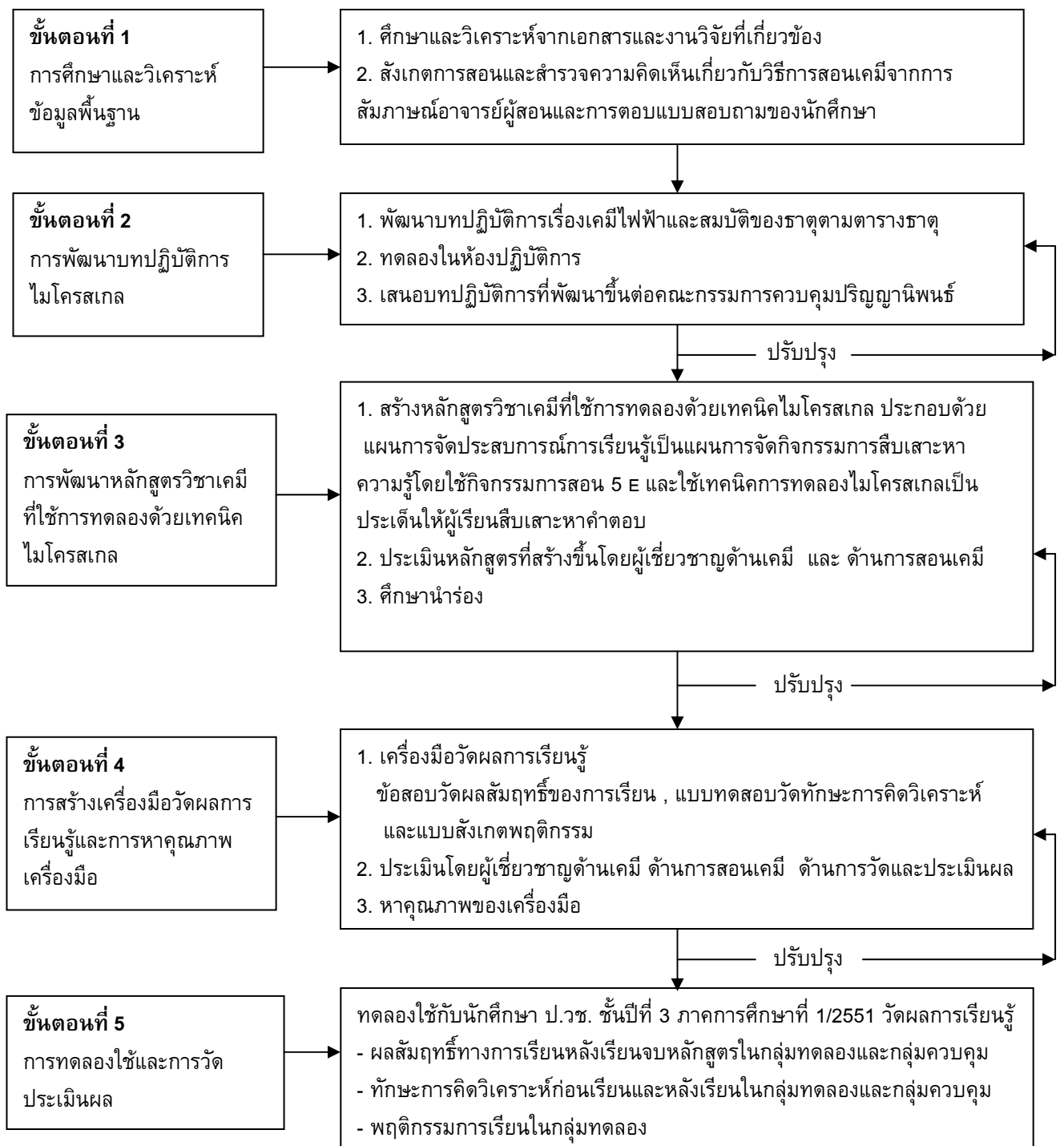
การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหญิงสูงกว่านักเรียนชาย เรื่องของอายุไม่สามารถเป็นตัวพยากรณ์เรื่องความสามารถทางการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แต่การคิดอย่างมีวิจารณญาณสัมพันธ์กับผลงานทางวิชาการของนักเรียน นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างภาวะผู้นำและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะนิสัยในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ดังนั้นจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการคิดวิเคราะห์พบว่า การคิดวิเคราะห์มีผลต่อการพัฒนาการเรียนการสอน ให้ผู้เรียนรู้จักฝึกการใช้การคิด ฝึกใช้เหตุผลในการตัดสินใจเรื่องต่างๆ และทักษะทางด้านการคิดวิเคราะห์ก็เป็นทักษะที่สามารถฝึกฝนได้ ถ้าผู้สอนพยายามหาเทคนิควิธีการสอนต่างๆ ที่เหมาะสมกับเนื้อหาที่สอน และพยายามสอนให้ผู้เรียนมีปฏิกิริยาโต้ตอบ เพื่อให้ผู้เรียนได้สะท้อนความคิด มีปฏิสัมพันธ์ต่อความคิดที่ได้รับ และจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับในสภาวะปัจจุบันที่ผู้สอนจะต้องตระหนักถึงกลวิธีการสอนรูปแบบต่างๆ ที่ควรนำมาประยุกต์ใช้ในการสอนในชั้นเรียนเพื่อกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดได้ด้วยตนเอง เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ ในชั้นเรียน การเรียนรู้สิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวเอง รวมถึงการพัฒนาไปใช้ในการเรียนระดับสูงต่อไปในอนาคต

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล สำหรับนักศึกษา
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เป็นการศึกษาในลักษณะการวิจัยและพัฒนา ใช้วิธีวิจัยทั้งเชิงปริมาณ
และเชิงคุณภาพ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน

การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล การดำเนินการแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 รวบรวมข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทัศนคติพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง ระบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ แนวคิดเรื่องทักษะการคิด การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมี ทำให้ได้แนวทางในการนำมาพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลในงานวิจัยครั้งนี้

ส่วนที่ 2 รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการสอนของอาจารย์เคมีในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จากการสังเกตการสอนและสัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอน รวบรวมข้อมูลแสดงความคิดเห็นของนักศึกษา ระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3 เกี่ยวกับวิธีการสอนของอาจารย์ ทำให้ทราบว่าการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันยังไม่สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545 ดังนั้นจากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางในการพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการไมโครสเกล

ผู้วิจัยพัฒนาบทปฏิบัติการไมโครสเกลและทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความชัดเจนของผลการทดลอง และความเหมาะสมกับระดับของนักศึกษา ซึ่งจุดเด่นของบทปฏิบัติการไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นเป็นการทดลองที่ใช้สารเคมีในปริมาณน้อย ประมาณ 3-10 หยด ภาชนะที่ใช้บรรจุสารเคมีในการทำการทดลองเป็นวัสดุพลาสติกที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก วัสดุประเภทโลหะหลายชนิดที่เลือกมาใช้ในการทดลองเป็นวัสดุที่ผู้เรียนพบเห็นในชีวิตประจำวัน

จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าแต่ละบทปฏิบัติการใช้เวลาในการทดลองประมาณ 20 นาที โดยสามารถล้างและเก็บอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้อย่างสะดวก ทำให้มีเวลามากพอในการอภิปรายและสรุปผลร่วมกันในชั้นเรียน บทปฏิบัติการไมโครสเกลที่สร้างขึ้นประกอบด้วย 2 เรื่องคือ เคมีไฟฟ้า และสมบัติธาตุตามตารางธาตุ ซึ่งตรงกับรายวิชา เคมี 5 รหัสวิชา 392155 ตามโครงสร้างหลักสูตร ป.วช. ชั้นปีที่ 3 ของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยผู้วิจัยพัฒนาบทปฏิบัติการไมโครสเกลจำนวน 7 บทปฏิบัติการ ได้แก่

1) บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่องเลขออกซิเดชัน เป็นการศึกษากฎกิริยาเคมีของสารประกอบธาตุแทรนซิชันที่มีเลขออกซิเดชันต่างกัน ในการสร้างบทปฏิบัติการนี้ใช้สารประกอบธาตุแทรนซิชัน

2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นไอออนของเหล็ก โดยเปรียบเทียบการทำปฏิกิริยาเคมีของ Fe^{2+} กับ Fe^{3+} กลุ่มที่สองเป็นไอออนของโครเมียม โดยเปรียบเทียบการทำปฏิกิริยาเคมีของ Cr^{3+} กับ Cr^{6+} ผลการทดลองที่ผู้วิจัยทำในห้องปฏิบัติการมีความถูกต้องและมีความชัดเจน

2) บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ เป็นการศึกษาปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอนที่เรียกว่าปฏิกิริยารีดักชัน-ออกซิเดชัน ในการสร้างบทปฏิบัติการนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกใช้โลหะชนิดต่างๆ ทำปฏิกิริยากับสารละลายหลายชนิด และส่วนที่สองศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารละลาย 2 ชนิด เพื่อเปรียบเทียบให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจระหว่างปฏิกิริยารีดอกซ์ที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอน และปฏิกิริยาที่ไม่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอน ผลการทดลองที่ได้ทั้ง 2 ส่วน มีความถูกต้องและมีความชัดเจน

3) บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องเซลล์กัลวานิก เป็นการศึกษาการเปลี่ยนรูปจากพลังงานเคมีไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการต่อครึ่งปฏิกิริยาเข้าด้วยกันและเมื่อต่อครบวงจรสามารถวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ได้ ในการสร้างบทปฏิบัติการนี้ใช้ครึ่งเซลล์ที่นำมาต่อให้ครบวงจรทั้งหมด 9 คู่ ได้แก่ Ni/NiSO_4 กับ Cu/CuSO_4 , Zn/ZnSO_4 กับ $\text{Fe}/\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Pb}/\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ กับ $\text{Fe}/\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, Zn/ZnSO_4 กับ $\text{Pb}/\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Pb}/\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ กับ Mg/MgCl_2 , Zn/ZnSO_4 กับ Mg/MgCl_2 , Zn/ZnSO_4 กับ Ni/NiSO_4 , $\text{Fe}/\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ กับ Cu/CuSO_4 และ $\text{Pb}/\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ กับ Cu/CuSO_4 ผลการทดลองที่ได้ในการต่อเซลล์กัลวานิกทั้ง 9 คู่ มีความถูกต้องและมีความชัดเจน

4) บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องเซลล์ความเข้มข้น เป็นการศึกษาเซลล์กัลวานิกที่มีการนำครึ่งเซลล์ชนิดเดียวกันความเข้มข้นต่างกันมาต่อให้ครบวงจร ในการสร้างบทปฏิบัติการนี้ใช้ครึ่งเซลล์ของ Zn/ZnSO_4 โดยใช้ความเข้มข้นต่างกัน คือ 300 เท่า , 500 เท่า และ 3,000 เท่า ตามลำดับ ผลการทดลองที่ได้ในการต่อเซลล์ความเข้มข้นทั้ง 3 คู่ มีความถูกต้องและมีความชัดเจน

5) บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่องการแยกสลายด้วยไฟฟ้า เป็นการศึกษาการเปลี่ยนรูปจากพลังงานไฟฟ้ามาเป็นปฏิกิริยาเคมี ในการสร้างบทปฏิบัติการแบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกศึกษาการแยกสลายสารละลายที่มีความเข้มข้น 1 mol/dm^3 จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ KI , BaCl_2 , CuSO_4 , KBr , NiSO_4 , AgNO_3 , Na_2SO_4 , KNO_3 , K_2SO_4 และ NaCl และส่วนที่สองศึกษาการแยกสลายสารละลาย NaCl ที่มีความเข้มข้นต่างๆ กัน ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองทั้ง 2 ส่วน มีความถูกต้องและมีความชัดเจน

6) บทปฏิบัติการที่ 6 เรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบของธาตุหมู่หลัก เป็นการศึกษาสมบัติของสารประกอบของธาตุหมู่ IA IIA และ VIIA และศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบของธาตุหมู่ VIIA ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการที่ได้มีความถูกต้องและมีความชัดเจน

7) บทปฏิบัติการที่ 7 เรื่องธาตุแทรนซิชัน เป็นการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบของธาตุแทรนซิชันบางชนิด โดยผู้วิจัยทดลองใช้สารประกอบของธาตุแทรนซิชัน 4 ชนิด ได้แก่ สารประกอบของทองแดง นิกเกิล โคบอลต์ และ เงิน ผลการทดลองที่ผู้วิจัยทำในห้องปฏิบัติการของสารประกอบธาตุแทรนซิชันทั้ง 4 ชนิด มีความถูกต้องและมีความชัดเจน

เมื่อตรวจสอบวิธีการทดลอง และผลการทดลองในห้องปฏิบัติการแล้ว ผู้วิจัยนำมารวบรวมเป็นรายละเอียดของบทปฏิบัติการไมโครสเกล โดยองค์ประกอบของบทปฏิบัติการไมโครสเกลทั้ง 7 บทปฏิบัติการประกอบด้วย

- 1) จุดประสงค์การทดลอง
- 2) เวลาที่ใช้ในการทำการทดลอง
- 3) สารเคมีและอุปกรณ์
- 4) วิธีการทดลอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ครั้งคือ การทดลองครั้งที่ 1 เป็นการทำการทดลองที่ผู้สอนให้คำแนะนำ และ การทดลองครั้งที่ 2 ผู้เรียนเป็นผู้วางแผนและดำเนินการทดลองด้วยตนเองโดยใช้แนวทางจากการทดลองครั้งที่ 1
- 5) ตารางบันทึกผลการทดลองของการทดลองครั้งที่ 1 และการทดลองครั้งที่ 2
- 6) สรุปผลการทดลองครั้งที่ 1 และการทดลองครั้งที่ 2
- 7) แบบฝึกหัดท้ายการทดลองเพื่อวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการจำแนก ด้านการจัดหมวดหมู่ ด้านการสรุป ด้านการประยุกต์ และด้านการคาดการณ์ โดยแบบฝึกหัดทั้ง 7 บทปฏิบัติการ มีคำถามวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ครบทั้ง 5 ด้าน

หลังจากดำเนินการสร้างบทปฏิบัติการไมโครสเกลทั้ง 7 บทปฏิบัติการ ให้เหมาะสมแล้วจึงนำมาพัฒนาเป็นหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล

การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล เป็นการจัดเนื้อหา กิจกรรมและประสบการณ์วิชาเคมีในชั้นเรียนที่มีการดำเนินการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5 E) และใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลเป็นประเด็นให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ มีการนำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลมาใช้ในขั้นตอนการนำเข้าสู่บทเรียน และขั้นตอนการอธิบายและลงข้อสรุป ซึ่งการใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลในการนำเข้าสู่บทเรียนเป็นการสร้างให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและเกิดการสำรวจข้อเท็จจริง และทำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลอีกครั้งในขั้นตอนการอธิบายและลงข้อสรุป เพื่อให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดจากการทดลองที่ทำก่อนหน้านั้นเป็นแนวทาง ทำให้สามารถอธิบายผลการทดลองและสรุปผลการทดลองที่ได้ถูกต้อง เป็นการเสริมสร้างความเข้าใจในเนื้อหาวิชาให้กับผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับดี และเสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ รายละเอียดในการดำเนินการมีดังนี้

1. แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ เป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับจัดการเรียนรู้ให้กับกลุ่มทดลอง มีการดำเนินการดังนี้

1.1 ชั้นเตรียมการ ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตร รายวิชาเคมี 5 รหัสวิชา 392155 ที่ใช้กับนักศึกษาระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3 วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เพื่อจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสม

1.2 กำหนดหัวข้อในการเรียนรู้ และเวลาที่เหมาะสมในการจัดการเรียนการสอน ตามตาราง 8

ตาราง 8 การกำหนดหัวข้อการเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

เนื้อหาเรื่อง	แผนการจัดประสบการณ์ การเรียนรู้เรื่อง		เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)
เคมีไฟฟ้า	1. เลขออกซิเดชัน	- การทดลองปฏิกิริยาของธาตุที่มีเลขออกซิเดชันต่างกัน	1
		- สรุปผลการทดลองเชื่อมโยงกับทฤษฎีและเสริมความรู้เพิ่มเติม	1
	2. ปฏิกิริยารีดอกซ์	- การทดลองปฏิกิริยาของโลหะ	2
		- การทดลองปฏิกิริยารีดอกซ์ และปฏิกิริยาที่ไม่ใช่ปฏิกิริยารีดอกซ์	2
		- สรุปผลการทดลองเชื่อมโยงกับทฤษฎีและเสริมความรู้เพิ่มเติม	2
	3. เซลล์กัลวานิก	- การทดลองเซลล์กัลวานิก	2
		- สรุปผลการทดลองเชื่อมโยงกับทฤษฎีและเสริมความรู้เพิ่มเติม	2
	4. เซลล์ความเข้มข้น	- การทดลองเซลล์ความเข้มข้น	2
		- สรุปผลการทดลองเชื่อมโยงกับทฤษฎีและเสริมความรู้เพิ่มเติม	2
	5. การแยกสลายด้วยไฟฟ้า	- การทดลองแยกสลายสารละลายชนิดต่างๆ	2
		- การทดลองแยกสลายสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ กัน	2
		- สรุปผลการทดลองเชื่อมโยงกับทฤษฎีและเสริมความรู้เพิ่มเติม	2

ตาราง 8 (ต่อ)

เนื้อหาเรื่อง	แผนการจัดประสบการณ์ การเรียนรู้เรื่อง		เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)
สมบัติธาตุ ตามตาราง ธาตุ	6. สมบัติของ ธาตุหลัก	- การทดลองสมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบธาตุหมู่ IA IIA และ VIIA	1
		- สรุปผลการทดลองเชื่อมโยงกับทฤษฎีและเสริมความรู้ เพิ่มเติม	1
	7. ธาตุแทรนซิชัน	- การทดลองการทำปฏิกิริยาของสารประกอบธาตุ แทรนซิชันได้แก่ทองแดง นิกเกิล โคบอลต์ และ เงิน	2
		- สรุปผลการทดลองเชื่อมโยงกับทฤษฎีและเสริมความรู้ เพิ่มเติม	2

1.3 ขั้นสร้างแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแผนการจัด
ประสบการณ์การเรียนรู้ซึ่งประกอบด้วย

1.3.1 ชื่อเรื่อง เป็นชื่อที่กำหนดในการแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ทั้ง 7
เรื่อง

1.3.2 สาระสำคัญ เป็นเนื้อหาแสดงความคิดรวบยอด

1.3.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นข้อความที่ระบุวัตถุประสงค์การสอนที่มุ่งให้ผู้เรียน
เกิดผลการเรียนรู้ที่พึงประสงค์

1.3.4 เนื้อหาสาระ เป็นรายละเอียดความรู้ที่ขยายจากความคิดรวบยอดของ
สาระสำคัญ

1.3.5 กิจกรรมการเรียนการสอน เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรม 5 ขั้นตอน ซึ่ง
ประกอบด้วย ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้
และขั้นประเมินผล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ การจัดกิจกรรมในขั้นนี้ใช้การทดลองไมโครสเกล
กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และเริ่มตั้งคำถามในสิ่งที่สงสัย โดยให้ผู้เรียนแบ่งกลุ่มทำการ
ทดลองไมโครสเกลครั้งที่ 1 และขณะที่มีกิจกรรมการเรียนการสอนผู้สอนให้คำแนะนำตลอดเวลา

2) ขั้นสำรวจและค้นหา การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในขั้นนี้ผู้สอนและ
ผู้เรียน นำข้อมูลจากการทดลองมาสรุปร่วมกับในเบื้องต้น ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้เกิดการ
แลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างกันในห้องเรียน

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ในการจัดกิจกรรมในขั้นนี้ ผู้เรียนทำการทดลอง
ด้วยเทคนิคไมโครสเกลครั้งที่ 2 โดยวางแผนและดำเนินการทดลองด้วยตนเอง บทบาทของผู้สอน
ลดลง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเอง

4) ขยายความรู้ การจัดกิจกรรมในขั้นนี้ ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มเสนอผลการทดลองและอภิปรายผลร่วมกัน เพื่อขยายความรู้ที่ได้รับจากการทดลองในครั้งที่ 2 และเพิ่มเติมจากความรู้ที่ได้รับในการทดลองในครั้งที่ 1

5) ประเมินผล ในขั้นนี้ประเมินทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนโดยให้ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

1.3.6 สื่อการเรียนการสอน/แหล่งเรียนรู้ ระบุสื่อการเรียนการสอนที่ใช้ซึ่งเป็นการทดลองไมโครสเกล

1.3.7 การประเมินผล/เครื่องมือ เป็นการระบุเครื่องมือวัดผล สิ่งวัด วิธีการวัดและประเมินผล

รายละเอียดของการจัดกิจกรรมในแต่ละขั้นตอน แสดงในภาคผนวก ข

2. การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล

2.1 นำแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ มาประกอบกับรายละเอียดของเนื้อหาวิชาและบทปฏิบัติการไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น รวบรวมเป็นหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล

2.2 ให้นักศึกษาระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างทำกิจกรรม จำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของการใช้ภาษา ระยะเวลาในการกิจกรรม ขั้นตอนการทดลองไมโครสเกล นำมาปรับปรุง

2.4 ประเมินความเที่ยงตรงตามเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ตามแบบวัด IOC โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเคมี 1 ท่าน ด้านการสอนเคมี 1 ท่าน โดยหลักสูตรวิชาเคมีพร้อมบทปฏิบัติการไมโครสเกลเรื่องที่ 1 ได้ค่า IOC เท่ากับ 0.95 และหลักสูตรวิชาเคมีพร้อมบทปฏิบัติการไมโครสเกล เรื่องที่ 2 เรื่องที่ 3 เรื่องที่ 4 เรื่องที่ 5 เรื่องที่ 6 และเรื่องที่ 7 แต่ละเรื่องได้ค่า IOC เท่ากับ 1.00 จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ก่อนนำไปใช้ในการศึกษานำร่อง

2.5 การศึกษานำร่อง (Pilot study)

นำหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นมาทำการศึกษานำร่องกับนักศึกษาระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ทำการสอนด้วยตนเอง เพื่อศึกษาความเหมาะสม ความสอดคล้องของเนื้อหา ความชัดเจนของภาษาที่ใช้ รวมถึงปัญหาและอุปสรรคในการนำหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้และการหาคุณภาพของเครื่องมือ

การศึกษาผลการใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคการทดลองไมโครสเกล ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดวิเคราะห์ และการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน ดังนี้

1. ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นข้อสอบปรนัย 5 ตัวเลือก ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 5 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ผู้วิจัยสร้างข้อสอบจำนวน 56 ข้อ มีขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพ ดังนี้

1.1 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้หรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวังว่าจะได้ จากการประเมินความรู้ทั้ง 4 ด้านคือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

1.2 สร้างข้อสอบที่สอดคล้องกับคุณลักษณะตามที่กำหนดไว้ ในการสร้างคำถามจะมีความชัดเจน ใช้ภาษาที่ง่ายและเขียนเป็นประโยคบอกเล่า แต่ละคำถามจะมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว ส่วนตัวเลือกจะเป็นประเด็นเรื่องเดียว มีความยาวใกล้เคียงกัน และกระจายคำตอบของข้อสอบทั้งฉบับให้มีสัดส่วนของแต่ละตัวเลือกใกล้เคียงกัน

1.3 พิจารณาคุณภาพของข้อสอบให้ครอบคลุมทั้งปัญหาและคำถาม ตัวเลือกและเหตุผลในการสร้างตัวเลือก รวมทั้งคำตอบที่ถูกต้อง

1.4 เกณฑ์การให้คะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน

1.5 การตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนดังนี้

1.5.1 นำข้อสอบไปประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี 1 ท่าน ด้านการสอนเคมี 1 ท่าน ด้านการวัดและประเมินผล 2 ท่าน ได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.50-1.00 จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขข้อสอบตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.5.2 นำข้อสอบไปทดสอบกับนักศึกษาระดับ ปวช. ชั้นปีที่ 3 จำนวน 62 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง นำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนน แล้วนำมาวิเคราะห์ผลดังนี้

1) ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่าย โดยวิเคราะห์เป็นรายข้อ ใช้เทคนิคร้อยละ 27 ของจุด เทห์ฟาน คัดเลือกข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป และ ข้อที่ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง .20 – .80

2) นำคะแนนของข้อสอบที่คัดเลือกไว้จำนวน 48 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ ใช้วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (K.R.20) ได้ค่าความเชื่อมั่น .84

เมื่อได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพทั้ง 2 ข้อแล้ว ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 48 ข้อ แบ่งออกเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้ความจำ 13 ข้อ ด้านความเข้าใจ 18 ข้อ ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 13 ข้อ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ 4 ข้อ นำไปใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยทำการทดสอบหลังจากเรียนจบทั้งหลักสูตรแล้ว

2. แบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ เป็นแบบทดสอบปรนัย 5 ตัวเลือก เพื่อวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ใน 5 ด้านคือ ด้านการจำแนก การจัดหมวดหมู่ ด้านการสรุป ด้านการประยุกต์ และด้านการคาดการณ์ ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบจำนวน 42 ข้อ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

2.1 ขั้นเตรียมการ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์นิยามศัพท์เฉพาะของทักษะการคิดวิเคราะห์ในแต่ละด้านที่ต้องการวัด

2.2 ขั้นสร้างแบบทดสอบ สร้างข้อสอบที่สอดคล้องกับคุณลักษณะตามที่กำหนดไว้ โดยสอดคล้องกับตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด เกณฑ์การให้คะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน

2.3 ขั้นการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ มีขั้นตอนดังนี้

2.3.1 นำแบบทดสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเคมี 1 ท่าน ด้านการวัดและประเมินผล 2 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องของคำถามแต่ละข้อว่าตรงกับวัตถุประสงค์ เนื้อหา พฤติกรรมที่ต้องการวัด การครอบคลุมเนื้อหาตามที่กำหนด รวมทั้งความถูกต้องของโครงสร้างแบบทดสอบตรงตามทฤษฎีหรือแนวคิดที่กำหนด ได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขแบบทดสอบตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

2.3.2 นำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักศึกษาระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3 จำนวน 62 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง นำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนน แล้วนำมาวิเคราะห์ผลดังนี้

1) ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่าย โดยวิเคราะห์เป็นรายข้อ ใช้เทคนิค ร้อยละ 27 ของจุด เต็ม ฟาน คัดเลือกข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป และ ข้อที่ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง .20 – .80

2) นำคะแนนของข้อสอบที่คัดเลือกไว้จำนวน 30 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ ใช้วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (K.R.20) ได้ค่าความเชื่อมั่น .87

เมื่อได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพทั้ง 2 ข้อแล้ว ได้แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ที่มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 30 ข้อ แบ่งออกเป็น การวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ด้านการจำแนก 6 ข้อ ด้านการจัดหมวดหมู่ 2 ข้อ ด้านการสรุป 9 ข้อ ด้านการประยุกต์ 5 ข้อ และด้านการคาดการณ์ 8 ข้อ ซึ่งนำไปใช้วัดผลการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (ข้อสอบชุดเดียวกัน)

3. การสังเกตพฤติกรรม สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list) มีลักษณะเป็นแบบสังเกตการสอนแบบมีโครงสร้าง เป็นการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในขณะที่มีการเรียนการสอนในชั้นเรียน บรรยากาศในชั้นเรียน การมีส่วนร่วมของผู้เรียน มีลำดับขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

3.1 ให้คำนิยามพฤติกรรมที่ต้องการสังเกต โดยครอบคลุมสิ่งที่สังเกต พฤติกรรมที่สังเกต และความหมายของพฤติกรรมที่สังเกต พร้อมทั้งกำหนดวัตถุประสงค์ของการสังเกตพฤติกรรม

3.2 ศึกษาเนื้อหา คู่มือการสอน เพื่อกำหนดเกณฑ์ในการประเมินพฤติกรรมการสอน

3.3 นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาร่างเป็นแบบสังเกตตามขอบข่ายพฤติกรรมที่ต้องการศึกษา

3.4 นำร่างแบบสังเกต ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนเคมี 1 ท่าน ด้านการวัดและประเมินผล 2 ท่าน เป็นผู้พิจารณาความสอดคล้องของข้อความกับลักษณะต่าง ๆ ตามนิยามศัพท์

หรือวัตถุประสงค์การศึกษา นำมาปรับปรุงแก้ไขข้อความ ที่ผู้เชี่ยวชาญได้ลงความเห็นสอดคล้องกัน
ว่าเป็นข้อความที่วัดตรงตามจุดมุ่งหมายในการวิจัย และนำไปใช้ประเมินผลพฤติกรรมของกลุ่ม
ทดลอง

ขั้นตอนที่ 5 การนำหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล ทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง และการวัดประเมินผล

การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา

นักศึกษาระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 2 ห้อง
แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้อง จำนวนนักศึกษา 33 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องจำนวนนักศึกษา 32
คน มีวิธีการสุ่มตัวอย่าง ดังนี้

- 1) สุ่มสาขาวิชา โดยสุ่มได้สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
- 2) สุ่มจากสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มา 2 ห้อง จากทั้งหมด 4 ห้อง
- 3) สุ่ม 1 ห้องเป็นกลุ่มควบคุม และ 1 ห้องเป็นกลุ่มทดลอง โดยจัดกระทำกับกลุ่ม

ตัวอย่าง คือ กลุ่มทดลองได้รับการเรียนการสอนโดยหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิค
ไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น และกลุ่มควบคุมได้รับการเรียนการสอนตามปกติ โดยวิธีการสอนแบบ
บรรยาย

2. เนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง รายวิชาเคมี 5 รหัสวิชา 392155 เรื่องเคมีไฟฟ้า และ
สมบัติของธาตุตามตารางธาตุ ในระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3

3. ระยะที่ใช้ในการทดลอง 1 ภาคการศึกษา จัดการเรียนในภาคการศึกษาที่ 1 ปี
การศึกษา 2551 ช่วงระหว่าง เดือนมิถุนายน 2551- กันยายน 2551 ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนเอง
ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

รูปแบบการวิจัยเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองกับ
กลุ่มควบคุม มีแบบแผนการทดลองเป็นแบบศึกษาสองกลุ่มวัดหลังทดลองครั้งเดียว
(Nonequivalent groups posttest only design) (องอาจ นัยพัฒน์. 2548: 272)

กลุ่ม	ให้สิ่งทดลอง	ทดสอบหลัง
E	X	O ₂
C	~	O ₂

E หมายถึง กลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิค
ไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น

X หมายถึง การสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น

C หมายถึง กลุ่มควบคุมที่เรียนโดยใช้การเรียนการสอนตามปกติ เป็นวิธีการสอนแบบบรรยาย

O₂ หมายถึง ทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังการทดลองสิ้นสุด

รูปแบบการวิจัยเพื่อศึกษาทักษะการคิดวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีแบบแผนการทดลองเป็นแบบศึกษาสองกลุ่มวัดก่อน-หลังการทดลอง (Nonequivalent groups pretest-posttest design) (องอาจ นัยวัฒน์. 2548: 279-280)

กลุ่ม	ทดสอบก่อนหรือวัดก่อน	ให้สิ่งทดลอง	ทดสอบหรือวัดหลัง
E	O ₁	X	O ₂
C	O ₁	~	O ₂

E หมายถึง กลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น

X หมายถึง การสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น

C หมายถึง กลุ่มควบคุมที่เรียนโดยใช้การเรียนการสอนตามปกติ เป็นวิธีการสอนแบบบรรยาย

O₁ หมายถึง ทดสอบทักษะการคิดวิเคราะห์ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนให้สิ่งทดลองกับตัวอย่างในกลุ่มทดลอง

O₂ หมายถึง ทดสอบทักษะการคิดวิเคราะห์ภายหลังการทดลองสิ้นสุด

4. ขั้นตอนการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

4.1 ทำหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรโศภ ถึงผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในการใช้กลุ่มตัวอย่างทดลองเป็นนักเรียนระดับป.วช.ชั้นปีที่ 3 ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเคมี 5 รหัสวิชา 392155

4.2 ผู้วิจัยเป็นผู้สอนกลุ่มทดลอง 1 ห้อง จำนวนนักศึกษา 33 คน สอนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น โดยแบ่งกลุ่มขณะทำบทปฏิบัติการ ไมโครสเกลกลุ่มละ 3 คน รวม 11 กลุ่ม และสอนกลุ่มควบคุม 1 ห้อง จำนวนนักศึกษา 32 คน สอนโดยใช้การเรียนการสอนตามปกติซึ่งเป็นวิธีการสอนแบบบรรยาย

4.3 ดำเนินการสอนในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2551 เป็นเวลา 1 ภาคการศึกษา ทั้งหมด 16 สัปดาห์ จำนวน 32 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยและผู้เรียนได้ทำความเข้าใจร่วมกันเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ในกลุ่มทดลองดำเนินการสอนตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 ขั้น บทบาทของผู้เรียนและผู้สอน แสดงดังตาราง 9 และ ตาราง 10 แสดงการเปรียบเทียบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตาราง 9 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ และบทบาทของผู้เรียน ผู้สอนในกลุ่มทดลอง

ขั้นตอนการจัด การเรียนรู้	บทบาทของ	
	ผู้เรียน	ผู้สอน
สร้างความสนใจ	- ตั้งคำถามในสิ่งที่สงสัย - กำหนดขอบเขตสิ่งที่จะเรียนรู้ - ทำการทดลองไมโครสเกลครั้งที่หนึ่ง	- กระตุ้นให้เกิดความสนใจโดยใช้การทดลองไมโครสเกล - การทำการทดลองไมโครสเกลในครั้งนี้ ผู้สอนอธิบายขั้นตอนอย่างละเอียด ขณะทำการทดลองผู้สอนให้คำแนะนำ และให้ข้อมูลเพิ่มเติมเมื่อผู้เรียนเกิดข้อสงสัย
สำรวจและค้นหา	- ผู้เรียนสำรวจข้อเท็จจริงโดยช่วยกันสรุปผลการทดลอง	- อธิบายสั้นๆ โดยใช้คำถาม เพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างกันในชั้นเรียน
อธิบายและลงข้อสรุป	- ทำการทดลองไมโครสเกลครั้งที่สองในเรื่องเดิม ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันวางแผนและดำเนินการทดลองด้วยตนเองโดยใช้แนวทางจากการทดลองครั้งที่หนึ่ง - สรุปผลการทดลองและความรู้ที่ได้ด้วยตนเอง	- ขณะทำการทดลองไมโครสเกลครั้งที่สอง ผู้สอนให้คำแนะนำเพียงเล็กน้อย ในกรณีที่ผู้เรียนยังมีข้อสงสัย - ให้ข้อมูลเพิ่มเติมของเนื้อหาอื่นๆ
ขยายความรู้	- เสนอผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง อภิปรายผลร่วมกัน - การนำไปประยุกต์ใช้	- กระตุ้นผู้เรียนให้ช่วยกันแสดงความคิดเห็น - เสริมความรู้เพิ่มเติม
ประเมินผล	- ตอบคำถามท้ายการทดลองเพื่อวัดทักษะการคิดวิเคราะห์	- ประเมินผลการเรียนรู้เบื้องต้นจากคำถามวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ท้ายการทดลอง

ตาราง 10 การเปรียบเทียบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

เนื้อหา	การจัดกิจกรรม	
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
1. เลขออกซิเดชัน	1. ขั้นสร้างความสนใจ - ใช้คำถามกับผู้เรียนให้เกิดความสนใจ เช่น สารประกอบ FeCl_2 และ FeCl_3 แตกต่างกันอย่างไร [แตกต่างกันที่เลขออกซิเดชัน โดย FeCl_2, Fe มีเลขออกซิเดชัน +2 ส่วน FeCl_3, Fe มีเลขออกซิเดชัน +3] - ให้ผู้เรียนทำการทดลองไมโครสเกล เพื่อศึกษาปฏิกิริยาของ Fe^{2+} และ Fe^{3+} 2. ขั้นสำรวจและค้นหา - สรุปผลการทดลองร่วมกัน และเขียนสมการเคมีที่เกิดขึ้น 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป - ทำการทดลองไมโครสเกล เพื่อศึกษาปฏิกิริยาของ Cr^{3+} และ Cr^{6+} - ในแต่ละกลุ่มสรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้น 4. ขั้นขยายความ - แต่ละกลุ่มอภิปรายผลการทดลองที่เกิดขึ้น - ผู้สอนอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับสมการเคมีที่เกิดขึ้น และการหาเลขออกซิเดชันในสารประกอบชนิดต่างๆ - ผู้สอนโยงผลการทดลองที่ได้เพื่ออธิบายปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันเปรียบเทียบกับปฏิกิริยาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน 5. ขั้นประเมินผล - แต่ละกลุ่มทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ทักษะการคิดวิเคราะห์	- ผู้สอนบรรยายเรื่องเลขออกซิเดชัน - อธิบายการหาเลขออกซิเดชันในสารประกอบ - ยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันและปฏิกิริยาเคมีที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน

ตาราง 10 (ต่อ)

เนื้อหา	การจัดกิจกรรม	
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
2. ปฏิกริยารีดอกซ์	1. ขั้นสร้างความสนใจ - ใช้คำถามกับผู้เรียนให้เกิดความสนใจ เช่น เคยพบเห็นการสีกร่อนของโลหะหรือไม่ และระหว่างเหล็กกับอลูมิเนียม โลหะชนิดใดเกิดสนิมได้ง่ายกว่า เพราะเหตุใด - ให้ผู้เรียนทำการทดลองไมโครสเกล เพื่อศึกษาปฏิกริยาของโลหะ 4 ชนิดได้แก่ ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว ตะปูเหล็ก กับสารละลายที่กำหนดให้ 2. ขั้นสำรวจและค้นหา - สรุปผลการทดลองร่วมกัน และเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกริยาออกซิเดชัน และปฏิกริยารีดักชันที่เกิดขึ้น 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป - ทำการทดลองไมโครสเกล เพื่อศึกษาปฏิกริยาของโลหะ 4 ชนิดได้แก่ โลหะแมกเนเซียม โลหะจากกระป๋องอาหาร โลหะจากกระป๋องน้ำอัดลม และคลิพหนีบกระดาษที่มีองค์ประกอบของนิกเกิล - ทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกริยารีดอกซ์ และปฏิกริยาที่ไม่ใช่ปฏิกริยารีดอกซ์ - ในแต่ละกลุ่มสรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้น 4. ขั้นขยายความ - แต่ละกลุ่มอภิปรายผลการทดลองที่เกิดขึ้น - ร่วมกันเขียนสมการเคมีที่เกิดขึ้น - ผู้สอนอธิบายเพิ่มเติมในเรื่องปฏิกริยารีดอกซ์ และปฏิกริยาที่ไม่ใช่ปฏิกริยารีดอกซ์ 5. ขั้นประเมินผล - แต่ละกลุ่มทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ทักษะการคิดวิเคราะห์	- ผู้สอนอธิบายการเกิดปฏิกริยาระหว่างโลหะกับสารละลายชนิดต่างๆ โดยยกตัวอย่างสมการเคมี - ผู้สอนสาธิตการเกิดปฏิกริยาระหว่างโลหะสังกะสีกับสารละลาย CuSO_4 และอธิบายสมการเคมีที่เกิดขึ้น - อธิบายสมการเคมีแสดงปฏิกริยารีดอกซ์ และสมการเคมีที่เป็นปฏิกริยาทั่วไป

ตาราง 10 (ต่อ)

เนื้อหา	การจัดกิจกรรม	
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
3. เซลล์กัลวานิก	1. ขั้นสร้างความสนใจ - ใช้คำถามกับผู้เรียนให้เกิดความสนใจ เช่น แบตเตอรี่รถยนต์มีองค์ประกอบอะไรบ้าง และมีหลักการทำงานอย่างไร - ให้ผู้เรียนทำการทดลองไมโครสเกลเรื่องเซลล์กัลวานิก โดยต่อครึ่งเซลล์ 3 คู่เข้าด้วยกันคือ Ni/NiSO_4 กับ Cu/CuSO_4 , Zn/ZnSO_4 กับ $\text{Fe/Fe(NO}_3)_3$ และ $\text{Pb/Pb(NO}_3)_2$ กับ $\text{Fe/Fe(NO}_3)_3$ 2. ขั้นสำรวจและค้นหา - สรุปผลการทดลองร่วมกัน และเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขั้วแอโนด ปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วแคโทด และสมการรีดอกซ์ - ผู้สอนเพิ่มเติมการใช้ตารางค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของปฏิกิริยาครึ่งเซลล์รีดักชันเพื่อใช้คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป - ทำการทดลองไมโครสเกลโดยต่อครึ่งเซลล์ 6 คู่เข้าด้วยกันคือ Zn/ZnSO_4 กับ $\text{Pb/Pb(NO}_3)_2$, $\text{Pb/Pb(NO}_3)_2$ กับ Mg/MgCl_2 , Zn/ZnSO_4 กับ Mg/MgCl_2 , Zn/ZnSO_4 กับ Ni/NiSO_4 , $\text{Fe/Fe(NO}_3)_3$ กับ Cu/CuSO_4 และ $\text{Pb/Pb(NO}_3)_2$ กับ Cu/CuSO_4 - ในแต่ละกลุ่มสรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้นแสดงสมการเคมี และคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ เพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง 4. ขั้นขยายความ - แต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง - ผู้สอนอธิบายเพิ่มเติมของการนำเซลล์กัลวานิกไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ แบตเตอรี่รถยนต์ และแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ 5. ขั้นประเมินผล แต่ละกลุ่มทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองเพื่อวัดทักษะการคิดวิเคราะห์	- ผู้สอนอธิบายหลักการของเซลล์กัลวานิก พร้อมภาพประกอบการต่อเซลล์กัลวานิก ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วแอโนด และแคโทด - อธิบายการใช้ตารางค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของปฏิกิริยาครึ่งเซลล์รีดักชัน และการคำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์ - บรรยายการนำหลักการของเซลล์กัลวานิกไปประยุกต์ใช้

ตาราง 10 (ต่อ)

เนื้อหา	การจัดกิจกรรม	
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
4. เซลล์ความเข้มข้น	1. ขั้นสร้างความสนใจ - ใช้คำถามโดยโยงไปยังหลักการของเซลล์กัลวานิกที่ต่อครึ่งเซลล์ต่างชนิดกัน ดังนั้นถ้าเซลล์กัลวานิกที่ต่อครึ่งเซลล์ชนิดเดียวกันจะเกิดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์หรือไม่ [ลักษณะของการต่อครึ่งเซลล์ชนิดเดียวกันที่มีความเข้มข้นต่างกัน เรียกว่าเซลล์ความเข้มข้น และเกิดพลังงานไฟฟ้าได้เช่นกัน] - ให้ผู้เรียนทำการทดลองไมโครสเกลเรื่องเซลล์ความเข้มข้น โดยต่อครึ่งเซลล์ Zn/ZnSO_4 ที่มีความเข้มข้น 0.003 mol/dm^3 กับ 0.90 mol/dm^3 (ความเข้มข้นต่างกัน 300 เท่า) 2. ขั้นสำรวจและค้นหา - สรุปผลการทดลองร่วมกัน และเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขั้วแอโนด ปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วแคโทด และสมการรีดอกซ์ - ผู้สอนอธิบายการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ (E cell) 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป - ทำการทดลองไมโครสเกลโดยต่อครึ่งเซลล์ Zn/ZnSO_4 ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 500 เท่า และ 3000 เท่า ตามลำดับ - แต่ละกลุ่มสรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้น แสดงสมการเคมี และคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง 4. ขั้นขยายความ - แต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลองที่เกิดขึ้น - ผู้สอนอธิบายหลักการของเซลล์ความเข้มข้นเพิ่มเติม 5. ขั้นประเมินผล - แต่ละกลุ่มทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ทักษะการคิดวิเคราะห์	- ผู้สอนอธิบายหลักการของเซลล์ความเข้มข้น พร้อมภาพประกอบการต่อเซลล์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วแอโนด และแคโทด - อธิบายการคำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ (E cell)

ตาราง 10 (ต่อ)

เนื้อหา	การจัดกิจกรรม	
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
5. การแยกสลายด้วยไฟฟ้า	1. ขั้นสร้างความสนใจ - ใช้คำถาม เช่น เคยพบเห็นการชุบโลหะเช่น การชุบทองหรือไม่ มีหลักการอย่างไร [โดยการชุบโลหะเป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีชนิดหนึ่ง que เปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าเป็นปฏิกิริยาเคมี โดยเซลล์ไฟฟ้าเคมีชนิดนี้เรียกว่าเซลล์อิเล็กโทรไลติก หรือการแยกสลายด้วยไฟฟ้า] - ให้ผู้เรียนทำการทดลองไมโครสเกลเรื่องการแยกสลายด้วยไฟฟ้าโดยใช้สารละลาย 10 ชนิด 2. ขั้นสำรวจและค้นหา - สรุปผลการทดลองร่วมกัน และเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขั้วแอโนด ปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วแคโทด - ผู้สอนอธิบายเพิ่มเติมในการแยกสลายสารละลาย NaCl และ BaCl₂ 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป - ทำการทดลองไมโครสเกล โดยทดลองการแยกสลายสารละลาย NaCl ที่ความเข้มข้นต่างๆ - แต่ละกลุ่มสรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้น แสดงสมการเคมี 4. ขั้นขยายความ - แต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลองที่เกิดขึ้น - ผู้สอนอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นของการแยกสลายสารละลาย NaCl ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยเฉพาะความเข้มข้นที่เจือจางมากๆ - ผู้สอนอธิบายเพิ่มเติมในการแยกสลายสารที่หลอมเหลว ไม่มีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องในปฏิกิริยา - ผู้สอนอธิบายเพิ่มเติมการนำไปประยุกต์ใช้ เช่น การชุบโลหะ การสีกร่อน การประยุกต์ทางอุตสาหกรรม 5. ขั้นประเมินผล - แต่ละกลุ่มทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ทักษะการคิดวิเคราะห์	- ผู้สอนอธิบายหลักการแยกสลายสารละลายด้วยไฟฟ้า ยกตัวอย่างสารละลายชนิดต่างประกอบ - อธิบายการแยกสลายสารที่หลอมเหลว - อธิบายหลักการชุบโลหะ - การนำไปประยุกต์ในทางอุตสาหกรรม

ตาราง 10 (ต่อ)

เนื้อหา	การจัดกิจกรรม	
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
6. สมบัติของธาตุและสารประกอบของธาตุหมู่หลัก	1. ขั้นสร้างความสนใจ - ทบทวนเรื่องสมบัติการละลายของสารประกอบ เช่นการละลายของหมู่ IA IIA และ VIIA - ทบทวนการเขียนสมการการละลาย เช่นสมการการละลายของ NaCl $\text{NaCl (aq)} \rightarrow \text{Na}^+ \text{(aq)} + \text{Cl}^- \text{(aq)}$ - ทบทวนการเขียนสมการไอออนิก เช่นการผสมสารละลาย NaCl กับ AgNO_3 เกิดตะกอนของ AgCl โดยสมการไอออนิกคือ $\text{Ag}^+ \text{(aq)} + \text{Cl}^- \text{(aq)} \rightarrow \text{AgCl (s)}$ - ผู้เรียนทำการทดลองไมโครสเกล เพื่อศึกษาสมบัติของสารประกอบหมู่ IA และ IIA 2. ขั้นสำรวจและค้นหา - สรุปผลการทดลองร่วมกัน และเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป - ทำการทดลองไมโครสเกล โดยทดลองสมบัติและเกิดปฏิกิริยาของหมู่ VIIA และสรุปผลการทดลอง 4. ขั้นขยายความ - ร่วมกันอภิปรายผลการทดลองที่เกิดขึ้น - ร่วมกันเขียนปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น - สรุปสมบัติทั่วไป และการเกิดปฏิกิริยาเคมีของหมู่ IA IIA และ VIIA - ผู้สอนอธิบายเพิ่มเติมถึงประโยชน์ของธาตุหมู่หลัก - ผู้สอนอธิบายเพิ่มเติมเรื่องสมบัติของไฮโดรเจน 5. ขั้นประเมินผล - แต่ละกลุ่มทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ทักษะการคิดวิเคราะห์	- ผู้สอนบรรยายสมบัติทั่วไปของสารประกอบหมู่ IA IIA VIIA สมบัติทางเคมี สมบัติทางกายภาพ และการใช้ประโยชน์ - ผู้สอนบรรยายสมบัติของไฮโดรเจน

ตาราง 10 (ต่อ)

เนื้อหา	การจัดกิจกรรม	
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
7. ธาตุแทรนซิชัน	1. ขั้นสร้างความสนใจ - ให้ผู้เรียนยกตัวอย่างธาตุแทรนซิชัน - ใช้คำถามว่าธาตุแทรนซิชันมีสมบัติแตกต่างจากธาตุหลักอย่างไรบ้าง เช่นสมบัติการละลายสมบัติทางกายภาพ และการเกิดปฏิกิริยา - ให้ผู้เรียนทำการทดลองไมโครสเกล เพื่อศึกษาปฏิกิริยาของสารประกอบทองแดง และสารประกอบนิกเกิล 2. ขั้นสำรวจและค้นหา - สรุปผลการทดลองร่วมกัน และเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป - ทำการทดลองไมโครสเกล ศึกษาปฏิกิริยาของสารประกอบโคบอลต์ และสารประกอบซิลเวอร์ 4. ขั้นขยายความ - ร่วมกันอภิปรายผลการทดลองที่เกิดขึ้น - ร่วมกันเขียนปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น - สรุปสมบัติต่างๆ ของธาตุแทรนซิชัน - ผู้สอนอธิบายเพิ่มเติมเรื่องสารประกอบเชิงซ้อน การอ่านชื่อ และการหาเลขออกซิเดชัน 5. ขั้นประเมินผล - แต่ละกลุ่มทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลองเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ทักษะการคิดวิเคราะห์	- ผู้สอนบรรยายสมบัติทั่วไปและการเกิดปฏิกิริยาของธาตุแทรนซิชัน - อธิบายเรื่องสารประกอบเชิงซ้อน วิธีการอ่านชื่อ และการหาเลขออกซิเดชัน - ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดเรื่องการอ่านชื่อสารประกอบเชิงซ้อน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดำเนินการวัดผลหลังเรียนจบครบทั้งหลักสูตรแล้ว ส่วนการวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ดำเนินการวัดผลก่อนเรียนและหลังเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และขณะทดลองผู้วิจัยสังเกตการทำกิจกรรมของกลุ่มทดลองโดยบันทึกลงในแบบสังเกตพฤติกรรมที่สร้างขึ้น และบันทึกเทปวีดิทัศน์เพื่อนำมาประกอบการประเมินผลต่อไป

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของการรายงานผลการทดลองทุกครั้งของกลุ่มทดลองหลังทำบทปฏิบัติการไมโครสเกลเสร็จในแต่ละสัปดาห์ ใช้เวลาทั้งหมด 14 สัปดาห์ ในสัปดาห์แรกทำการทดสอบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และในสัปดาห์ที่ 15 ทำ

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทันที ในสัปดาห์ที่ 16 ทำการทดสอบทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ทุกครั้งที่มีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการไมโครสเกล ผู้วิจัยเก็บร่องรอยการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานในชั้นเรียนเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขการจัดการเรียนการสอนด้วยหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นให้เหมาะสมต่อไป

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติดังนี้

1. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย ใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความแปรปรวน ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เทคนิค ร้อยละ 27 ของจุฑา เทห์พาน ความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน

2. สถิติในการตรวจสอบสมมติฐานการวิจัย

2.1 การจัดแผนประสบการณ์การเรียนรู้โดยหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น ประเมินโดยการวิเคราะห์ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยใช้แบบวัด IOC

2.2 ผู้เรียนที่ได้เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดี (ร้อยละ 70 ขึ้นไป) ใช้ค่าเฉลี่ยของคะแนนในการทดสอบสมมติฐานข้อ 1

2.3 ผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย ใช้การวิเคราะห์ด้วย t-test for independent samples เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อ 2

2.4 ผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น และผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย มีทักษะการคิดวิเคราะห์สูงขึ้นกว่าก่อนเรียน วิเคราะห์ด้วย t-test for dependent samples เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อ 3

2.5 ผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นมีทักษะการคิดวิเคราะห์สูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย วิเคราะห์โดยใช้ความแปรปรวนร่วม (Analysis of covariance) และวิเคราะห์ร้อยละของคะแนนพัฒนาการทักษะการคิดวิเคราะห์ เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อ 4

2.6 ผู้เรียนมีพฤติกรรมในชั้นเรียนได้แก่ พฤติกรรมที่แสดงความสนใจในขณะที่มีการเรียนการสอน พฤติกรรมกระตือรือร้นในการเรียน พฤติกรรมมีส่วนร่วมในชั้นเรียน พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความพึงพอใจในการเรียน อยู่ในระดับดีถึงดีมาก (ระดับคะแนนพฤติกรรมเฉลี่ยของผู้เรียนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมอยู่ระหว่าง 4 – 5 คะแนน) วิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยของผลคะแนนในแต่ละกิจกรรม เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อ 5

การวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยใช้การประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

5. การประเมินผลและการปรับปรุงการสอนด้วยหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้ เป็นการประเมินผลโดยรวมของทุกขั้นตอน เพื่อรวบรวมข้อมูล ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ สำหรับนำไปปรับปรุงส่วนที่ยังบกพร่องเพื่อให้ได้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่สมบูรณ์ ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ดังนี้

การประมวลผลข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่

1. นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อศึกษาระดับของผลการเรียน
2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
3. เปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่ม

ควบคุม

4. เปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
5. เปรียบเทียบพัฒนาการทักษะการคิดวิเคราะห์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
6. วิเคราะห์ระดับพฤติกรรมในชั้นเรียน ได้แก่ พฤติกรรมที่แสดงความสนใจในขณะที่มีการเรียนการสอน พฤติกรรมกระตือรือร้นในการเรียน พฤติกรรมมีส่วนร่วมในชั้นเรียน พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความพึงพอใจในการเรียน ทั้งนี้เกณฑ์ที่ใช้กำหนดระดับพฤติกรรมมี 5 ระดับ คือ ระดับ 5 หมายถึง ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมนั้นในระดับดีมาก ระดับ 4 หมายถึงปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมนั้นในระดับดี ระดับ 3 หมายถึง ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมนั้นในระดับปานกลาง ระดับ 2 หมายถึง ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมนั้นในระดับน้อย และ ระดับ 1 หมายถึง ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมนั้นในระดับน้อยที่สุด โดยผู้วิจัยใช้ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์ผลของระดับพฤติกรรมเป็นรายกิจกรรม

การประมวลผลข้อมูลเชิงคุณภาพ นำผลการประเมินพฤติกรรมในชั้นเรียนมาพิจารณาร่วมกับการบันทึกเทปวีดิทัศน์

การดำเนินงานวิจัยเรื่องการพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลนั้น มีระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่เริ่มเก็บข้อมูลพื้นฐานจนกระทั่งถึงการประมวลผลข้อมูลทั้งหมดรวม 23 เดือน แสดงรายละเอียดในตาราง 11

ตาราง 11 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัย	วิธีการ	ระยะเวลา ดำเนินการ
1. การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน	- ศึกษาข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง - สังเกตการสอนและสัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอน - สัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักศึกษาโดยใช้แบบสอบถาม	มี.ค. - พ.ค. 2550
2. การพัฒนาบทปฏิบัติการไมโครสเกล	- พัฒนาบทปฏิบัติการไมโครสเกลเรื่องเคมีไฟฟ้าและสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ จำนวน 7 บทปฏิบัติการ - ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาผลการทดลอง - เสนอบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นต่อกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อตรวจสอบและดำเนินการแก้ไขให้เหมาะสม	มิ.ย. - ส.ค. 2550
3. การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล	- สร้างหลักสูตรที่ประกอบด้วย 1. เนื้อหาวิชา 2. แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่ดำเนินการสอนโดยใช้ 5 E 3. บทปฏิบัติการไมโครสเกล - ประเมินดัชนีความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี และด้านการสอนเคมี นำมาปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสม	ก.ย.- ธ.ค. 2550
4. การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้และหาคุณภาพ	- สร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน - สร้างแบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ - สร้างแบบสังเกตพฤติกรรม นำเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ทั้ง 3 ชุด ไปประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี ด้านการสอนเคมี ด้านการวัดและประเมินผล และนำมาปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสม นำเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ทั้ง 2 ชุดคือข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการคิดวิเคราะห์ เก็บข้อมูลกับนักศึกษาระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3 จำนวน 62 คนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ คือค่าความเชื่อมั่น ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย และใช้แบบสังเกตพฤติกรรมประเมินพฤติกรรมในชั้นเรียน	ต.ค.- มี.ค. 2550
5. การนำหลักสูตรมาทดลองใช้ และประเมินผล	- การศึกษานำร่อง - ทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง - เก็บข้อมูลและประมวลผลข้อมูล	พ.ย. 2550 มิ.ย. - ก.ย. 2551 (ภาคการศึกษา 1/2551) ต.ค.2551 - ก.พ. 2552

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลสำหรับ นักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ มีวัตถุประสงค์การวิจัย 3 ประการ คือ 1) เพื่อพัฒนา หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล และนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาเคมี สำหรับนักศึกษาในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ป.วช.) ของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2) เพื่อศึกษาผลการใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้ การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะ คือ (2.1) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนรู้ของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่ พัฒนาขึ้น (2.2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชา เคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นกับนักศึกษาที่ได้รับการเรียนการสอน ตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย (2.3) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและ หลังเรียนในนักศึกษาที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่ พัฒนาขึ้นและนักศึกษาที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย (2.4) เพื่อ เปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วย เทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นกับนักศึกษาที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบ บรรยาย (2.5) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเรียนในชั้นเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชา เคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ พฤติกรรมที่แสดงความสนใจในขณะที่ มีการเรียนการสอน พฤติกรรมกระตือรือร้นในการเรียน พฤติกรรมการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความพึงพอใจในการเรียน

ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน

จากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานพบว่า

1.1 สภาพทั่วไปและการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีของนักศึกษาหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ เป็นหลักสูตรที่สร้างขึ้นโดยวิทยาลัยเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มีการแก้ไขหลักสูตรในปี 2544 เพื่อให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 โดยวัตถุประสงค์ของหลักสูตร คือ เพื่อผลิตนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ให้มี ความรู้พื้นฐานทางด้านช่าง วิศวกรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อประโยชน์ในการประกอบ อาชีพและการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หลักสูตรนี้ใช้เวลาการศึกษา 3 ปีการศึกษา แบ่งออกเป็นระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 1 ป.วช. ชั้นปีที่ 2

และ ปว.ช. ชั้นปีที่ 3 ประกอบไปด้วย 3 สาขา คือ สาขาวิชาเครื่องกล สาขาวิชาโยธา และสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โครงสร้างหลักสูตรมีกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 2 รายวิชา คือ ฟิสิกส์และวิชาเคมี วิชาเคมีจัดการสอนรวม 6 รายวิชา คือเคมี 1 - เคมี 6 นักศึกษาต้องลงเรียนภาคการศึกษาละ 1 รายวิชา

ในการจัดการศึกษาเพื่อให้สอดคล้องกับกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 ต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด แต่จากการสัมภาษณ์และสังเกตการสอนในชั้นเรียน พบว่าอาจารย์ผู้สอนดำเนินการสอนด้วยเทคนิคการบรรยายเป็นส่วนใหญ่ และใช้การตั้งคำถามเป็นบางครั้งเพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน ผู้เรียนที่พยายามตอบคำถามเป็นผู้เรียนคนเดิมและมีผลการเรียนดี ส่วนผู้เรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง-ระดับอ่อน ตอบคำถามหรือแสดงความคิดเห็นน้อยมาก ในการเรียนการสอนแต่ละภาคการศึกษาผู้เรียนมีโอกาทำการทดลองเคมีประมาณ 1 ครั้งต่อภาคการศึกษา ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีของหลักสูตร ปว.ช. ในปัจจุบันยังไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ ทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิชาเคมีที่เหมาะสมสำหรับนักศึกษาหลักสูตร ปว.ช. ที่จัดการเรียนการสอนแบบเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการสอนแบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลอง การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ วิเคราะห์หลักสูตร ปว.ช. และใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอนวิชาเคมี จำนวน 6 คน และใช้แบบสอบถามกับนักศึกษาระดับ ปว.ช. ชั้นปีที่ 3

1.2 ผลการสัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอนวิชาเคมีจำนวน 6 คน

1.2.1 ปัญหาที่พบในการเรียนการสอนในปัจจุบัน คือ การสอนส่วนใหญ่เป็นลักษณะการบรรยายทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนน้อยมาก และไม่มีโอกาทำการทดลองเนื่องจากเนื้อหาวิชามากทำให้ไม่มีเวลาพอในการจัดการทดลองให้กับนักศึกษา ส่งผลให้นักศึกษขาดทักษะการทำการทดลอง

1.2.3 อาจารย์แต่ละคนมีความต้องการในการปรับปรุงวิธีการสอนใหม่ ต้องการให้นักศึกษามีโอกาสได้ทำการทดลอง และมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนมากขึ้น

1.3. ผลการใช้แบบสอบถามสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิชาเคมีของนักศึกษา ปว.ช. ชั้นปีที่ 3 จำนวน 81 ชุด ข้อมูลโดยสรุปดังนี้

1.3.1 นักศึกษามีความเห็นว่าการสอนในชั้นเรียนมีลักษณะเป็นการบรรยายมากเกินไป

1.3.2 นักศึกษาต้องการให้อาจารย์ปรับปรุงวิธีการสอนในชั้นเรียน

1.3.3 นักศึกษาคิดว่าการเรียนเคมีจากการทดลองทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น

1.3.4 นักศึกษามีความคิดเห็นว่าการทดลองส่งเสริมให้เกิดความคิดวิเคราะห์

1.3.5 เนื้อหาที่เรียนแล้วทำความเข้าใจยากมี 5 เรื่อง ตามลำดับ คือ เคมีไฟฟ้า (ร้อยละ 70.49) ปริมาณสารสัมพันธ์ (ร้อยละ 68.25) กรดเบส (ร้อยละ 56.91) อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ร้อยละ 54.44) และสมดุลเคมี (ร้อยละ 49.50)

จากปัญหาและเหตุผล ดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลสำหรับนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้น และเนื้อหาที่ผู้วิจัยนำไปพัฒนาบทปฏิบัติการไมโครสเกล ตรงกับรายวิชาเคมี 5 รหัสวิชา 392155 คือ เรื่อง เคมีไฟฟ้า และสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ เพื่อใช้จัดประสบการณ์การเรียนรู้จากประสบการณ์จริง เกิดกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้นและจดจำได้นาน ฝึกปฏิบัติให้มีกระบวนการคิดวิเคราะห์ เกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง และเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในด้านต่างๆ

ตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการไมโครสเกล

ผู้วิจัยได้พัฒนาบทปฏิบัติการไมโครสเกล เรื่องเคมีไฟฟ้า และ เรื่องสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ โดยศึกษาจากหลักสูตรรายวิชา เคมี 5 ของนักศึกษาระดับ ป.ว.ช. ชั้นปีที่ 3 และศึกษาจากบทปฏิบัติการเคมีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในรายวิชานี้ นำมาประยุกต์เป็นการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลมาให้เหมาะสมกับเนื้อหาและระดับชั้นของผู้เรียน นำมาใช้ในพัฒนาบทปฏิบัติการไมโครสเกล และทำการทดลองด้วยตนเองในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาผลการทดลองที่ได้สามารถพัฒนาบทปฏิบัติการไมโครสเกลรวม 7 บทปฏิบัติการ ดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่องเลขออกซิเดชัน บทเรียนนี้เป็นการศึกษาปฏิกิริยาเคมีของโลหะแทรนซิชันที่มีเลขออกซิเดชันต่างๆ โดยศึกษาโลหะ 2 ชนิดคือ เหล็ก (Fe) และโครเมียม (Cr) บทเรียนนี้มีจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ 1) เพื่อศึกษาปฏิกิริยาของโลหะแทรนซิชันที่มีเลขออกซิเดชันต่างกัน 2) เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการสังเกตและการทดลอง ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการแสดงดังตาราง 12 และตาราง 13

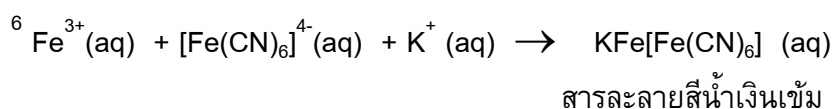
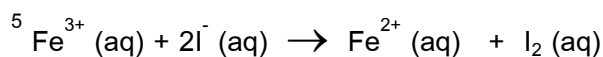
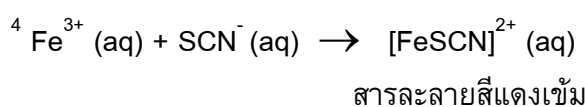
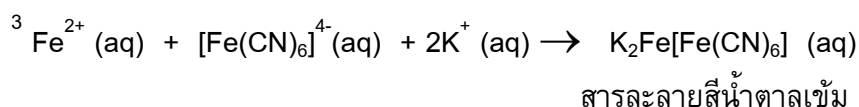
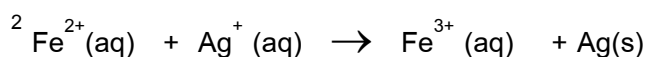
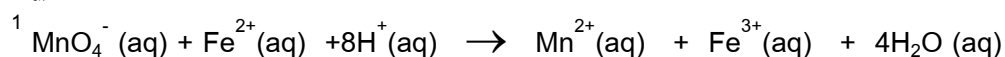


ภาพประกอบ 11 การทดลองเลขออกซิเดชัน

ตาราง 12 ผลการทดลองปฏิกิริยาของ Fe^{2+} และ Fe^{3+} กับสารละลายชนิดต่างๆ

สารละลาย	NaOH 1.00 mol/dm ³	NH ₄ SCN 0.10 mol/dm ³	KI 0.20 mol/dm ³	KMnO ₄ 0.20 mol/dm ³	AgNO ₃ 0.1 mol/dm ³	K ₄ [Fe(CN) ₆] 0.50 mol/dm ³
Fe^{2+} 0.20 mol/dm ³	เกิดตะกอนสีเขียว ของ $\text{Fe}(\text{OH})_2$	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	สารละลายมีสี ม่วงจางลง ¹	เกิดโลหะเงิน เกาะที่ภาชนะ ²	สารละลายสี น้ำตาลเข้ม ³
Fe^{3+} 0.20 mol/dm ³	เกิดตะกอนเหลือง ของ $\text{Fe}(\text{OH})_3$	เกิดสารละลายสี แดงเข้มของ ⁴ $[\text{FeSCN}]^{2+}$	สารละลายมีสี น้ำตาลเกิด I_2 ⁵	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	สารละลายมีสี น้ำเงินเข้ม ⁶

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ

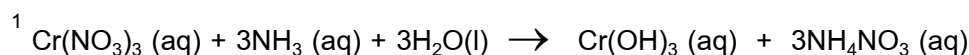


ที่มา: สุรางค์ อนุกุล. (2542). ปฏิบัติการเคมีคุณภาพวิเคราะห์. หน้า 41-44.

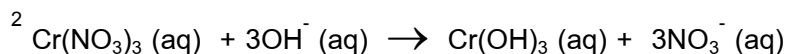
ตาราง 13 ผลการทดลองปฏิกิริยา Cr^{3+} และ Cr^{6+} กับสารละลายชนิดต่างๆ

สารละลาย	NH ₃ 3.00 mol/dm ³	Ag ⁺ 0.1 mol/dm ³	OH ⁻ 1.00 mol/dm ³	PO ₄ ³⁻ 0.2 mol/dm ³
Cr^{3+} 0.20 mol/dm ³	เกิดสารละลายสี เขียวของ $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ¹	ไม่เปลี่ยนแปลง	เกิดสารละลายสี เขียวของ $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ²	เกิดตะกอนสีเขียว อ่อนของ CrPO_4 ³
Cr^{6+} 0.20 mol/dm ³	ไม่เปลี่ยนแปลง	เกิดตะกอน สีเหลืองของ Ag_2CrO_4 ⁴	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง

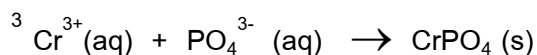
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ดังนี้



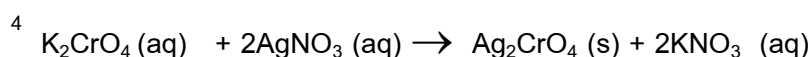
สารละลายสีเขียว



สารละลายสีเขียว



ตะกอนสีเขียวอ่อน



ตะกอนสีเหลือง

ที่มา: สุรางค์ อนุกุล. (2542). ปฏิบัติการเคมีคุณภาพวิเคราะห์. หน้า 51-53.

บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ บทเรียนนี้ศึกษาปฏิกิริยารีดักชัน-ออกซิเดชัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอน ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอน และมีผลทำให้เลขออกซิเดชันของธาตุในสารนั้นเพิ่มขึ้น ส่วนปฏิกิริยารีดักชันเป็นปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอนและมีผลทำให้เลขออกซิเดชันของธาตุในสารนั้นลดลง ทั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันต้องเกิดควบคู่กันในปฏิกิริยา รวมเรียกว่าปฏิกิริยารีดอกซ์ บทเรียนนี้มีจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ 1) บอกความหมายของปฏิกิริยารีดอกซ์ได้ 2) เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการทดลอง 3) สามารถเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ และอธิบายได้ว่าสารใดในปฏิกิริยาเป็นตัวรีดิวซ์ และสารใดเป็นตัวออกซิไดส์ ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการแสดงดังตาราง 14 และตาราง 15

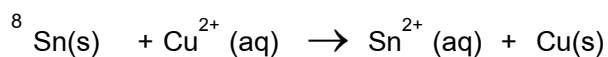
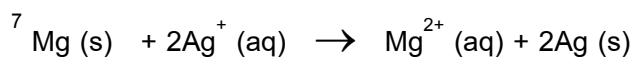
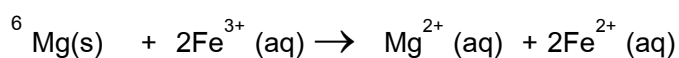
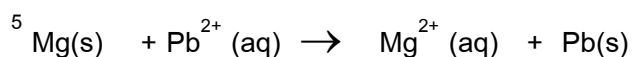
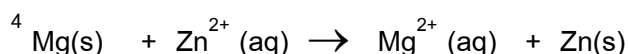
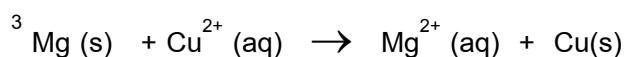
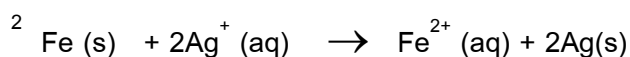
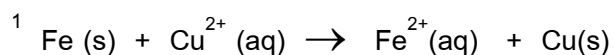


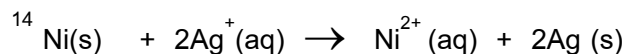
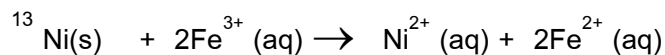
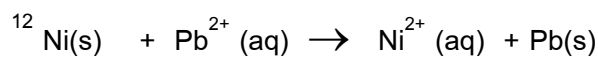
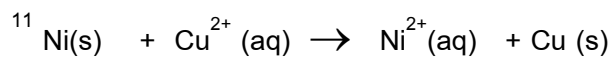
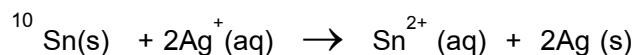
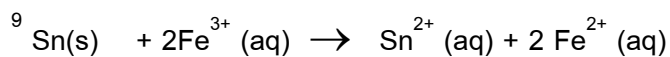
ภาพประกอบ 12 การทดลองปฏิกิริยารีดอกซ์

ตาราง 14 ผลการทดลองปฏิกิริยาของโลหะกับสารละลาย

สารละลาย	CuSO ₄ (aq) (1.00 M)	ZnSO ₄ (aq) (1.00 M)	Pb(NO ₃) ₂ (aq) (1.00 M)	Fe(NO ₃) ₃ (aq) (1.00 M)	AgNO ₃ (aq) (1.00 M)
โลหะ					
Fe (ตะปูเหล็ก)	ตะปูเหล็กกร่อน ¹	ไม่เกิดปฏิกิริยา	ไม่เกิดปฏิกิริยา	ไม่เกิดปฏิกิริยา	ตะปูเหล็กกร่อน (เกิดซ้ำมาก) ²
Mg	โลหะกร่อน ³	โลหะกร่อน ⁴	โลหะกร่อน ⁵	โลหะกร่อน ⁶	โลหะกร่อน ⁷
โลหะจาก กระป๋องอาหาร (Sn)	โลหะกร่อน เกิดปฏิกิริยาเร็ว ⁸	ไม่เกิดปฏิกิริยา	ไม่เกิดปฏิกิริยา	โลหะกร่อน ⁹	โลหะกร่อน ¹⁰
คลิปปหนีบ กระดาศ (Ni)	โลหะกร่อน ¹¹ เกิดปฏิกิริยา เร็วมาก	ไม่เกิดปฏิกิริยา	โลหะกร่อน ¹² เกิดปฏิกิริยา เร็วมาก	โลหะกร่อน ¹³	โลหะกร่อน ¹⁴
โลหะจาก กระป๋อง น้ำอัดลม Al 1% Mg 1% Mn 0.4% Fe 0.2% Si 0.15% และ Cu	ไม่เกิดปฏิกิริยา	ไม่เกิดปฏิกิริยา	ไม่เกิดปฏิกิริยา	ไม่เกิดปฏิกิริยา	ไม่เกิดปฏิกิริยา

หมายเหตุ โลหะทุกชนิดก่อนใช้ทำปฏิกิริยาจะขัดด้วยกระดาษทราย ส่วนโลหะจากกระป๋องอาหาร และกระป๋องน้ำอัดลมจะขัดด้วยกระดาษทรายและแช่ในอะซิโตนก่อนนำมาทดลองปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ดังนี้

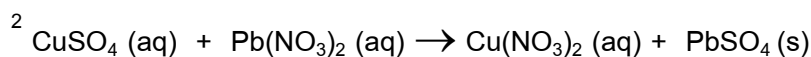
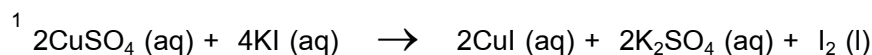




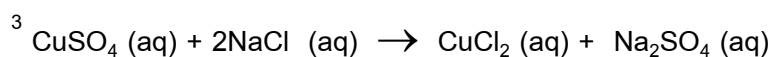
ตาราง 15 ผลการทดลองการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ และปฏิกิริยาที่ไม่ใช่ปฏิกิริยารีดอกซ์

สารละลาย	KI + น้ำแป้ง (0.20 mol/dm ³)	Pb(NO ₃) ₂ (1.00 mol/dm ³)	NaCl (1.00 mol/dm ³)
สารละลาย			
CuSO ₄ (1.00 mol/dm ³)	เกิด I ₂ ขึ้นในปฏิกิริยา เมื่อทดสอบด้วยน้ำแป้ง สารละลายมีสีม่วงเข้ม เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ ¹	เกิดตะกอนสีเหลืองของ PbSO ₄ ไม่ใช่ปฏิกิริยารีดอกซ์ ²	เกิดตะกอนสีขาวของ CuCl ₂ ไม่ใช่ปฏิกิริยารีดอกซ์ ³

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ดังนี้

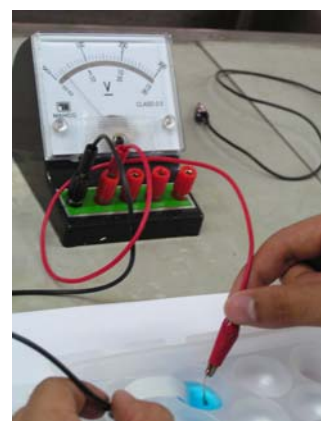
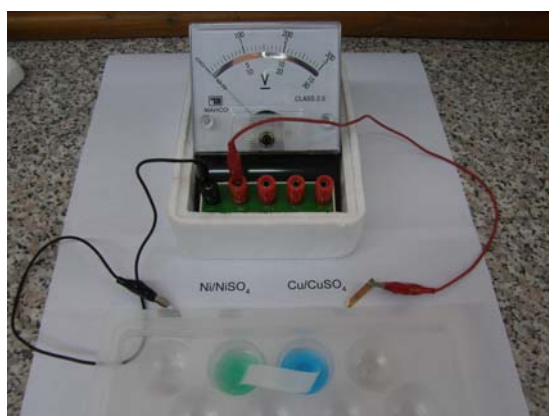


ตะกอนสีเหลือง



ตะกอนสีขาว

บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องเซลล์กัลวานิก บทเรียนนี้ศึกษาเซลล์กัลวานิก โดยเมื่อต่อครบวงจรสามารถวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ และคำนวณค่าที่ได้จากทฤษฎีเพื่อเปรียบเทียบกับผลจากการทดลอง บทเรียนนี้มีจุดประสงค์การเรียนรู้คือ 1) สามารถอธิบายเซลล์กัลวานิกได้ 2) เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการทดลอง 3) สามารถเขียนสมการเคมีแสดงครึ่งเซลล์ปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งเซลล์ปฏิกิริยารีดักชันที่เกิดขึ้นได้ 4) สามารถเขียนแผนภาพแสดงเซลล์กัลวานิกได้ ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการแสดงดังตาราง 16



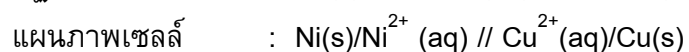
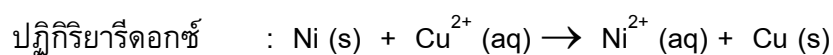
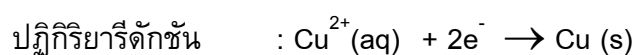
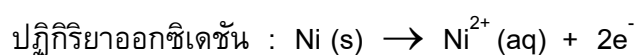
ภาพประกอบ 13 การทดลองเซลล์กัลวานิก

ตาราง 16 ผลการทดลองการต่อเซลล์กัลวานิกคู่ต่างๆ

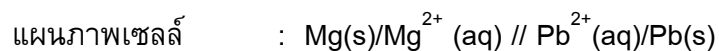
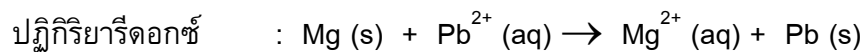
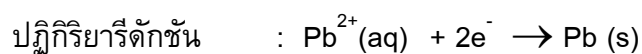
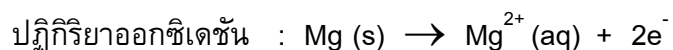
การต่อครึ่งเซลล์ของปฏิกิริยา	ค่าศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	
	การทดลอง	คำนวณ
Ni/NiSO ₄ กับ Cu/CuSO ₄	0.40	0.59
Zn/ZnSO ₄ กับ Fe/Fe(NO ₃) ₃	0.60	0.72
Pb/Pb(NO ₃) ₂ กับ Fe/Fe(NO ₃) ₃	0.05	0.09
Zn/ZnSO ₄ กับ Pb/Pb(NO ₃) ₂	0.45	0.63
Pb/Pb(NO ₃) ₂ กับ Mg/MgCl ₂	1.80	2.24
Zn/ZnSO ₄ กับ Mg/MgCl ₂	1.40	1.62
Zn/ZnSO ₄ กับ Ni/NiSO ₄	0.30	0.51
Fe/Fe(NO ₃) ₃ กับ Cu/CuSO ₄	0.30	0.38
Pb/Pb(NO ₃) ₂ กับ Cu/CuSO ₄	0.40	0.47

ตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ที่แอโนด) ปฏิกิริยารีดักชัน (ที่แคโทด) ปฏิกิริยารีดอกซ์ และแผนภาพเซลล์

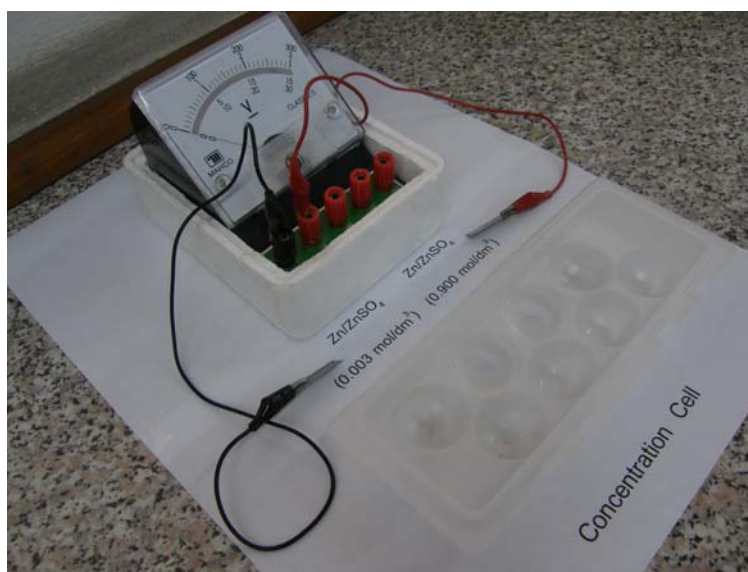
การต่อครึ่งเซลล์ของปฏิกิริยาระหว่าง Ni/NiSO₄ กับ Cu/CuSO₄



การต่อครึ่งเซลล์ของปฏิกิริยาระหว่าง $\text{Pb}/\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ กับ Mg/MgCl_2



บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องเซลล์ความเข้มข้น บทเรียนนี้ศึกษาเซลล์กัลวานิกชนิดหนึ่งที่มีการนำครึ่งเซลล์ที่เหมือนกันและมีความเข้มข้นต่างกันมาต่อจนครบวงจร บทเรียนนี้มีจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ 1) สามารถอธิบายเซลล์ความเข้มข้นได้ 2) เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการทดลอง 3) สามารถเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาครึ่งเซลล์ออกซิเดชันและปฏิกิริยาครึ่งเซลล์รีดักชันที่เกิดขึ้นได้ 4) สามารถเขียนแผนภาพแสดงเซลล์กัลวานิกได้ ตาราง 17 แสดงผลการทดลองที่ได้จากการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ

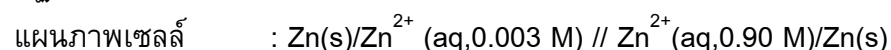
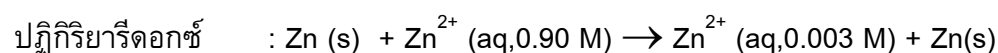
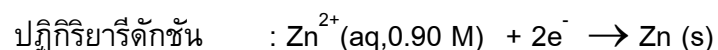
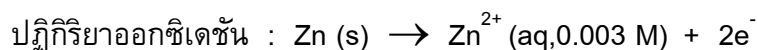


ภาพประกอบ 14 การทดลองเซลล์ความเข้มข้น

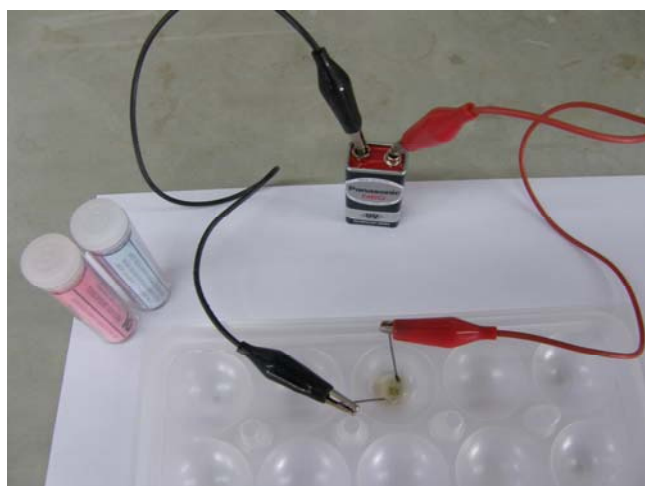
ตาราง 17 ผลการทดลองเซลล์ความเข้มข้น

การต่อครึ่งเซลล์ของปฏิกิริยา	ค่าศักย์ไฟฟ้า จากการทดลอง (โวลต์)	ค่าศักย์ไฟฟ้า จากการคำนวณ (โวลต์)
Zn/ZnSO ₄ กับ Zn/ZnSO ₄ (0.003 mol/dm ³) (0.90 mol/dm ³) ความเข้มข้นต่างกัน 300 เท่า	0.06	0.058
Zn/ZnSO ₄ กับ Zn/ZnSO ₄ (0.001mol/dm ³) (0.50 mol/dm ³) ความเข้มข้นต่างกัน 500 เท่า	0.08	0.079
Zn/ZnSO ₄ กับ Zn/ZnSO ₄ (0.0003mol/dm ³) (0.90 mol/dm ³) ความเข้มข้นต่างกัน 3,000 เท่า	0.10	0.103

ตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ที่แอโนด) ปฏิกิริยารีดักชัน (ที่แคโทด) ปฏิกิริยารีดอกซ์ และแผนภาพเซลล์ของการต่อครึ่งเซลล์ของปฏิกิริยา Zn/ZnSO₄ ความเข้มข้นต่างกัน 300 เท่า



บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่องการแยกสลายด้วยไฟฟ้า บทเรียนนี้ศึกษาการแยกสลายสารละลายด้วยไฟฟ้าซึ่งเปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานเคมี บทเรียนนี้มีจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ 1) สามารถอธิบายหลักการแยกสลายด้วยไฟฟ้าได้ 2) เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการสังเกตและการทดลอง 3) สามารถเขียนสมการเคมีแสดงครึ่งเซลล์ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และครึ่งเซลล์ปฏิกิริยารีดักชันที่เกิดขึ้นได้ ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการแสดงดังตาราง 18 และตาราง 19

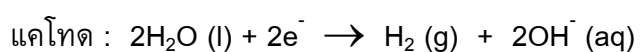
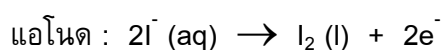


ภาพประกอบ 15 การทดลองการแยกสลายด้วยไฟฟ้า

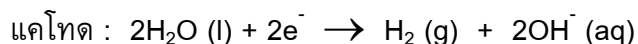
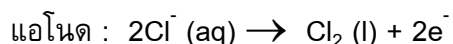
ตาราง 18 ผลการทดลองการแยกสลายสารละลายชนิดต่างๆ ด้วยไฟฟ้า

สารละลาย เข้มข้น 1.00 mol/dm ³	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้	
	ขั้วที่ต่อกับบวกของถ่านไฟฉาย	ขั้วที่ต่อกับลบของถ่านไฟฉาย
KI	เกิดสารละลายสีน้ำตาล	เกิดฟองแก๊ส
BaCl ₂	เกิดฟองแก๊ส และสารละลายสีเหลือง	เกิดฟองแก๊ส
Na ₂ SO ₄	เกิดฟองแก๊ส	เกิดฟองแก๊ส
CuSO ₄	เกิดฟองแก๊ส	มีโลหะเกาะที่ขั้ว บริเวณลวด
NiSO ₄	เกิดฟองแก๊ส	มีโลหะเกาะที่ขั้ว บริเวณลวด
KBr	เกิดฟองแก๊ส และสารละลายสีส้ม	เกิดฟองแก๊ส
AgNO ₃	เกิดฟองแก๊ส	เกิดฟองแก๊ส
NaCl	เกิดฟองแก๊ส และสารละลายสีเหลือง	มีโลหะเกาะที่ขั้ว บริเวณลวด
KNO ₃	เกิดฟองแก๊ส	เกิดฟองแก๊ส

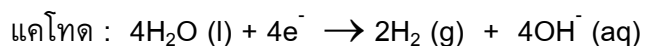
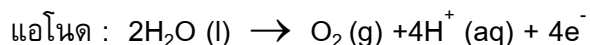
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่แอโนด และแคโทด ของการแยกสลายสารละลายชนิดต่างๆ แสดงดังสมการการแยกสลายสารละลาย KI



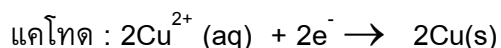
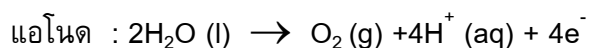
การแยกสลายสารละลาย BaCl_2



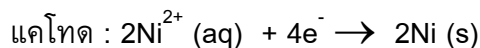
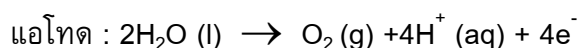
การแยกสลายสารละลาย Na_2SO_4



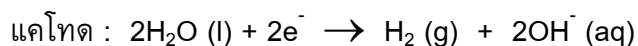
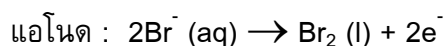
การแยกสลายสารละลาย CuSO_4



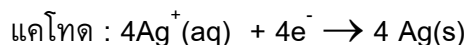
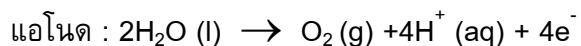
การแยกสลายสารละลาย NiSO_4



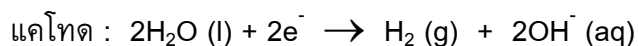
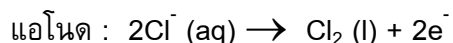
การแยกสลายสารละลาย KBr



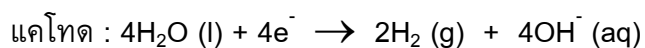
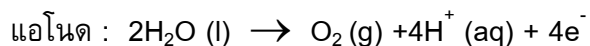
การแยกสลายสารละลาย AgNO_3



การแยกสลายสารละลาย NaCl



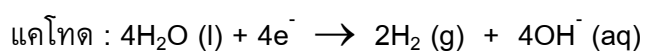
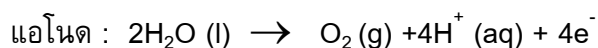
การแยกสลายสารละลาย KNO_3



ตาราง 19 ผลการทดลองการแยกสลายสารละลาย NaCl ที่มีความเข้มข้นต่างกัน

สารละลาย NaCl	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้		การเปลี่ยนสีของ กระดาษลิตมัส	การเปลี่ยนแปลง ของสีผสมอาหาร
	ขั้วบวก	ขั้วลบ		
10^{-4} mol/dm^3	เกิดฟองแก๊ส	เกิดฟองแก๊ส	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
10^{-3} mol/dm^3	เกิดฟองแก๊ส และ สารละลายสีเหลืองอ่อน	เกิดฟองแก๊ส	บริเวณขั้วลบ เปลี่ยนจาก น้ำเงินเป็นแดง	สีผสมอาหารจางลง
0.05 mol/dm^3	เกิดฟองแก๊ส และ สารละลายสีเหลือง	เกิดฟองแก๊ส	บริเวณขั้วลบ เปลี่ยนจาก น้ำเงินเป็นแดง	สีผสมอาหารจางลง
0.1 mol/dm^3	เกิดฟองแก๊ส และ สารละลายสีเหลือง	เกิดฟองแก๊ส	บริเวณขั้วลบ เปลี่ยนจาก น้ำเงินเป็นแดง	สีผสมอาหารจางลง
0.5 mol/dm^3	เกิดฟองแก๊ส และ สารละลายสีเหลือง	เกิดฟองแก๊ส	บริเวณขั้วลบ เปลี่ยนจาก น้ำเงินเป็นแดง	สีผสมอาหารจางลง

ตัวอย่างสมการปฏิกิริยาการแยกสลายสารละลาย NaCl ความเข้มข้น 10^{-4} mol/dm^3



บทปฏิบัติการที่ 6 เรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบของธาตุหมู่หลัก บทเรียนนี้ศึกษาปฏิกิริยาเคมีของธาตุหมู่หลัก ได้แก่ หมู่ IA IIA และ VIIA โดยมีจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ

- 1) สามารถสรุปสมบัติและปฏิกิริยาบางประการของธาตุหมู่หลักได้
- 2) เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการสังเกตและการทดลอง
- 3) สามารถเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้

ผลการทดลองแสดงดังตาราง 20 - 23



ภาพประกอบ 16 การทดลองสมบัติของธาตุและสารประกอบของธาตุหมู่หลัก

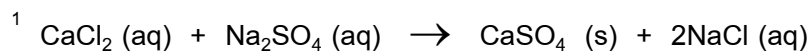
ตาราง 20 ผลการทดลองของสารประกอบของธาตุหมู่ IA

สารประกอบ IA	NO_3^-	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}
LiCl 0.10 mol/dm^3	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
NaCl 0.50 mol/dm^3	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
KCl 0.50 mol/dm^3	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง

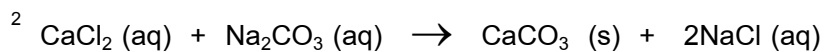
ตาราง 21 ผลการทดลองของสารประกอบของธาตุหมู่ IIA

สารประกอบ IIA	NO_3^-	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}
MgCl_2 0.50 mol/dm^3	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
CaCl_2 0.50 mol/dm^3	ไม่เปลี่ยนแปลง	เกิดตะกอนสีขาวของ CaSO_4^1	เกิดตะกอนสีขาวของ CaCO_3^2
BaCl_2 0.50 mol/dm^3	ไม่เปลี่ยนแปลง	เกิดตะกอนสีเหลืองของ BaSO_4^3	เกิดตะกอนสีขาวของ BaCO_3^4
SrCl_2 0.50 mol/dm^3	ไม่เปลี่ยนแปลง	เกิดตะกอนสีขาวของ SrSO_4^5	เกิดตะกอนสีขาวของ SrCO_3^6

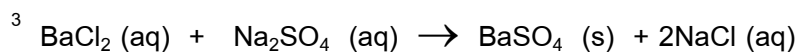
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ดังนี้



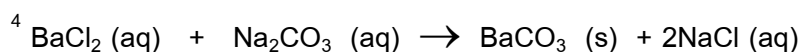
ตะกอนสีขาว



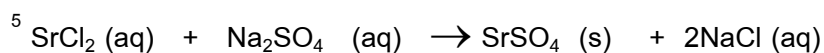
ตะกอนสีขาว



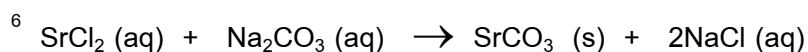
ตะกอนสีเหลือง



ตะกอนสีขาว



ตะกอนสีขาว

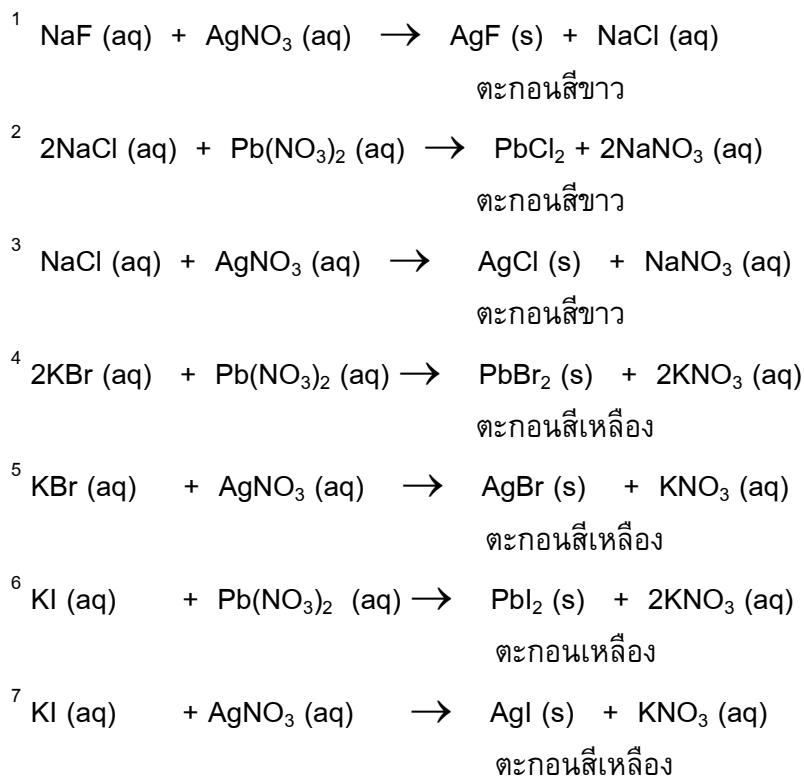


ตะกอนสีขาว

ตาราง 22 ผลการทดลองของสารประกอบของธาตุหมู่ VIIA

โลหะไอออน ไอออนของธาตุหมู่ VIIA	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0.20 mol/dm^3	AgNO_3 0.10 mol/dm^3
NaF 0.50 mol/dm^3	ไม่เปลี่ยนแปลง	เกิดตะกอนสีขาว ¹ ของ AgF
NaCl 0.50 mol/dm^3	เกิดตะกอนสีขาว ² ของ PbCl_2	เกิดตะกอนสีขาว ³ ของ AgCl
KBr 0.20 mol/dm^3	เกิดตะกอนสีเหลือง ⁴ ของ PbBr_2	เกิดตะกอนสีเหลือง ⁵ ของ AgBr
KI 0.20 mol/dm^3	เกิดตะกอนสีเหลือง ⁶ ของ PbI_2	เกิดตะกอนสีเหลือง ⁷ ของ AgI

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ดังนี้

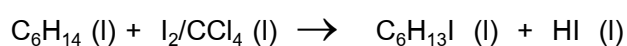
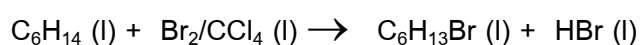


ตาราง 23 ผลการทดลองปฏิกิริยาของสารประกอบของธาตุหมู่ VIIA กับ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

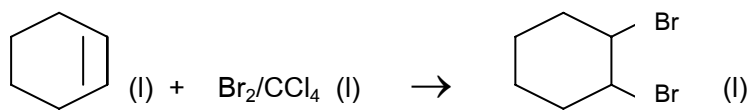
สารละลาย หมู่ VII A	สารประกอบไฮโดรคาร์บอน			
	hexane		cyclohexene	
	ที่มีด	ที่สว่าง	ที่มีด	ที่สว่าง
$\text{Br}_2 / \text{CCl}_4$ สีส้ม	ไม่เปลี่ยนแปลง	สีของสารละลาย จางลง	สีของสารละลาย จางลง	สีของสารละลาย จางลง
$\text{I}_2 / \text{CCl}_4$ สีม่วงเข้ม	ไม่เปลี่ยนแปลง	สีของสารละลาย จางลง	สีของสารละลาย จางลง	สีของสารละลาย จางลง

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ดังนี้

ปฏิกิริยาของเฮกเซน (C_6H_{14}) กับสารละลาย Br_2/CCl_4 และ I_2/CCl_4 ในที่สว่าง



ปฏิกิริยาของไซโคลเฮกซีน (C_6H_{10}) กับสารละลาย Br_2/CCl_4 ในที่มืดและสว่าง



บทปฏิบัติการที่ 7 เรื่องธาตุแทรนซิชัน บทเรียนนี้ศึกษาปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบของธาตุแทรนซิชันบางชนิด เช่น สารประกอบทองแดง นิกเกิล โคบอลต์ เงิน โดยมีจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังนี้ 1) สามารถสรุปสมบัติของธาตุแทรนซิชันบางชนิดได้ 2) เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการสังเกตและการทดลอง 3) สามารถเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ ผลการทดลองปฏิกิริยาของสารประกอบโลหะแทรนซิชัน แสดงดังตาราง 24 และตาราง 25

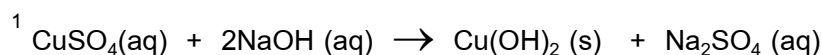


ภาพประกอบ 17 การทดลองธาตุแทรนซิชัน

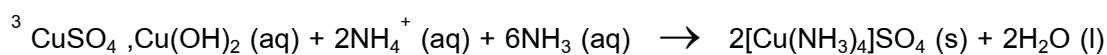
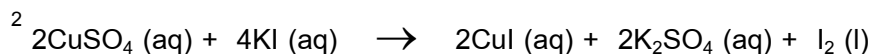
ตาราง 24 ผลการทดลองปฏิกิริยาของสารประกอบทองแดง

สารละลาย	NaOH 1.00 mol/dm ³	KI 0.20 mol/dm ³	NH ₃ 3.00 mol/dm ³
CuSO ₄ ·5H ₂ O 0.50 mol/dm ³	เกิดตะกอนสีฟ้าของ Cu(OH) ₂ ¹	สารละลายมีสีน้ำตาล ²	เกิดตะกอนสีน้ำเงิน เข้มของสารเชิงซ้อน [Cu(NH ₃) ₄]SO ₄ ³

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังนี้



ตะกอนสีฟ้า



ตะกอนสีน้ำเงินเข้ม

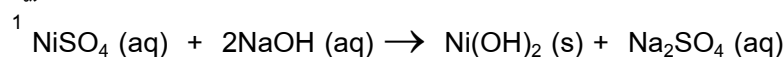
ที่มา: สุรางค์ อนุกุล. (2542). ปฏิบัติการเคมีคุณภาพวิเคราะห์. หน้า 17-18.

ตาราง 25 ผลการทดลองปฏิกิริยาของสารประกอบนิกเกิลและสารประกอบโคบอลต์

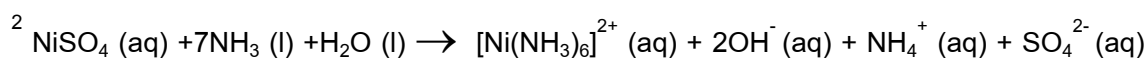
สารละลาย	NaOH 1.00 mol/dm ³	NH ₃ 3.00 mol/dm ³
NiSO ₄ 0.50 mol/dm ³	เกิดตะกอนสีขาวของ Ni(OH) ₂ ¹	สารละลายมีสีน้ำเงินของ ² สารเชิงซ้อน [Ni(NH ₃) ₆] ²⁺
Co(NO ₃) ₂ 0.50 mol/dm ³	เกิดตะกอนสีน้ำเงินของ Co(OH) ₂ ³	เกิดตะกอนสีเขียวเข้มของ ⁴ สารเชิงซ้อน [Co(NH ₃) ₆](OH) ₃

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังนี้

ปฏิกิริยาของสารประกอบนิกเกิล NiSO₄

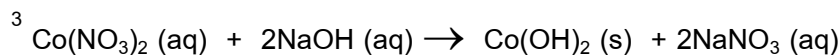


ตะกอนสีขาว

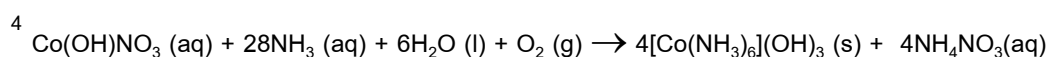


สารละลายสีน้ำเงิน

ปฏิกิริยาของสารประกอบโคบอลต์ Co(NO₃)₂



ตะกอนสีน้ำเงิน



ตะกอนสีเขียวเข้ม

ที่มา: สุรางค์ อนุกุล. (2542). ปฏิบัติการเคมีคุณภาพวิเคราะห์. หน้า 55-59.

จากผลการทดลองทั้ง 7 บทปฏิบัติการ พบว่าสามารถสังเกตผลการทดลองได้อย่างชัดเจน และมีผลการทดลองที่ถูกต้อง เหมาะสมกับระดับของนักศึกษา สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้

ตอนที่ 3 การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล

3.1 ผลการพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล

การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนได้ทำการทดลองด้วยตนเอง เกิดการเรียนรู้โดยสามารถเชื่อมโยงผลการทดลองกับทฤษฎีเข้าด้วยกันและมีความเข้าใจในเนื้อหาวิชาได้ดียิ่งขึ้น เสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ และมีส่วนร่วมในชั้นเรียนมากขึ้น องค์ประกอบของหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลประกอบด้วย รายละเอียดของเนื้อหาวิชา แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เน้นการจัดกิจกรรมแบบสืบเสาะหาความรู้ บทปฏิบัติการไมโครสเกล ในแต่ละบทปฏิบัติการประกอบด้วย จุดประสงค์การทดลอง เวลาที่ใช้ในการทำการทดลอง สารเคมีและอุปกรณ์ วิธีการทดลอง ตารางบันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง แต่ละบทปฏิบัติการมีการทดลอง 2 ครั้ง การทดลองครั้งที่ 1 เป็นการทำการทดลองที่ครูผู้สอนให้คำแนะนำ ส่วนการทดลองครั้งที่ 2 ให้นักศึกษาเป็นผู้วางแผนและดำเนินการทดลองด้วยตนเอง ผลจากการนำหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล และบทปฏิบัติการไมโครสเกล 7 บทปฏิบัติการ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเคมี 1 ท่าน และ ด้านการสอนเคมี 1 ท่าน ประเมินเพื่อหาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (IOC) พบว่าหลักสูตรวิชาเคมีพร้อมบทปฏิบัติการไมโครสเกลเรื่องที่ 2 – 7 มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ยกเว้นหลักสูตรวิชาเคมีพร้อมบทปฏิบัติการไมโครสเกลเรื่องที่ 1 ที่มีค่า IOC เท่ากับ 0.95 ดังนั้นหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลสามารถนำไปใช้ทดลองสอนได้

3.2 ผลการศึกษานำร่อง

ผู้วิจัยได้นำหลักสูตรไปทดลองศึกษานำร่องเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำหลักสูตรไปใช้ทดลองสอนจริง และประเมินความเหมาะสมของเนื้อหาสาระ ภาษาที่ใช้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคของการใช้หลักสูตร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3 ซึ่งเคยเรียนเนื้อหาวิชานี้แล้วในภาคการศึกษาที่ผ่านมา จำนวน 10 คน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนการสอน มีอาจารย์ช่วยสอนเป็นผู้สังเกตการสอน และร่วมประเมินความเหมาะสมของเนื้อหาสาระ กิจกรรมการจัดเรียนการสอน เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รวมทั้งปัญหาและอุปสรรค ผลจากการศึกษานำร่องพบว่า เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนการสอน และเวลาที่ใช้ โดยภาพรวมมีความเหมาะสม มีข้อบกพร่องเล็กน้อยในเรื่องภาษาที่ใช้ในบทปฏิบัติการไมโครสเกล และคำถามท้ายการทดลองบางส่วนยังไม่ชัดเจน โดยผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงให้เหมาะสมก่อนนำมาใช้จริง

ผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับกลุ่มศึกษานำร่องจำนวน 5 กลุ่ม ประเมินจากคำถามท้ายการทดลองเพื่อวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ แสดงดังตาราง 26

ตาราง 26 คะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มศึกษานำร่อง

กลุ่มที่ (2 คน)	ด้านจำแนก (20 คะแนน)	ด้านการจัดหมวดหมู่ (20 คะแนน)	ด้านการสรุป (20 คะแนน)	ด้านการประยุกต์ (20 คะแนน)	ด้านการ คาดการณ์ (20 คะแนน)	รวม
1	18	20	19	16	19	92
2	19	15	16	15	17	82
3	14	15	19	15	20	83
4	16	18	18	16	19	87
5	15	16	19	17	18	85

จากตาราง 26 พบว่าผลคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ของแต่ละกลุ่มในการศึกษานำร่อง มีคะแนนในระดับดีโดยคะแนนรวมสูงกว่าร้อยละ 80 จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับการจัดการเรียนสอนของกลุ่มทดลองจริงได้เป็นอย่างดี

3.3 ผลการนำหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง และการวัดประเมินผล

การวิจัยในขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นไปใช้สอนจริง และศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตร ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดวิเคราะห์ และพฤติกรรมของผู้เรียน ในการทดลองใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยนำหลักสูตรเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 1 ห้อง และเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยายจำนวน 1 ห้อง

กลุ่มทดลอง เป็นนักศึกษาระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ห้อง 1 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเคมี 5 รหัสวิชา 392155 ตามโครงสร้างหลักสูตรของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 33 คน ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น

กลุ่มควบคุม เป็นนักศึกษาระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ห้อง 3 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเคมี 5 รหัสวิชา 392155 ตามโครงสร้างหลักสูตรของวิทยาลัยเทคโนโลยี

อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 32 คน ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามปกติเป็นการสอนโดยวิธีการบรรยาย

ผลการวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานต่างๆ นำเสนอตามลำดับดังนี้

3.3.1 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แสดงดังตาราง 27

ตาราง 27 ค่าเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

กลุ่มผู้เรียน	N	$\bar{x}$	%
กลุ่มทดลอง	33	28.73	59.84
กลุ่มควบคุม	32	21.16	45.18

จากตาราง 27 พบว่า กลุ่มทดลองที่เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น มีร้อยละของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 59.84 และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติมีร้อยละของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 45.18

3.3.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for independent samples) ได้ผลดังตาราง 28

ตาราง 28 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{x}$	S.D.	t	p
กลุ่มทดลอง	33	28.73	7.49	4.41**	.00
กลุ่มควบคุม	32	21.16	6.29		

** ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01

จากตาราง 28 พบว่ากลุ่มทดลองที่เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.3.3 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนในกลุ่มทดลองที่เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) แสดงดังตาราง 29 (คะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แสดงในภาคผนวก ง)

ตาราง 29 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	ผลทักษะการคิดวิเคราะห์				t p	
	ก่อนเรียน		หลังเรียน			
	$\overline{x}$	S.D.	$\overline{x}$	S.D.		
กลุ่มทดลอง	12.97	4.31	24.39	2.06	16.31**	.00
กลุ่มควบคุม	10.78	3.60	20.34	3.00	11.73**	.00

** ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01

จากตาราง 29 พบว่าทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของกลุ่มทดลองที่เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เช่นเดียวกัน

3.3.4 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ระหว่างกลุ่มทดลองที่เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติ ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) โดยนำคะแนนทดสอบก่อนเรียนเป็นตัวแปรร่วม (Covariate) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตาราง 30

ตาราง 30 การเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมที่มีคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นตัวแปรร่วม

แหล่งความแปรปรวน	SS'	df'	MS'	F	Sig
ระหว่างกลุ่ม	216.88	1	216.88	33.50**	.00
ภายในกลุ่ม	401.41	62	6.48		
รวม	618.29	63			

** ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01

จากตาราง 30 พบว่ากลุ่มทดลองที่เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นมีทักษะการคิดวิเคราะห์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของคะแนนพัฒนาการทักษะการคิดวิเคราะห์ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยใช้สูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$\text{ร้อยละของคะแนนพัฒนาการ} = \frac{(\text{คะแนนหลังเรียน} - \text{คะแนนก่อนเรียน}) \times 100}{(\text{คะแนนเต็ม} - \text{คะแนนก่อนเรียน})}$$

ที่มา: ธรรมนูญฯ หลาวทอง. (2547). เอกสารประกอบการสอนการวัดและประเมินผลทางการศึกษา หน้า 181.

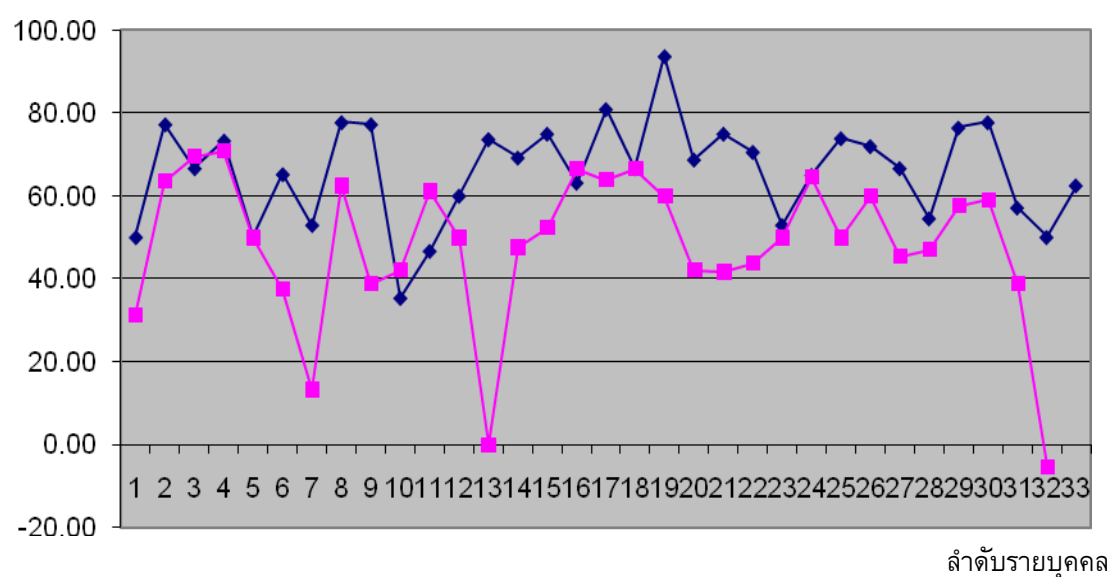
ผลการเปรียบเทียบร้อยละของคะแนนพัฒนาการทักษะการคิดวิเคราะห์ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม แสดงดังตาราง 31

ตาราง 31 ร้อยละของคะแนนพัฒนาการทักษะการคิดวิเคราะห์โดยเฉลี่ยของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มผู้เรียน	ร้อยละของคะแนนพัฒนาการทักษะการคิดวิเคราะห์โดยเฉลี่ย
กลุ่มทดลอง	66.01
กลุ่มควบคุม	48.23

จากตาราง 31 พบว่าคะแนนพัฒนาการทักษะการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองที่เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 66.01 ส่วนคะแนนพัฒนาการของกลุ่มผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 48.23 แสดงถึงพัฒนาการทักษะการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม และเมื่อนำร้อยละของคะแนนพัฒนาการทักษะการคิดวิเคราะห์เป็นรายบุคคลของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาแสดงผลเป็นกราฟ ดังภาพประกอบ 18

ร้อยละของคะแนนพัฒนาการ



◆ ร้อยละของคะแนนพัฒนาการทักษะการคิดวิเคราะห์เป็นรายบุคคลของผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น (กลุ่มทดลอง จำนวน 33 คน)

■ ร้อยละของคะแนนพัฒนาการทักษะการคิดวิเคราะห์เป็นรายบุคคลของผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติ (กลุ่มควบคุม จำนวน 32 คน)

ภาพประกอบ 18 กราฟแสดงร้อยละคะแนนพัฒนาการทักษะการคิดวิเคราะห์เป็นรายบุคคล

จากภาพประกอบ 18 แสดงให้เห็นว่าร้อยละของคะแนนพัฒนาการทักษะการคิดวิเคราะห์เป็นรายบุคคลของผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น มีพัฒนาการด้านทักษะการคิดวิเคราะห์สูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติ

3.3.5 ผลของพฤติกรรมในชั้นเรียน

ประกอบด้วยพฤติกรรมที่แสดงความสนใจในขณะที่มีการเรียนการสอน พฤติกรรมกระตือรือร้นในการเรียน พฤติกรรมมีส่วนร่วมในชั้นเรียน พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความพึงพอใจในการเรียน ผลการวิเคราะห์จากแบบสังเกตพฤติกรรมที่ประเมินโดยอาจารย์ผู้สอนและอาจารย์ผู้ช่วยสอนในชั้นเรียน แสดงดังตาราง 32

ตาราง 32 ผลของระดับพฤติกรรมโดยเฉลี่ยในแต่ละกิจกรรม ตามแบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน

พฤติกรรมที่แสดงออก	ค่าเฉลี่ยของระดับพฤติกรรมในแต่ละกิจกรรม*						
	1	2	3	4	5	6	7
1. พฤติกรรมความสนใจขณะที่มีการเรียนการสอน							
1.1 สนใจขณะครูอธิบายวิธีการทดลอง	4.85	4.82	4.76	4.85	4.76	4.73	4.82
1.2 สนใจขณะครูบรรยายสรุปเนื้อหา	4.58	4.64	4.61	4.55	4.61	4.73	4.64
1.3 ชักถามเมื่อมีข้อสงสัย	4.78	4.76	4.33	4.79	4.76	4.73	4.73
2. พฤติกรรมกระตือรือร้นในการเรียน							
2.1 ในการทำการทดลอง	4.91	4.91	4.94	4.91	4.94	4.91	4.94
2.2 ในการทำงานที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่ม	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
2.3 ในการตอบคำถามในชั้นเรียน	4.24	4.24	4.00	4.24	4.24	4.24	4.21
3. พฤติกรรมมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น							
3.1 แสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน	3.00	3.90	4.10	4.30	4.30	4.24	4.30
3.2 รับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
3.3 พยายามตอบคำถามในชั้น	3.76	3.78	4.24	4.33	4.30	4.33	4.33
4. พฤติกรรมแสดงความพึงพอใจ							
4.1 ความพึงพอใจในรูปแบบการเรียน	4.91	4.88	4.91	4.91	4.91	4.91	4.91
4.2 ความพอใจในการทำงานร่วมกับเพื่อน	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
ภาพรวมโดยเฉลี่ย	4.55	4.63	4.63	4.72	4.71	4.71	4.72

*หมายเหตุ กิจกรรม 1 คือ เลขออกซิเดชัน

กิจกรรม 2 คือ ปฏิกิริยารีดอกซ์

กิจกรรม 3 คือ เซลล์กัลวานิก

กิจกรรม 4 คือ เซลล์ความเข้มข้น

กิจกรรม 5 คือ การแยกสลายด้วยไฟฟ้า

กิจกรรม 6 คือ สมบัติของธาตุและสารประกอบของธาตุหมู่หลัก

กิจกรรม 7 คือ ธาตุแทรนซิชัน

จากค่าเฉลี่ยของพฤติกรรมในชั้นเรียน ทุกกิจกรรมคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4-5 คะแนน คือในระดับดีถึงระดับดีมาก โดยแต่ละกิจกรรมมีคะแนนเฉลี่ยใกล้เคียงกัน จากข้อมูลผลการประเมินพฤติกรรมพบว่าในการทำกิจกรรมครั้งแรกคือกิจกรรมที่ 1 เรื่องเลขออกซิเดชัน พฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงในระดับไม่เด่นชัดคือ การแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน และการพยายามตอบคำถามในชั้นเรียน จากการสังเกตพฤติกรรมผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง พบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการในการแสดงความคิดเห็นเพิ่มขึ้นและมีการตอบคำถามเพิ่มขึ้นโดยเริ่มจากกิจกรรมที่ 4 เป็นต้นไป ซึ่งสาเหตุเกิดจากผู้เรียนเริ่มคุ้นเคยกับกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้สอนนำมาใช้ และผู้สอนพยายามใช้คำถามตลอดเวลาเพื่อให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมและกล้าแสดงออก และพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกอย่างเด่นชัดคือความรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย ประเมินจากการที่ผู้เรียนตรงต่อเวลาในการส่งรายงานการทดลองทุกครั้ง

นอกจากการใช้แบบสังเกตพฤติกรรมเพื่อศึกษาพฤติกรรมของผู้เรียนในชั้นเรียนแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการบันทึกเทปวีดิทัศน์ขณะที่มีการเรียนการสอนทุกกิจกรรมของกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล เพื่อนำมาประกอบเป็นข้อมูลเสริมกับผลการประเมินพฤติกรรมจากแบบสังเกตพฤติกรรม

จากการศึกษาภาพจากเทปวีดิทัศน์พบว่าผู้เรียนแสดงพฤติกรรมต่างๆ ดังนี้

1. กระตือรือร้นในการเรียน เนื่องจากมีโอกาสทำการทดลองเป็นกลุ่มร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน
2. ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กันตลอดเวลาที่ทำกิจกรรม เนื่องจากกิจกรรมที่จัดให้ไม่น่าเบื่อ ผู้เรียนได้ฝึกคิด ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการทดลอง การสังเกต การสรุปผลและการอภิปรายผล
3. แสดงออกมากขึ้น โดยการแสดงความคิดเห็นและซักถามอาจารย์ผู้สอนเมื่อมีข้อสงสัย
4. มีความรับผิดชอบ สามารถทำการทดลองในระยะเวลาที่กำหนด หลังสิ้นสุดการทดลองดำเนินการล้างและจัดเก็บอุปกรณ์อย่างเรียบร้อย

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล สำหรับนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยสร้างบทปฏิบัติการไมโครสเกล เรื่อง เคมีไฟฟ้า และสมบัติของธาตุตามตารางธาตุจำนวน 7 บทปฏิบัติการ เป็นการวิจัยเชิงทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างบทปฏิบัติการไมโครสเกล แล้วนำไปทดลองใช้กับนักศึกษาโดยจัดกิจกรรมตามแผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มี 5 ขั้นตอน ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงทดลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดวิเคราะห์ และพฤติกรรมในชั้นเรียน การวิจัยดังกล่าวมีสาระสำคัญและผลการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล และนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาเคมีสำหรับนักศึกษาในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ป.วช.) วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
2. เพื่อศึกษาผลการใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดวิเคราะห์ และพฤติกรรมในชั้นเรียน โดยมีวัตถุประสงค์เฉพาะ ดังนี้
 - 2.1 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น
 - 2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นกับนักศึกษาที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย
 - 2.3 เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนในนักศึกษาที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นและนักศึกษาที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย
 - 2.4 เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นกับนักศึกษาที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย
 - 2.5 เพื่อศึกษาพฤติกรรมในการเรียนในชั้นเรียนของนักศึกษาที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ พฤติกรรมที่แสดงความสนใจในขณะ

มีการเรียนการสอน พฤติกรรมกระตือรือร้นในการเรียน พฤติกรรมมีส่วนร่วมในชั้นเรียน พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความพึงพอใจในการเรียน

สมมติฐานของการวิจัย

1. ผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดี (ร้อยละ 70 ขึ้นไป)
2. ผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย
3. ผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นและผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย มีทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. ผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น มีทักษะการคิดวิเคราะห์สูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย
5. ผู้เรียนมีพฤติกรรมในชั้นเรียนได้แก่ พฤติกรรมที่แสดงความสนใจในขณะที่มีการเรียนการสอน พฤติกรรมกระตือรือร้นในการเรียน พฤติกรรมมีส่วนร่วมในชั้นเรียน พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความพึงพอใจในการเรียน อยู่ในระดับดี-ดีมาก (ระดับคะแนนพฤติกรรมเฉลี่ยของผู้เรียนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมอยู่ระหว่าง 4 – 5 คะแนน)

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัย แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน เป็นการรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน เพื่อนำมาสร้างหลักสูตรให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาและความต้องการของบุคคลที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษาจากเอกสาร งานวิจัย การสัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอนวิชาเคมี และใช้แบบสอบถามนักศึกษาระดับ ป.วช. สรุปประเด็นปัญหาที่พบ เพื่อนำมากำหนดทิศทางของหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาบทปฏิบัติการไมโครสเกล

ในขั้นตอนนี้ได้ดำเนินการพัฒนาบทปฏิบัติการไมโครสเกล เรื่องเคมีไฟฟ้า และ เรื่องสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ ในรายวิชา เคมี 5 รหัสวิชา 392155 ของนักศึกษา ป.วช. ชั้นปีที่ 3 วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ รวม 7 บทปฏิบัติการ ดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่องเลขออกซิเดชัน

บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์

บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องเซลล์กัลวานิก

บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องเซลล์ความเข้มข้น

บทปฏิบัติการที่ 5 เรื่องการแยกสลายด้วยไฟฟ้า

บทปฏิบัติการที่ 6 เรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบของธาตุหมู่หลัก

บทปฏิบัติการที่ 7 เรื่องธาตุแทรนซิชัน

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการทั้ง 7 บทปฏิบัติการ เพื่อศึกษาผลการทดลองโดยเปรียบเทียบกับผลการทดลองระดับมาตรฐาน พบว่าผลการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลทั้ง 7 บทปฏิบัติการสอดคล้องกับผลการทดลองของการทดลองระดับมาตรฐาน สามารถนำมาใช้ในการทดลองสอนได้เป็นอย่างดี

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล

สร้างหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล เอกสารประกอบหลักสูตรมีดังนี้

1. รายละเอียดเนื้อหาวิชา
2. แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ประกอบด้วย สารสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ ประสบการณ์เดิม เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ การเรียนการสอน สื่อการเรียนรู้ แหล่งเรียนรู้ การประเมินผล/เครื่องมือ
3. บทปฏิบัติการไมโครสเกล ประกอบด้วยจุดประสงค์การทดลอง เวลาที่ใช้ในการทำ การทดลอง สารเคมีและอุปกรณ์ วิธีการทดลอง ตารางบันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง
4. คำถามท้ายการทดลองเพื่อวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ทั้ง 5 ด้าน
5. ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 48 ข้อ ประกอบด้วย คำถามด้านความรู้-ความจำ จำนวน 13 ข้อ ด้านความเข้าใจ จำนวน 18 ข้อ ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 13 ข้อ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ จำนวน 4 ข้อ
6. แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์จำนวน 30 ข้อ ประกอบด้วยคำถาม ด้านการจำแนก จำนวน 6 ข้อ ด้านการจัดหมวดหมู่ จำนวน 2 ข้อ ด้านการสรุป จำนวน 9 ข้อ ด้านการประยุกต์ จำนวน 5 ข้อ และด้านการคาดการณ์จำนวน 8 ข้อ

ผู้วิจัยนำหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลมาที่พัฒนาขึ้นให้นักศึกษาระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3 (ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง) จำนวน 3 คน อ่านรายละเอียด ทดลองทำปฏิบัติการไมโครสเกล และตอบคำถามท้ายการทดลองเพื่อประเมินว่าเข้าใจวิธีการทดลอง เข้าใจคำศัพท์ที่ใช้เข้าใจข้อคำถามหรือไม่ เพื่อปรับปรุงให้เหมาะสม จากนั้นหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี 1 ท่าน และด้านการสอนเคมี 1 ท่าน ประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ค่า IOC ของหลักสูตรวิชาเคมีพร้อมบทปฏิบัติการไมโครสเกลเรื่องที่ 1 เท่ากับ 0.95 และหลักสูตรวิชาเคมีพร้อมบทปฏิบัติการไมโครสเกลเรื่องที่ 2 - 7 ค่า IOC เท่ากับ 1.00 จึง

สรุปได้ว่าหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ประกอบการสอนได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้เป็นอย่างดี

การสร้างเครื่องมือและการหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ทั้ง 3 ชุด คือ ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ และแบบสังเกตพฤติกรรม รายละเอียดแสดงในขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้และการหาคุณภาพของเครื่องมือวัด

สร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ 2 ชุด คือ ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ เพื่อทดสอบสมมติฐานทั้ง 4 ข้อ ที่กำหนดไว้ คือ

1. ผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดี (ร้อยละ 70 ขึ้นไป)
2. ผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย
3. ผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นและผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย มีทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. ผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น มีทักษะการคิดวิเคราะห์สูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี 1 ท่าน ด้านการสอนเคมี 1 ท่าน ด้านการพัฒนาหลักสูตรและการวัดประเมินผล 2 ท่าน ผลการประเมินพบว่าค่า IOC รายข้ออยู่ระหว่าง 0.75 -1.00 ดังนั้นข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงมีความสอดคล้องสูง สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือทดสอบได้

แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์มีการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเคมี 1 ท่าน ด้านการวัดและประเมินผล 2 ท่าน ผลการประเมินพบว่าค่า IOC รายข้ออยู่ระหว่าง 0.67 -1.00 ดังนั้นแบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์จึงมีความสอดคล้องสูง สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือทดสอบได้

หลังจากผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญและดำเนินการแก้ไขตามข้อเสนอแนะแล้ว ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ทั้ง 2 ชุด ไปทำการทดสอบกับนักศึกษาระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 62 คน เพื่อวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือวัด ได้แก่ ค่าความเชื่อมั่น ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย เพื่อคัดเลือกเฉพาะข้อสอบที่มีคุณภาพและนำไปใช้ทดสอบกับกลุ่มทดลอง

สร้างแบบสังเกตพฤติกรรม สำหรับสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนที่ได้เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 5 โดยแบบสังเกตพฤติกรรมที่สร้างขึ้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเคมี 1 ท่าน ด้านการวัดและประเมินผล 2 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องของข้อความ วัตถุประสงค์ในการศึกษา โดยผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นว่าเป็นข้อความที่วัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ สามารถนำมาใช้ประเมินพฤติกรรมในชั้นเรียนได้

ขั้นตอนที่ 5 การนำหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง และการวัดประเมินผล

1. ทดลองศึกษานำร่อง ในขั้นนี้กระทำโดยนำหลักสูตรเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่สร้างขึ้น ไปทดลองใช้กับนักศึกษา ป.วช. ชั้นปีที่ 3 ของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน แบ่งเป็น 5 กลุ่ม เพื่อประเมินความเหมาะสมของหลักสูตรก่อนนำไปใช้จริง

2. ทดลองสอนจริง ในขั้นนี้กระทำโดยนำหลักสูตรเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่สร้างขึ้น ไปทดลองสอนกับนักศึกษา ป.วช. ชั้นปีที่ 3 ของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ห้อง 1 ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาเคมี 5 รหัสวิชา 392155 ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 33 คน แบ่งเป็น 11 กลุ่ม เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นนักศึกษา ป.วช. ชั้นปีที่ 3 ของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ห้อง 3 ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาเคมี 5 รหัสวิชา 392155 ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 32 คน ที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย และวัดผลการเรียนรู้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยหลักสูตรเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย หลังเรียนจบหลักสูตรแล้ว

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยหลักสูตรเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย

3. เปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนในกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยหลักสูตรเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นและกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย

4. เปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยหลักสูตรเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย

5. ประเมินพฤติกรรมในชั้นเรียนของกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยหลักสูตรเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หลักสูตรเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลและบทปฏิบัติการไมโครสเกลหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC)
2. เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ 2 ชุด คือ ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ วิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือ คือ ค่าความเชื่อมั่น ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย
3. การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ ประกอบด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์การกระจาย สถิติอ้างอิง ได้แก่ การทดสอบที (t-test) การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในบทที่ 4 สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

จากข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีในปัจจุบัน ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางและแรงจูงใจในการพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลสำหรับนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ เพื่อปรับรูปแบบการเรียนการสอนจากวิธีการบรรยายเพียงอย่างเดียวมาเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมมากขึ้น มีโอกาสทำการทดลองและสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง โดยสร้างบทปฏิบัติการไมโครสเกลรวม 7 ปฏิบัติการในเนื้อหาเรื่องเคมีไฟฟ้าและสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ ที่สอดคล้องกับรายวิชาเคมี 5 รหัสวิชา 392155

2. ผลการพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล เรื่องเคมีไฟฟ้าและสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ

ผู้วิจัยได้พัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลโดยประกอบด้วยบทปฏิบัติการรวม 7 บทปฏิบัติการ และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเคมี 1 ท่าน ด้านการสอนเคมี 1 ท่าน ด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 2 ท่าน ประเมินค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อหลักสูตรและบทปฏิบัติการไมโครสเกลทั้ง 7 บทปฏิบัติการ มีค่า IOC สูงกว่า 0.5 ดังนั้นสามารถนำไปใช้ประกอบการสอนได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้เป็นอย่างดี

3. ผลการนำหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

การเรียนการสอนในชั้นเรียน ใช้การทดลองไมโครสเกลควบคู่กับวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อนำหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน ปรากฏว่า

3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 59.84 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 45.18

3.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น กับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองที่โดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย

3.3 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนในกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย พบว่าทั้ง 2 กลุ่มมีทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3.4 ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น กับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย พบว่ากลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น มีทักษะการคิดวิเคราะห์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย

3.5 ผลการประเมินพฤติกรรมในชั้นเรียนของกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล พบว่า

กิจกรรมที่ 1 เรื่องเลขออกซิเดชัน ค่าเฉลี่ยของระดับพฤติกรรม 4.55

กิจกรรมที่ 2 เรื่องปฏิกิริยารีดอกซ์ ค่าเฉลี่ยของระดับพฤติกรรม 4.63

กิจกรรมที่ 3 เรื่องเซลล์กัลวานิก ค่าเฉลี่ยของระดับพฤติกรรม 4.63

กิจกรรมที่ 4 เรื่องเซลล์ความเข้มข้น ค่าเฉลี่ยของระดับพฤติกรรม 4.72

กิจกรรมที่ 5 เรื่องการแยกสลายด้วยไฟฟ้า ค่าเฉลี่ยของระดับพฤติกรรม 4.71

กิจกรรมที่ 6 เรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบของธาตุหมู่หลัก

ค่าเฉลี่ยของระดับพฤติกรรม 4.71

กิจกรรมที่ 7 เรื่องธาตุแตรนซัน ค่าเฉลี่ยของระดับพฤติกรรม 4.72

ผลพฤติกรรมของผู้เรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น ทุกกิจกรรมอยู่ในระดับ ดี-ดีมาก

อภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยขอเสนอการอภิปรายเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล

ผู้วิจัยได้พัฒนาหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล ประกอบด้วย 7 หัวข้อ แต่ละหัวข้อประกอบด้วยรายละเอียดเนื้อหา แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ และบทปฏิบัติการไมโครสเกล โดยส่วนของบทปฏิบัติการประกอบด้วยจุดประสงค์การทดลอง เวลาที่ใช้ในการทำการทดลอง สารเคมีและอุปกรณ์ วิธีการทดลอง ตารางบันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง คำถามท้ายการทดลองเพื่อวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ จากผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่าแต่ละบทปฏิบัติการมีความสอดคล้องกันสูงมาก เนื่องจากเหตุผลดังนี้

ประการแรก บทปฏิบัติการไมโครสเกลที่สร้างขึ้นทั้ง 7 บทปฏิบัติการ ได้พัฒนามาจากพื้นฐานการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งคำนึงถึงความเหมาะสมในการทดลอง ชนิดและปริมาณของสารเคมีที่ใช้ ขั้นตอนในการทดลอง ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลอง ความเหมาะสมกับระดับชั้นที่ใช้ในการเรียนการสอน โดยการทดลองที่สร้างขึ้นเป็นการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่ใช้สารเคมีในปริมาณที่น้อยมาก รวมถึงภาชนะที่ใช้บรรจุสารเคมีขณะทำการทดลองเป็นวัสดุใช้แล้วที่นำมาใช้ใหม่ วัสดุบางชนิด เช่น โลหะที่เลือกมาใช้ในการทำปฏิกิริยา เป็นโลหะที่ผู้เรียนพบเห็นในชีวิตประจำวัน ทำให้การทดลองมีความน่าสนใจ ผู้เรียนจึงมีความกระตือรือร้นในการทดลองเพราะอยากทราบผลการทดลองที่จะเกิดขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของวูด (Wood. 1990) พบว่าการนำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลมาใช้สอนผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาเป็นทางเลือกที่ดี ทำให้ผู้เรียนสนใจและสร้างแรงจูงใจมากกว่าใช้เทคนิคการสอนโดยวิธีการสาริต ดูจากเทปวีดีทัศน์ หรือดูจากคอมพิวเตอร์ เพราะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำการทดลองด้วยตนเอง นอกจากนี้การใช้เวลาในการทดลองน้อยประมาณ 20 นาทีต่อการทดลอง โดยผู้เรียนสามารถล้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้ง่าย ทำให้มีเวลามากพอในการอภิปรายและสรุปผลร่วมกันในชั้นเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของวูสเตอร์ (Wooster. 2007: 45-47) ที่พบว่าการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลใช้ได้กับผู้เรียนทุกวัยทั้งกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน ทำให้ผู้เรียนสามารถทำการทดลองอย่างอิสระทุกคนมีโอกาสทำการทดลองและใช้เวลาในการทดลองไม่นาน ทำให้มีเวลามากพอสำหรับอภิปรายผลร่วมกันในชั้นเรียน และผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการทดลองระดับมาตรฐานที่นิยมใช้กัน สอดคล้องกับงานวิจัยของยุทธพงษ์ อุตแน่นและคณะ (2545: 17) ที่นำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลในหัวข้อเรื่องเซลล์กัลวานิกมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีทั่วไปของนักศึกษาระดับปริญญาตรี พบว่าผลการทดลองที่ได้เหมือนกับการทดลองเซลล์กัลวานิกในระดับมาตรฐาน

ประการที่สอง บทปฏิบัตินี้ให้อาสาผู้เรียนได้ทำการทดลองด้วยตนเอง ซึ่งการทดลองวิทยาศาสตร์ ถือว่าเป็นหลักสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ นำไปสู่การฝึกฝนให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นต้น และทำให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิชาได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของอรอุมา ละมุล (2541: 123) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติวิทยาศาสตร์เรื่องความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนัก เพื่อใช้สอนในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งผลการวิจัยพบว่าการที่ผู้เรียนได้ทำการทดลองด้วยตนเอง ทำให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาามีค่าสูง และสอดคล้องกับงานวิจัยของสมเกียรติ แก้วจรัสสุขสันติ (2544 : 134) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการเคมีสภาวะแวดล้อม เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว แมงกานีส และสังกะสีในผักสำหรับนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิตของสถาบันราชภัฏ ที่พบว่าการที่นักศึกษาได้ทำการทดลองส่งผลให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ประการที่สาม ในแต่ละส่วนของบทปฏิบัติการส่งเสริมให้เกิดผลการเรียนรู้ของผู้เรียนดังนี้ ในส่วนของวิธีการทดลองส่งผลให้ผู้เรียนได้ศึกษาวิธีการทดลองด้วยตนเองก่อนเริ่มทำการทดลอง ทำให้ผู้เรียนมีทักษะปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน ส่วนของการรายงานผลช่วยให้ผู้เรียนสามารถสรุปผลการทดลองที่ได้ด้วยตนเอง เกิดการเรียนรู้ลำดับความคิดอย่างเป็นระบบ สามารถเชื่อมโยงผลการทดลองที่ได้เพื่อไปสู่หลักการทางทฤษฎี และคำถามท้ายการทดลองซึ่งเป็นคำถามที่เน้นทักษะการคิดวิเคราะห์ครบทั้ง 5 ด้าน คือการจำแนก การจัดหมวดหมู่ การสรุป การประยุกต์และการคาดการณ์ คำถามดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ และการที่ผู้สอนใช้คำถามในการนำอภิปรายผลร่วมกันช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนและช่วยให้มีการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม เป็นการปลูกฝังรักการค้นคว้าซึ่งสอดคล้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ดังนั้นจากเหตุผลทั้ง 3 ประการ จึงสรุปได้ว่าการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการไม่โครสเกลเป็นการช่วยให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ ได้พบได้แก้ปัญหา เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ ค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง จึงทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน

ตอนที่ 2 การนำหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

การนำหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่ากลุ่มทดลองที่ได้เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยเฉลี่ยร้อยละ 59.84 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้คือ ผู้เรียนที่ได้เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร้อยละ 70 ขึ้นไป สาเหตุที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างเป็นข้อสอบที่มีความยาก โดยมีจุดประสงค์ให้ผู้เรียนพัฒนาศักยภาพทางวิชาการให้มากขึ้นดังนั้นในการเรียนการสอนนอกจากใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลประกอบในขั้นตอนการจัดกิจกรรมแล้ว ผู้สอนควรให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดมากขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะในการวิเคราะห์โจทย์เพิ่มขึ้น จนสามารถทำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากขึ้นกว่าเดิม อีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้คือ เกรดเฉลี่ยของผู้เรียนส่งผลต่อระดับคะแนนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วย จากการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ระหว่างเกรดเฉลี่ยกับระดับคะแนนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่ามีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก หมายความว่าผู้เรียนที่มีผลการเรียนดีจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงด้วย ส่วนผู้เรียนที่มีผลการเรียนอ่อนก็ยังคงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ อาจเป็นเหตุให้การนำรูปแบบการเรียนการสอนวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลมาทดลองสอนในระยะเวลาอันสั้นเพียง 1 ภาคการศึกษา ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของผู้เรียนไม่มากเท่าที่ควร โดยเฉพาะกลุ่มผู้เรียนที่มีผลการเรียนอ่อน ดังนั้นการนำหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลมาใช้ในการสอน ควรนำมาใช้กับผู้เรียนอย่างต่อเนื่องในทุกหัวข้อที่สามารถสร้างบทปฏิบัติการไมโครสเกลให้เหมาะสมกับเนื้อหาได้ เพื่อส่งผลให้ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ในระดับที่ดียิ่งขึ้น

ผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองที่ได้เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย พบว่าผู้เรียนที่ได้เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 เนื่องจากเหตุผลดังนี้ กลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลมีโอกาสได้รับทั้งเนื้อหาที่เป็นความรู้ และทำการทดลองด้วยตนเอง มีการเชื่อมโยงผลการทดลองกับทฤษฎีเข้าด้วยกัน ผู้เรียนได้พิสูจน์ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องอย่างประจักษ์ ทำให้ความรู้ที่ได้รับเกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ จึงทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยายเพราะได้รับความรู้จากการถ่ายทอดเนื้อหาวิชาจากผู้สอนเพียงฝ่ายเดียว

ผลการวิเคราะห์ทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนในกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย พบว่าผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่มมีทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ในข้อ 3 และเมื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย พบว่ากลุ่มทดลองมีทักษะการคิดวิเคราะห์และมีพัฒนาการของทักษะการคิดวิเคราะห์สูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่ง เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 4 เหตุผลคือผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการไมโคร

สเกล มีโอกาสได้ฝึกกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ทั้งจากขณะทำการทดลอง การบันทึกผลการทดลอง การสรุปผลการทดลอง รวมทั้งการตอบคำถามท้ายการทดลองที่เน้นคำถามที่เป็นทักษะการคิดวิเคราะห์ และได้ฝึกฝนต่อเนื่องในลักษณะเดียวกันทั้งหมด 7 บทปฏิบัติการ จึงทำให้ทักษะการคิดวิเคราะห์สูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติโดยวิธีการสอนแบบบรรยาย ทั้งนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของศุภพงศ์ อยู่ทอง (2531: 44) ที่ศึกษาอิทธิพลของคำถามชั้นวิเคราะห์ที่ส่งผลต่อการคิดแบบวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ในวิชาสังคมศึกษา ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มทดลองมีพฤติกรรมแบบการคิดวิเคราะห์ดีกว่ากลุ่มควบคุม

ผลการประเมินพฤติกรรมในชั้นเรียนที่ประกอบด้วย พฤติกรรมที่แสดงความสนใจในขณะมีการเรียนการสอน พฤติกรรมกระตือรือร้นในการเรียน พฤติกรรมมีส่วนร่วมในชั้นเรียน และพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความพึงพอใจในการเรียน พบว่าผลการประเมินพฤติกรรมจากการสังเกตการทำกิจกรรมทั้ง 7 กิจกรรม มีระดับคะแนนอยู่ระหว่าง 4-5 คะแนน เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ในข้อ 5 เนื่องจากการเรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นเป็นรูปแบบการสอนที่แตกต่างไปจากแบบเดิมที่เป็นการสอนแบบบรรยาย โดยจัดกิจกรรมที่ผสมผสานกันระหว่างการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลใช้สารเคมีในปริมาณน้อย ภาชนะที่ใช้บรรจุสารเคมีในการทำการทดลองเป็นวัสดุใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก วัสดุหลายชนิดที่นำมาใช้ในการทำปฏิกิริยาเคมีเป็นวัสดุที่ผู้เรียนพบเห็นในชีวิตประจำวัน และการที่ผู้เรียนได้ทำการทดลองด้วยตนเองเพื่อสืบเสาะหาความรู้ ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ เกิดความกระตือรือร้นอยากจะเรียนรู้ ประกอบกับสามารถสังเกตผลการทดลองอย่างได้รวดเร็วและชัดเจน ในขณะที่มีการเรียนการสอนผู้สอนเองก็กระตุ้นด้วยคำถามเป็นระยะ จึงทำให้เกิดพฤติกรรมมีส่วนร่วมในชั้นเรียนมากขึ้น ผู้เรียนกล้าแสดงออกถึงสิ่งที่ตนเองสงสัยและสิ่งที่ตนเองค้นพบ จากสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้ผลการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนอยู่ในระดับดี-ระดับดีมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเอ็กเกนและวิทเทนเกน (Eggen and Kvittingen. 2004: 1337-1338) ที่สร้างชุดทดลองไมโครสเกลเรื่องการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า เป็นเครื่องมือที่ใช้งานง่าย ราคาถูก สังเกตผลการทดลองได้อย่างชัดเจนทำให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมพึงพอใจในการทำการทดลอง

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

การพัฒนาบทปฏิบัติการไมโครสเกล จำเป็นต้องทำการทดลองในห้องปฏิบัติการก่อนนำมาใช้สอนจริง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความชัดเจนของผลการทดลอง และเพื่อเป็นแนวทางในการปรับวิธีการทดลองให้เหมาะสมกับระดับของนักศึกษาที่นำไปใช้จริง

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

2.1 ควรพัฒนาบทปฏิบัติการไมโครสเกลในหัวข้ออื่นๆ ต่อไปให้หลากหลายมากขึ้น เช่น สมดุลเคมี สมดุลกรด-เบส และ ปริมาณสารสัมพันธ์ เป็นต้น

2.2 การสอนโดยใช้บทปฏิบัติการไมโครสเกล ผู้สอนต้องพยายามเชื่อมโยงผลการทดลองที่ได้เข้ากับหลักการทางทฤษฎี เพราะจะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น

2.3 การวัดผลการเรียนรู้ในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ และแบบประเมินพฤติกรรมในชั้นเรียนเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้การประเมินผลการเรียนรู้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ควรวัดผลการเรียนรู้ในด้านอื่นเพิ่มขึ้น เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

2.4 คำถามท้ายการทดลอง นอกจากคำถามที่เป็นทักษะการคิดวิเคราะห์ ผู้สอนควรสร้างคำถามที่เน้นทักษะด้านอื่นๆ เพิ่มขึ้น

2.5 ควรทดลองใช้หลักสูตรโดยแยกกลุ่มผู้เรียนตามระดับของผลการเรียน ออกเป็นกลุ่มที่มีผลการเรียนในระดับดี ผลการเรียนระดับปานกลาง และผลการเรียนอ่อน เพื่อศึกษาว่าการนำหลักสูตรที่สร้างขึ้นไปใช้ ส่งผลต่อการพัฒนาการเรียนรู้อย่างไรของกลุ่มใดมากกว่า และนำมาปรับปรุงให้เหมาะสมกับระดับผลการเรียนของผู้เรียน

2.6 ควรติดตามผลทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนที่ได้เรียนโดยใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้นในระยะยาวต่อไป เพื่อศึกษาว่าหลังจากมีพัฒนาการของทักษะการคิดวิเคราะห์โดยใช้หลักสูตรนี้แล้ว มีผลต่อเนื่องไปยังการเรียนการสอนในภาคการศึกษาต่อไปหรือไม่

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2544). หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: ไทยร่มเกล้า.
- . (2546). แนวทางการจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: คณะอนุกรรมการพัฒนาคุณภาพวิชาการ กลุ่มกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน.
- กัญญา ทองมัน. (2534). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ทำการทดลองแบบไม่กำหนดแนวทางและกำหนดแนวทาง ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- กัลยา วินิชย์บัญชา. (2546). การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2546). การคิดเชิงวิเคราะห์. กรุงเทพฯ: ชัคเชสมิเดีย.
- จิต นวนแก้ว. (2543). การพัฒนาความสามารถด้านการคิดขั้นสูงในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จีรนนท์ วัชรกุล. (2546). ผลของการฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณในนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ สม. (จิตวิทยาการศึกษา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- ชวาล แพรัตกุล. (2518). เทคนิคการวัดผล (ฉบับปรับปรุง). พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.
- ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2550). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: ไทเนรมิตกิจ อินเตอร์ โปรเกรสซิฟ.
- ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช. (2544). คู่มือการเขียนแผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ: แม็ค.
- ทบวงมหาวิทยาลัย. (2525). ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์
- ทิสนา แคมมณี. (2545). ศาสตร์การสอน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธำรง บัวศรี. (2543). ทฤษฎีหลักสูตร การออกแบบและพัฒนา. กรุงเทพฯ: พัฒนาศึกษา.

- นวลจิตต์ ชาวกีรติพงศ์; และคนอื่นๆ. (2545). ชุดฝึกอบรมผู้บริหาร: ประมวลสาระเรื่องการจัดการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- นิภาพรรณ แดงโรจน์. (2530). การศึกษาความสามารถในการวิเคราะห์ตนเอง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาจริยธรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนแบบไตรสิกขา. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542). การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ณัฐภรณ์ หลาวทอง. (2547). เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 2702303 การวัดและประเมินผลทางการศึกษา. ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2537). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). การพัฒนาการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2537). ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 8-12. กรุงเทพฯ.
- บรรพต สุวรรณประเสริฐ. (2544). การพัฒนาหลักสูตรโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: ดวงกมลสมัย.
- ประดินันท์ อูปรมย์. (2530). จิตวิทยาเกี่ยวกับผู้สอนในระบบการเรียนการสอน. เอกสารการสอนชุดวิชาวิทยาการการสอน หน่วยที่ 1-7 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: นวกรณ.
- ปริญญ์ สดวามณี. (2548). การพัฒนากิจกรรมในหลักสูตรเสริมเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์ของนักเรียน. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (การบริหารการศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เปรมจิต บุญสาย. (2541). การพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม(ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: พี เอ็น เค แอนด์ สกายพริ้นติ้ง.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ภพ เลหาไฟบูลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

- ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. (2546). รายงานสรุปการสัมมนาภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม ประจำปี พ.ศ.2546.
- ยุทธพงษ์ อุตแน่น; รัตนา สนั่นเมือง; และ วิจารณ์ เชื้อชวด. (2545). การพัฒนาชุดทดลองแบบไมโครสเกลเพื่อใช้ในวิชาเคมีระดับมหาวิทยาลัย. *Naresuan University Journal*. 10(1): 17-26.
- รพีพรรณ เอกสุภาพันธุ์. (2541, มิถุนายน). การพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอน : ทฤษฎีการเรียนรู้. *การศึกษาเอกชน*. 8(77): 14-20.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2542. กรุงเทพฯ: ศิริวัฒนา อินเทอร์เน็ตพรินท์.
- รุจิร ภูสาระ. (2545). การพัฒนาหลักสูตรตาม : แนวปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ: บั๊ค พอยท์.
- รัตนา บรรณาธรรม. (2545, กรกฎาคม-ธันวาคม). ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับชั้นเรียนและเพศที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์ไตร่ตรองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร*. 1(2): 106-112.
- ลักขณา สริวัฒน์. (2549). *การคิด (Thinking)*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ; และจิต นวนแก้ว. (2532). *กิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).
- วิษชุดา งามอักษร. (2541). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการสอนแบบ เอส เอส ซี เอส กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วิชัย ตันศิริ. (2547). *โฉมหน้าการศึกษาไทยในอนาคต แนวคิดสำคัญของการปฏิรูปในพระราชบัญญัติการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิมล สำราญวานิช. (2532). *การสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา*. ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วิโรจน์ เฉลยสุข. (2541). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองกับการสอนแบบปกติ. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- วัชรวิ เอกโทชน. (2544, มกราคม-เมษายน). ทำไมต้องใช้แผนลำดับความคิด graphic Organizers. *ศึกษาปริทัศน์*. 16(1): 45-64.
- สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2536). *แนวการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- (2544). *เอกสารรายงานผลการรวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำแผนแม่บทระยะยาวและแผนแม่บท พ.ศ.2545-2549*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- (2546). *คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. (2544). *หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ฉบับปรับปรุง) สาขาเครื่องกล สาขาโยธา และ สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์*. สมบัติ การจนารักพงศ์; และคนอื่นๆ. (2549). *เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5 E ที่เน้นพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง: กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ธารอักษร.
- สมเกียรติ แก้วจรัสสุสันติ. (2544). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิชาเคมีสภาวะแวดล้อม เรื่อง การวิเคราะห์ปริมาณสารตะกั่ว แมงกานีส และสังกะสีในผักสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิตของสถาบันราชภัฏ*. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สารานุกรมศึกษาศาสตร์ โครงการสารานุกรมศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (2549). *การวัดผลและประเมินผลการศึกษา ฉบับรวมเล่มเฉพาะเรื่อง อันดับที่ 3*. กรุงเทพฯ: รุ่งเรืองสาส์น.
- สุนทร โคตรบรรเทา. (2547). *การพัฒนาหลักสูตรและการนำใช้หลักสูตร*. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย.
- สุนีย์ คล้ายนิล. (2546, มกราคม-กุมภาพันธ์). *ข้อคิดจากทฤษฎีการเรียนรู้. การศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี*. 31(122): 10-15.
- สุนีย์ เหมาะประสิทธิ์. (2543). *เอกสารคำสอนวิชา ปก.421 วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุนันท์ ศลโกสม. (2525). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุภาวดี จันทวานิช. (2546). *วิธีวิจัยเชิงคุณภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุภาวดี ด้านธำรงกุล; และคนอื่นๆ. (2543, กรกฎาคม-กันยายน). *การพัฒนาชุดการเรียนรู้การสอนทางการพยาบาลที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ด้านสุขภาพ*. 2(3): 194-203.

- สุรางค์ อนุกุล. (2542). *ปฏิบัติการเคมีคุณภาพวิเคราะห์*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวัณท์ นิยมคำ. (2531). *ทฤษฎีทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: เจเนอรัลบุ๊ก เซนเตอร์.
- สุวิทย์ มูลคำ; และอรรถัย มูลคำ. (2546). *20 วิธีจัดการเรียนรู้: เพื่อพัฒนาคุณธรรมจริยธรรม ค่านิยม การเรียนรู้โดยการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- . (2547ก). *21 วิธีจัดการเรียนรู้: เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. พิมพ์ครั้งที่ 5 . กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- . (2547ข). *กลยุทธ์ การสอนคิดวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- เสีี่ยม โตรัตน์. (2546, มิถุนายน-ตุลาคม). การสอนเพื่อเสริมสร้างทักษะการคิดวิเคราะห์. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร*. 1(1): 26-37.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2546). *คู่มือการจัดการศึกษาเชิงสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: 21 เซนจูรี่.
- ศุภพงศ์ อยู่ทอง. (2531). *อิทธิพลของคำถามขั้นวิเคราะห์ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการคิดแบบวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในวิชาสังคมศึกษา*. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- องอาจ นัยพัฒน์. (2548). *วิธีวิทยาการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพทางพฤติกรรมศาสตร์ และสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สามลดา.
- อภิญา เคนบวบผา. (2546). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง “สารและสมบัติของสาร” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อุษณีย์ โพธิ์สุข. (2543, ตุลาคม). การพัฒนาทักษะการคิดสำหรับเด็กที่มีความสามารถพิเศษ. *สานปฏิรูป*. 3(31): 68-69.
- Beasley, Warren Frederick. (1979). The Effect of Physical and Mental Practice of Psychomotor Skills on Chemistry Student Laboratory Performance *Dissertation Abstracts International*. 39(9): 5428A.
- Bergthold, Trisha A. (1999, October). Patterns of Analytical Thinking and Knowledge Use in Students' Early Understanding of the Limit Concept. *Dissertation Abstracts International*. 60(4): 1054-A. Retrieved March 27, 2004. from <http://wwwlib.umi.com/dissertations/fullcit/9925593>

- Begtrup, Mikael. (2001, April). Small Scale Filtration Using a Modified Plastic Syringe. *Journal of Chemical Education*. 78(4): 543.
- Bloom, Benjamin S. (1956). *Taxonomy of Education Objective Books 1: Cognitive Domain*. London: Longman Group.
- Colltette, Alfred T. (1973). *Science Teaching in the Secondary School*. Boston Allyn & Bacon.
- Dawn, I.; & George, M. (2004). Students' Perceptions of Academic Dishonesty in the Chemistry Classroom Laboratory. *Journal of Research in Science Teaching* (41): 47-64.
- Eggen, Per-Odd; & Kvittingen, Lise. (2004, September). A Small-Scale and Low-Cost Apparatus for the Electrolysis of Water. *Journal of Chemical Education*. 81(9): 1337-1338.
- Fuhry, Mary Ann M.; Colosimo, C.; & Gianneschi, K. (2001, July). A Microscale Birth Reduction for the Advanced Organic Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*. 78(7): 949-950.
- Hales, Rufus Gene. (2002, February). Critical Thinking Strategies Implemented by Classroom Teachers and Their Effect on Student Achievement. *Dissertation Abstracts International*. 62(8): 2642-A. Retrieved March 31, 2003, from <http://wwwlib.umi.com/dissertations/fullcit/3023658>
- Hansen, Judith Marie L. (1998, May). Community College General Education Impact on Student Critical Thinking Ability. *Dissertation Abstracts International*. 58(11): 4167-A. Retrieved December 31, 2003, from <http://wwwlib.umi.com/dissertations/fullcit/9814649>
- Ibanez, J. G. (2001, June). Laboratory Experiments on Electrochemical Remediation of the Environment. Part 5 : Indirect H₂S Remediation. *Journal of Chemical Education*. 78(6): 778-779.
- Manfredi, K. P.; & McGrew, L. A. (1996, June). Preparation and Properties of a Stable Organic Cation: A Microscale Experiment for Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*. 73(6): A124-A126.
- Marzano, Robert J. (2001). *Designing a New Taxonomy of Education Objectives*. California: Corwin Press.
- McMeen, J. LW. (1983, July). The Role of the Chemistry Inquiry Oriented Laboratory Approach in Facilitating Cognitive Growth and Development. *Dissertation Abstracts International*. 44: 130A.

- McMillen, C. (1986, March). Many Professors Now Start at the Beginning by Teaching their Students How to Think. *Chronicle of Higher Education*. 23-25.
- McGuire, P.; Ealy, J.; & Pickering, N. (1991, October). Microscale Laboratory at the High School Level the Efficiency and Student Response. *Journal of Chemical Education*. 68(10): 869-871.
- Mills, J.; & Hampton, Michael D. (1991). *Microscale and Macroscale Experiments for General Chemistry*. New York: McGraw-Hill.
- Oliva, P. F. (1992). *Developing the Curriculum*. 3rd ed. New York: Harper Collins.
- Pavia, Donald L.; et al. (2002). *Microscale and Macroscale Techniques in the Organic Laboratory*. Fort Worth: Harcourt College.
- Ricketts, John C. (2004, January). Critical Thinking Skills of Selected Youth Leaders : The Efficacy of Leadership Development, Critical Thinking Dispositions and Student Academic Performance. *Dissertation Abstracts International*. 64(7): 2349-A. Retrieved February 14, 2004, from <http://wwwlib.umi.com/dissertations/fullcit/3095110>
- Romey, William D. (1968). *Inquiry Technique for Teaching Science*. Englewood Cliffs , New Jersey: Prentice-Hall.
- Russo, T. (1986) . *Microchemistry for High School General Chemistry*. Kemtec Educational Corporation: West Chester, OH.
- Schoffstall, Allen M.; Gaddis, Babara A.; & Druelinger, Melvin L. (2004). *Microscale and Miniscale Organic Chemistry Laboratory Experiments*. New York: McGraw-Hill.
- Singh, Mono M.; et al. (2000, May). A Comparative Study of Microscale and Standard Burets. *Journal of Chemical Education*. 77(5): 625-626.
- Spear, J.; & Zollman, D. (1977, January) . The Influences of Structure Versus Unstructured Laboratory on Students' Understanding the Process of Science. *Research in Science Teaching*. (14): 34-35.
- Szafran, Z.; Singh, Mono M.; & Pike, Ronald M. (1989, November). The Microscale Inorganic Laboratory Safety, Economy, and Versatility. *Journal of Chemical Education*. 66(11): A 263-A 267.
- Taba, H. (1962). *Curriculum Development : Theory and Practices*. NewYork: Harcourt Brace, World.
- Tisher, R. P.; et al. (1972). *Fundamental Issues in Science Education*. Sydney: John Wiley & Sons.

- Tyler, Ralph W. (1949). *Basic Principles of Curriculum and Instruction*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Widden, M. F. (1973, January). A Product Evaluation of Science a Process Approach. *Dissertation Abstracts*. 32: 3582A
- Williams, James M. (1981, October). A Comparison Study of the Effects of Inquiry and Traditional Teaching Procedures on Student Attitude, Achievement, and Critical-Thinking Ability in Eleventh Grade United States History. *Dissertation Abstracts International*. 42(4): 1605-A. Retrieved April 5, 2005, from <http://wwwlib.umi.com/dissertations/fullcit/8120495>
- Wood, Clair G. (1990, July). Microchemistry. *Journal of Chemical Education*. 67(7): 596-597.
- Wooster, Mike. (2007, March). Microscale chemistry. *Education in Chemistry*. 44 (2): 45-47,56.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. รองศาสตราจารย์ ดร.กานดา พูลลาภทวี
 อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
2. อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ
 อาจารย์ประจำภาควิชาการวิจัยและวัดผลทางการศึกษา
 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. อาจารย์นิรันดร์ พงษ์พันธ์
 อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี
 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
4. อาจารย์เสกสรรค์ กะชามาศ
 รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ อาจารย์ประจำหมวดวิชาเคมี
 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

ภาคผนวก ข

หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล
แผนการสอนวิชาเคมี 5 รหัสวิชา 392155 ของหลักสูตรปกติ

หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล

เป็นหลักสูตรที่สร้างขึ้นสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ตามโครงสร้างหลักสูตรของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สำหรับการเรียนในภาคเรียนที่ 1 ของนักศึกษาระดับ ป.วช. ชั้นปีที่ 3 เป็นหลักสูตรที่มีเนื้อหาในรายวิชาเคมี 5 รหัสวิชา 392155

392155 เคมี 5

ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี ปฏิกิริยารีดอกซ์ การดุลสมการรีดอกซ์ เซลล์ไฟฟ้าเคมี เซลล์กัลวานิก ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์ ประเภทของเซลล์กัลวานิก เซลล์อิเล็กโทรไลต์ ประโยชน์ของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ การฟูก่อนของโลหะและการป้องกัน ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้าเคมี การทำอิเล็กโทรไลซิสน้ำทะเล เซลล์เชื้อเพลิง และแบตเตอรี่อิเล็กโทรไลต์แข็ง

สมบัติของธาตุตามตารางธาตุ สมบัติของธาตุตามหมู่และคาบ ขนาดอะตอม พลังงานไอออไนเซชัน ค่าสภาพไฟฟ้าลบ จุดหลอมเหลวและจุดเดือด เลขออกซิเดชัน สมบัติของสารประกอบของธาตุตามคาบ สมบัติของธาตุและสารประกอบของธาตุตามหมู่ ปฏิกิริยาของธาตุหมู่ IA และ IIA ปฏิกิริยาของธาตุหมู่ VIIA ตำแหน่งของธาตุไฮโดรเจนในตารางธาตุ ธาตุแทรนซิชัน การทำนายตำแหน่งและสมบัติของธาตุในตารางธาตุ

ในหลักสูตรประกอบด้วย

1. รายละเอียดเนื้อหา 7 เรื่อง ได้แก่

1.1 เลขออกซิเดชัน บทเรียนนี้เป็นการศึกษาปฏิกิริยาเคมีของโลหะแทรนซิชันที่มีเลขออกซิเดชันต่างๆ โดยศึกษาโลหะ 2 ชนิดคือ เหล็ก (Fe) และโครเมียม (Cr)

1.2 ปฏิกิริยารีดอกซ์ บทเรียนนี้เป็นการศึกษาปฏิกิริยารีดักชัน-ออกซิเดชัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอน ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาที่มีการให้อิเล็กตรอนมีผลทำให้ทำให้เลขออกซิเดชันของธาตุในสารนั้นเพิ่มขึ้น ส่วนปฏิกิริยารีดักชันเป็นปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอนและมีผลทำให้เลขออกซิเดชันของธาตุในสารนั้นลดลง ทั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันต้องเกิดควบคู่กันในปฏิกิริยา ซึ่งปฏิกิริยารวมเรียกว่าปฏิกิริยารีดอกซ์

1.3 เซลล์กัลวานิก บทเรียนนี้เป็นการศึกษาเซลล์กัลวานิก เป็นการเปลี่ยนรูปจากปฏิกิริยาเคมีไปเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเมื่อต่อครบวงจรทำให้สามารถวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง

1.4 เซลล์ความเข้มข้น บทเรียนนี้เป็นการศึกษาเซลล์ความเข้มข้น ซึ่งเป็นเซลล์กัลวานิกชนิดหนึ่งที่มีการนำครึ่งเซลล์ที่เหมือนกันมีความเข้มข้นต่างกันมาต่อจนครบวงจร เพื่อวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์

1.5 การแยกสลายด้วยไฟฟ้า บทเรียนนี้เป็นการศึกษาเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ซึ่งเป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมี

1.6 สมบัติของธาตุและสารประกอบของธาตุหมู่หลัก บทเรียนนี้เป็นการศึกษาปฏิกิริยาเคมีของธาตุหมู่ IA IIA และ VIIA

1.7 ธาตุแทรนซิชัน บทเรียนนี้เป็นการศึกษาปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบของธาตุแทรนซิชันบางชนิด เช่น สารประกอบของทองแดง นิกเกิล โคบอลต์ และเงิน

2. แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ เป็นรูปแบบของการจัดกิจกรรมแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ดำเนินกิจกรรมเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นสร้างความสนใจ การจัดกิจกรรมในขั้นนี้ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และเริ่มตั้งคำถามในสิ่งที่สงสัย โดยให้ผู้เรียนแบ่งกลุ่มทำการทดลองไมโคร

สเกลครั้งที่ 1 ทั้งนี้ขณะที่มีกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้สอนให้คำแนะนำตลอดเวลา

2.2 ขั้นสำรวจและค้นหา การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในขั้นนี้ผู้สอนและผู้เรียน นำข้อมูลจากการทดลองมาสรุปร่วมกับในเบื้องต้น ผู้สอนใช้คำถามเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างกันในห้องเรียน

2.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ในการจัดกิจกรรมในขั้นนี้ ผู้เรียนทำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลครั้งที่ 2 โดยวางแผนและดำเนินการทดลองด้วยตนเอง บทบาทของผู้สอนลดลง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

2.4 ขั้นขยายความรู้ การจัดกิจกรรมในขั้นนี้ ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มเสนอผลการทดลองและอภิปรายผลร่วมกัน เพื่อขยายความรู้ที่ได้รับจากการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลในครั้งที่ 2 เพิ่มเติมจากความรู้ที่ได้รับในการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลในครั้งที่ 1

2.5 ขั้นประเมินผล ในขั้นนี้ประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน โดยให้ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง

3. บทปฏิบัติการไมโครสเกล มีทั้งหมด 7 เรื่อง ได้แก่ เลขออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดอกซ์ เซลล์กัลวานิก เซลล์ความเข้มข้น การแยกสลายด้วยไฟฟ้า สมบัติของธาตุและสารประกอบของธาตุหมู่หลัก และธาตุแทรนซิชัน ลักษณะของบทปฏิบัติการไมโครสเกลแตกต่างจากบทปฏิบัติการโดยทั่วไป คือ ใช้ปริมาณสารเคมีในการทดลองปริมาณน้อย ประมาณ 3-7 หยด อุปกรณ์ที่ใช้สามารถใช้งานได้ง่าย เคลื่อนย้ายได้สะดวก ล้างทำความสะอาดง่าย เวลาที่ใช้ในการทดลองไม่นาน ทำให้มีเวลาพอที่ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนมากขึ้น โดยอภิปรายผลและสรุปผลร่วมกันในห้องเรียน

4. คำถามท้ายการทดลอง ประกอบด้วยคำถามที่ต้องการวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ในแต่ละด้าน ได้แก่ ด้านการจำแนก ด้านการจัดหมวดหมู่ ด้านการสรุป ด้านการประยุกต์ และด้านการคาดการณ์ เพื่อประเมินผลการใช้หลักสูตรเบื้องต้น ก่อนจะวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นหลังเรียนจบทั้งหลักสูตรแล้ว

แนวทางการใช้หลักสูตร

หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลชุดนี้สร้างขึ้นโดยมีจุดมุ่งหมายคือ

1. เพื่อนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาเคมีสำหรับนักศึกษาในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ป.วช.) ของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ที่มีการเรียนการสอนในเนื้อหาเรื่องเคมีไฟฟ้า และสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ

2. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน 4 ด้าน คือด้านความรู้ ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

3. เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน 5 ด้าน คือ ด้านการจำแนก ด้านการจัดหมวดหมู่ ด้านการสรุป ด้านการประยุกต์ และด้านการคาดการณ์

4. เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ ปี 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545

5. เพื่อพัฒนาพฤติกรรมการเรียนในชั้นเรียนของผู้เรียน ให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมกระตือรือร้นในการเรียน มีส่วนร่วมในชั้นเรียน และเกิดความพึงพอใจในการเรียน

ดังนั้นเพื่อให้การใช้หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล บรรลุตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ จึงเสนอแนวทางการใช้หลักสูตรดังนี้

1. หลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลชุดนี้ ประกอบด้วยเนื้อหาวิชา 2 เรื่องคือเคมีไฟฟ้า และสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ ดังนั้นผู้สอนสามารถนำไปใช้ในชั้นเรียนที่จัดการเรียนการสอนใน 2 เนื้อหาวิชาดังกล่าว

2. การวัดผลการเรียนรู้

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนจบหลักสูตรนี้แล้ว โดยใช้ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 48 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อศึกษาผลการเรียนรู้เชิงวิชาการ ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาของผู้เรียนแต่ละคน

2.2 ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทำการทดสอบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์จำนวน 30 ข้อ ผลทดสอบทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนที่ได้สามารถศึกษาพัฒนาการทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน

3. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ดำเนินกิจกรรมแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนโดยใช้แผนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้รายสัปดาห์ทั้ง 14 สัปดาห์ แสดงดังตาราง

ภาคผนวก ค
เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 48 ข้อ

คำชี้แจง

1. ข้อสอบฉบับนี้เป็นแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก ให้นักศึกษาเลือกตอบคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยให้กาเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ
2. คำถามในแต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว ถ้าตอบเกินหนึ่งคำตอบหรือไม่ตอบเลย ถือว่าไม่ได้คะแนนในข้อนั้น
3. สามารถใช้ตารางค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานครึ่งเซลล์รีดักชัน ในการทำข้อสอบ
4. ไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณอิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิด
5. ห้ามขีดเขียนหรือทำสัญลักษณ์ใดๆ ลงในข้อสอบ ถ้าต้องการขีดเขียนให้ทำลงในกระดาษเปล่าที่แจกให้

1. ในปฏิกิริยาต่อไปนี้ $I_2 + 2S_2O_3^{2-} \rightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$ ข้อใดถูกต้อง

- (1) I_2 ถูกรีดิวซ์เป็น I^-
- (2) $S_4O_6^{2-}$ เป็นตัวรีดิวซ์
- (3) $S_2O_3^{2-}$ เป็นตัวออกซิไดซ์
- (4) เลขออกซิเดชันของออกซิเจนเปลี่ยนไป
- (5) เลขออกซิเดชันของกำมะถันไม่เปลี่ยนแปลง

(ความเข้าใจ -2.2 ความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่สัญลักษณ์หนึ่ง)

2. เมื่อจุ่มแท่งโลหะลงในสารละลายของโลหะไอออนต่างๆ ได้ผลดังนี้

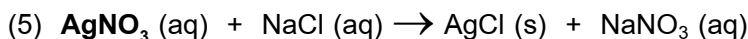
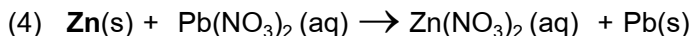
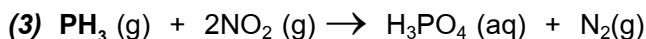
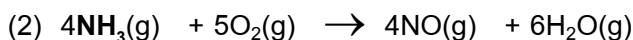
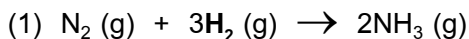
โลหะในสารละลาย	บันทึกการเปลี่ยนแปลง	
	ชิ้นโลหะ	สารละลาย
Zn ใน $CuSO_4$	สังกะสีส่วนที่จุ่มในสารละลายมีสีน้ำตาลแดงมาเกาะ	สารละลายสีฟ้าจางลง
Ag ใน $ZnSO_4$	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
Cu ใน $AgNO_3$	ทองแดงส่วนที่จุ่มในสารละลายมีสารสีเงินมาเกาะ	สารละลายใสเปลี่ยนเป็นสีฟ้า
Fe ใน $CuSO_4$	เหล็กกร่อน	สารละลายสีฟ้าจางลง
Fe ใน $ZnSO_4$	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

จากข้อมูล ลำดับความสามารถในการรับอิเล็กตรอนจากมากไปน้อยคือข้อใด

- (1) $Zn^{2+} > Fe^{2+} > Cu^{2+} > Ag^+$
- (2) $Cu^{2+} > Ag^+ > Zn^{2+} > Fe^{2+}$
- (3) $Fe^{2+} > Zn^{2+} > Cu^{2+} > Ag^+$
- (4) **$Ag^+ > Cu^{2+} > Fe^{2+} > Zn^{2+}$**
- (5) $Zn^{2+} > Cu^{2+} > Ag^+ > Fe^{2+}$

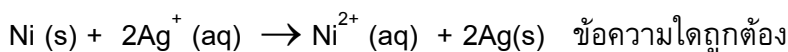
(กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ -3.3 การแปลความหมายข้อมูลและการสรุป)

3. สารที่พิมพ์ตัวหนา ในข้อใดเป็นตัวออกซิไดซ์



(ความเข้าใจ -2.1 ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่)

4. จงพิจารณาปฏิกิริยา



(1) Ag เป็นตัวออกซิไดซ์

(2) **Ni เป็นตัวรีดิวซ์**

(3) $\text{Ni}(\text{s}) \rightarrow \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$ เป็นปฏิกิริยารีดักชัน

(4) $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$ เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน

(5) ปฏิกิริยาดังกล่าวไม่ใช่ปฏิกิริยารีดอกซ์

(ความเข้าใจ -2.2 ความสามารถแปลงความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่สัญลักษณ์หนึ่ง)

5. การจัดอุปกรณ์เพื่อทดลองการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันในเซลล์กัลวานิก มีดังนี้
ช่องพลาสติกบรรจุสาร 2 ช่อง, ตะปูเหล็ก, แผ่นตะกั่ว, สารละลาย $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, สารละลาย $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
สารละลาย KCl, มิเตอร์วัดความต่างศักย์, กระดาษกรอง และสายไฟฟ้าแบบต่างๆ
ถ้าไม่มีอุปกรณ์ชิ้นใด เรายังสามารถทำการทดลองได้

(1) สายไฟ

(2) ตะปูเหล็ก

(3) สารละลาย $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

(4) สารละลาย $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$

(5) **มิเตอร์วัดความต่างศักย์**

(กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ -3.2 การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา)

6. เมื่อจุ่มแท่งโลหะ A B และ C ลงในสารละลายที่มีไอออนทั้ง 3 ชนิด ได้ผลดังตาราง

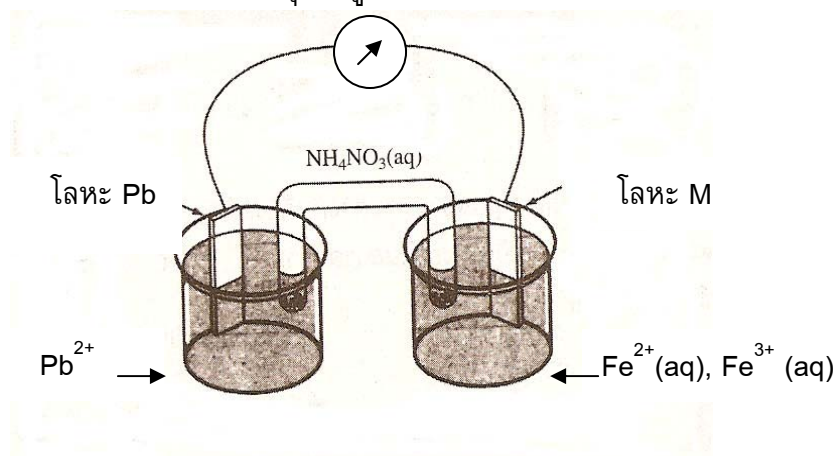
โลหะที่จุ่ม	ไอออนในสารละลาย	มวลของแท่งโลหะ
A	B^+	เพิ่มขึ้น
B	C^+	ไม่เปลี่ยนแปลง
C	A^+	ไม่เปลี่ยนแปลง

จากข้อมูลของผลการทดลองดังกล่าว สรุปความสามารถในการให้อิเล็กตรอนของโลหะ A B และ C ได้ตามข้อใด

- (1) $A > C > B$
- (2) $C > B > A$
- (3) $B > A > C$
- (4) $B > C > A$
- (5) $C > A > B$

(กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ -3.3 การแปลความหมายข้อมูลและการสรุป)

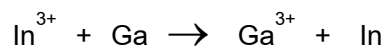
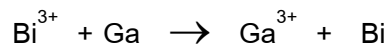
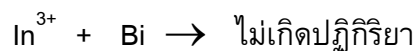
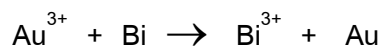
7. จากรูปภาพเซลล์ไฟฟ้าเคมีต่อไปนี้ ข้อสรุปใดถูกต้อง



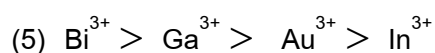
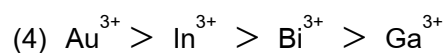
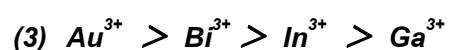
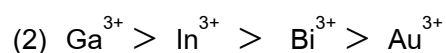
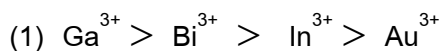
- (1) โลหะ M คือ Fe
- (2) ตัวรีดิวซ์คือ Pb แอโนดคือ M
- (3) ตัวออกซิไดซ์คือ Pb^{2+} แอโนดคือ M
- (4) แผนภาพเซลล์คือ $M/Fe^{3+}/Fe^{2+} // Pb^{2+}/Pb$
- (5) ปฏิกิริยารวมของเซลล์จะมีการให้และรับอิเล็กตรอนรวม 3 อิเล็กตรอน

(กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ -3.3 การแปลความหมายข้อมูลและการสรุป)

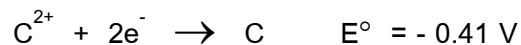
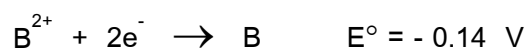
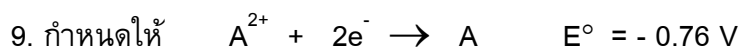
8. ปฏิกริยาระหว่างโลหะกับสารละลายไอออนของโลหะมีผลการทดลอง สรุปได้ดังสมการ



นำข้อมูลที่ได้มาจัดลำดับค่า E° reduction ได้ตามข้อใด



(กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ -3.3 การแปลความหมายข้อมูลและการสรุป)



ข้อใดเป็นการเก็บสารละลายไอออนของโลหะในภาชนะโลหะ แล้วไม่เกิดสารเจือปนจากการผุกร่อนของโลหะที่ทำภาชนะ

	ไอออนในสารละลาย	โลหะที่เป็นภาชนะ
(1)	A^{2+}	B
(2)	B^{2+}	C
(3)	C^{2+}	D
(4)	A^{2+}	D
(5)	C^{2+}	A

(การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ -4.2 ความสามารถในการผสมผสานความรู้และเรื่องราวที่เรียนไปแล้วไปใช้ในสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลองที่คล้ายคลึงกัน)

10. ข้อใดเป็นแผนภาพเซลล์ไฟฟ้าที่สามารถทำให้หลอดไฟสว่างได้

- (1) $\text{Li(s)}/\text{Li}^+(\text{aq}) // \text{Ni}^{2+}(\text{aq})/\text{Ni(s)}$
- (2) $\text{Cu(s)}/\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) // \text{Mg}^{2+}(\text{aq})/\text{Mg(s)}$
- (3) $\text{Fe(s)}/\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) // \text{Na}^+(\text{aq})/\text{Na(s)}$
- (4) $\text{Sn(s)}/\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) // \text{Co}^{2+}(\text{aq})/\text{Co(s)}$
- (5) $\text{Cr(s)}/\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) // \text{Al}^{3+}(\text{aq})/\text{Al(s)}$

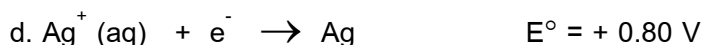
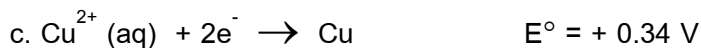
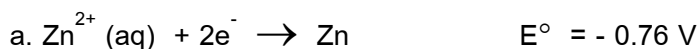
(ความเข้าใจ -2.1 ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่)

11. จากค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของปฏิกิริยารีดอกซ์ครึ่งเซลล์ที่กำหนดให้ เมื่อทำการทดลองจุ่มชิ้นโลหะลงในไอออนของโลหะต่าง ๆ ผลการทดลองข้อใดไม่ถูกต้อง

โลหะในสารละลาย	การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น	
	ชิ้นโลหะ	สารละลาย
(1) Cu ใน $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง	สารละลายเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีฟ้า
(2) Ag ใน CuSO_4	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
(3) Ni ใน AgNO_3	โลหะกร่อนไปและมีสารสีขาวปนเทาเป็นมันวาวมาเกาะ	สารละลายเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีเขียวอ่อน
(4) Zn ใน NiSO_4	โลหะกร่อนไปและมีสารมันวาวมาเกาะ	สีของสารละลายจางลง
(5) Ag ใน NiSO_4	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

(กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ -3.2 การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา)

12. กำหนดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของปฏิกิริยาครึ่งเซลล์รีดักชัน ดังต่อไปนี้



ครึ่งเซลล์คู่ใดเมื่อนำมาต่อกันแล้วหลอดไฟจะสว่าง น้อยที่สุด

(1) a และ b

(2) a และ c

(3) c และ d

(4) a และ d

(5) b และ c

(กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ -3.4 การสร้าง ทดสอบ และการปรับปรุงแบบจำลองหรือทฤษฎีต่างๆ)

13. จากตารางค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของปฏิกิริยาครึ่งเซลล์รีดักชัน ถ้านำแผ่นทองคำจุ่มลงในสารละลายไอออนของสังกะสี E° ของเซลล์จะมีค่าเท่าใด

(1) -0.66 V แต่ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเองไม่ได้

(2) -2.26 V แต่ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเองไม่ได้

(3) $+0.66 \text{ V}$ และปฏิกิริยาเกิดได้เอง

(4) $+2.26 \text{ V}$ และปฏิกิริยาเกิดได้เอง

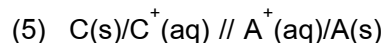
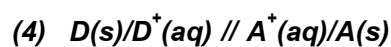
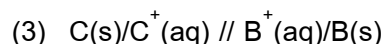
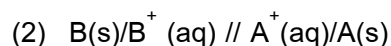
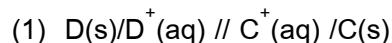
(5) ไม่สามารถคำนวณค่า E° ของเซลล์ได้ เพราะปฏิกิริยานี้ไม่สามารถเกิดขึ้นได้เอง

(กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ -3.3 การแปลความหมายข้อมูลและการสรุป)

14. กำหนดค่า $E^\circ_{\text{reduction}}$ ของครึ่งเซลล์ต่อไปนี้



เซลล์ในข้อใดมีความต่างศักย์สูงสุด



(ความเข้าใจ -2.1 ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่)

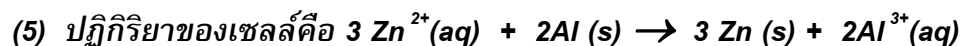
15. จากแผนภาพเซลล์ $Al(s)/Al^{3+}(aq) // Zn^{2+}(aq)/Zn(s)$ ข้อใดถูกต้อง

(1) Zn เป็นแอโนด

(2) Al เป็นตัวออกซิไดซ์

(3) Zn^{2+} เป็นตัวรีดิวซ์

(4) แผนภาพเซลล์ดังกล่าวปฏิกิริยาเกิดขึ้นเองไม่ได้



(ความเข้าใจ -2.1 ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่)

16. ภาชนะโลหะที่ใช้เก็บสารละลายในข้อใดที่ทำให้ภาชนะสึกกร่อน

(1) เก็บสารละลาย $CuSO_4$ ในภาชนะเงิน

(2) เก็บสารละลาย $ZnSO_4$ ในภาชนะทองแดง

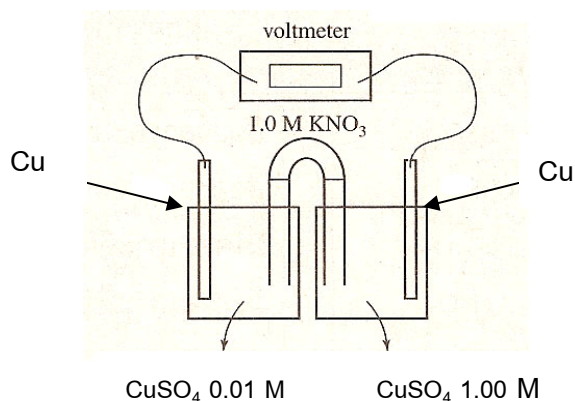
(3) เก็บสารละลาย $FeSO_4$ ในภาชนะนิกเกิล

(4) เก็บสารละลาย $Al(SO_4)_3$ ในภาชนะทองแดง

(5) เก็บสารละลาย $AgNO_3$ ในภาชนะอะลูมิเนียม

(การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ -4.2 ความสามารถในการผสมผสานความรู้ และเรื่องราวที่เรียนไปแล้วไปใช้ในสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลองที่คล้ายคลึงกัน)

17. ภาพเซลล์ต่อไปนี้มีการต่อครึ่งเซลล์ระหว่าง Cu/Cu^{2+} (0.01 M) กับ Cu/Cu^{2+} (1.0 M) เพื่อวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์

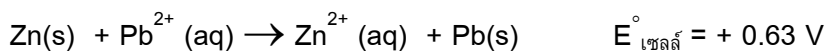


ข้อสรุปใดถูกต้อง

- (1) เป็นเซลล์ความเข้มข้น แต่ไม่ใช่เซลล์กัลวานิก
- (2) ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เท่ากับ -0.0592 โวลต์
- (3) แผนภาพเซลล์คือ $\text{Cu(s)}/\text{Cu}^{2+}(0.01 \text{ M}) // \text{Cu(s)}/\text{Cu}^{2+}(1.00 \text{ M})$
- (4) ปฏิกิริยาออกซิเดชันคือ $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}, 1.00 \text{ M}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}, 0.01 \text{ M}) + 2\text{e}^-$
- (5) สารละลาย KNO_3 ทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากแคโทดไปยังแอโนด

(กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ -3.3 การแปลความหมายข้อมูลและการสรุป)

18. จากปฏิกิริยาต่อไปนี้

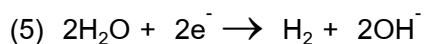
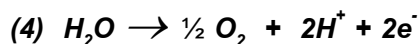
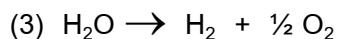
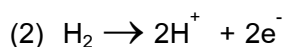
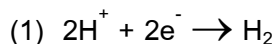


ข้อความใดไม่ถูกต้อง

- (1) สังกะสีเป็นแคโทด
- (2) สังกะสีให้อิเล็กตรอน
- (3) ตะกั่วไอออนจะไปทำให้สังกะสีเสียอิเล็กตรอน
- (4) ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นได้ เนื่องจากค่า $E^\circ_{\text{เซลล์}}$ มีค่าเป็นบวก
- (5) แผนภาพเซลล์ไฟฟ้าคือ $\text{Zn(s)}/\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) // \text{Pb}^{2+}(\text{aq})/\text{Pb(s)}$

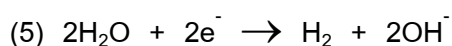
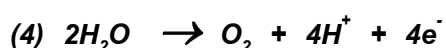
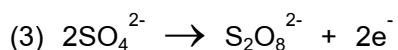
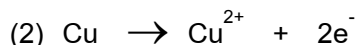
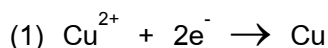
(ความเข้าใจ -2.1 ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่)

19. การแยกน้ำด้วยไฟฟ้า โดยเติม H_2SO_4 ปฏิกริยาที่แอโนดควรเป็นข้อใด



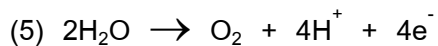
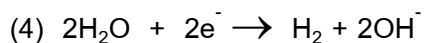
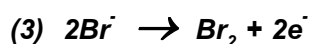
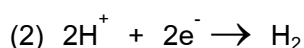
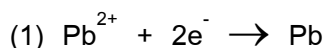
(ความเข้าใจ -2.1 ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่)

20. การแยกสลายสารละลาย CuSO_4 โดยใช้แท่งแกรไฟต์เป็นขั้วไฟฟ้า ปฏิกริยาที่แอโนดควรเป็นข้อใด



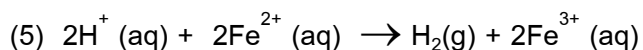
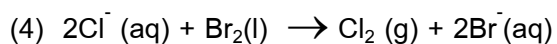
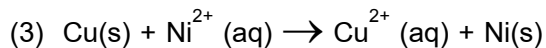
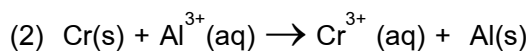
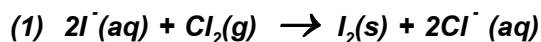
(ความเข้าใจ -2.1 ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่)

21. การทำอิเล็กโทรลิซิสของตะกั่ว(II)โบรไมด์ที่หลอมเหลวโดยใช้แพลทินัมเป็นขั้วไฟฟ้า ที่แอโนดจะเกิดปฏิกิริยาตามข้อใด



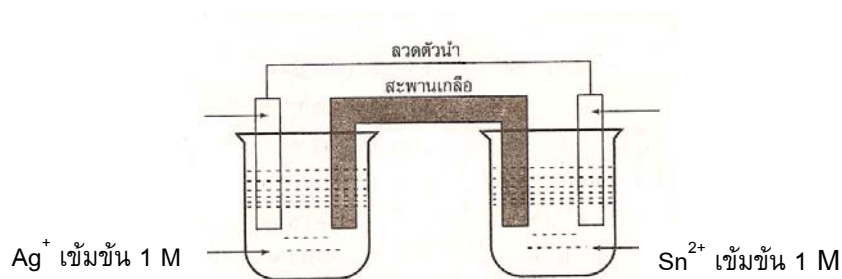
(ความเข้าใจ -2.1 ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่)

22. ปฏิกิริยาใดสามารถเกิดกระแสไฟฟ้าได้

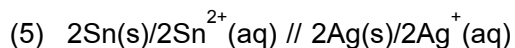
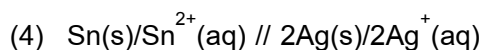
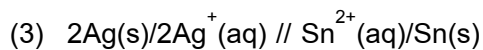
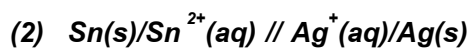
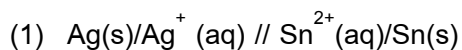


(กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ -3.3 การแปลความหมายข้อมูลและการสรุป)

23. จากรูป



แผนภาพของเซลล์ไฟฟ้าเคมี คือข้อใด



(ความเข้าใจ -2.2 ความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่สัญลักษณ์หนึ่ง)

24. การทดลองการแยกสลายสารละลาย NiSO_4 ด้วยไฟฟ้าตามรูป



การแยกสลาย NiSO_4 ด้วยไฟฟ้า

จงทำนายว่าผลการทดลองในข้อใดถูกต้อง

(1) มีโลหะสีเข้มมาเกาะที่ขั้วแคโทด และที่แอโนดสารละลายรอบๆ ขั้วเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีน้ำตาล

(2) ที่แคโทดสารละลายรอบๆ ขั้วเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีน้ำตาล และที่แอโนดมีฟองแก๊สเกิดขึ้นรอบๆ ขั้ว สารละลายรอบขั้วสามารถเปลี่ยนสีฟีนอล์ฟทาลีนจากไม่มีสีเป็นสีชมพู

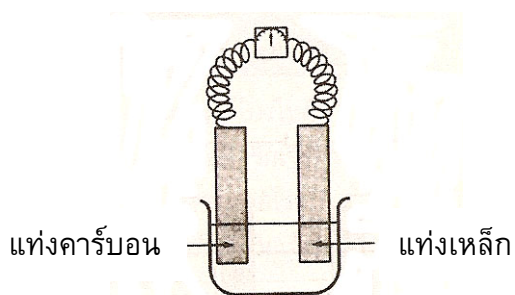
(3) มีโลหะสีเข้มมาเกาะที่ขั้วแคโทด และที่แอโนดเกิดฟองแก๊สรอบๆ ขั้วเมื่อทดสอบด้วยก้านรูปที่ติดไฟเป็นถ่านแดงๆ จะสว่างเพิ่มขึ้น

(4) ที่แคโทดเกิดฟองแก๊สรอบๆ ขั้วเมื่อทดสอบด้วยก้านรูปที่ติดไฟเป็นถ่านแดงๆ จะสว่างเพิ่มขึ้น และที่แอโนดมีฟองแก๊สเกิดขึ้นรอบๆ ขั้ว สารละลายรอบขั้วสามารถเปลี่ยนสีฟีนอล์ฟทาลีนจากไม่มีสีเป็นสีชมพู

(5) ที่แคโทดและแอโนดเกิดฟองแก๊สรอบๆ ขั้วเมื่อทดสอบด้วยก้านรูปที่ติดไฟเป็นถ่านแดงๆ จะสว่างเพิ่มขึ้น

(กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ -3.1 การสังเกตและการวัด)

25. นักศึกษาคนหนึ่งทำการทดลองโดยจัดอุปกรณ์ดังรูป



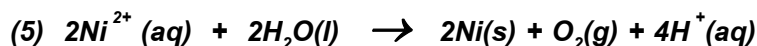
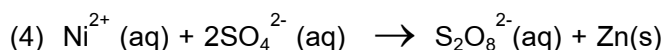
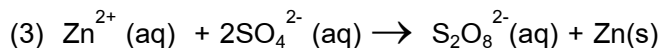
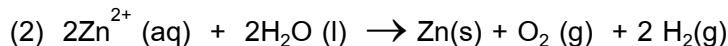
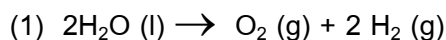
สารละลายที่ใช้คือ สารละลาย AgNO_3

จากการทดลองดังกล่าว จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ที่แท่งเหล็ก	ที่แท่งคาร์บอน
(1) เหล็กกร่อน	เกิดแก๊ส
(2) ไม่เปลี่ยนแปลง	มีโลหะมาเกาะ
(3) เหล็กกร่อน	มีโลหะมาเกาะ
(4) มีโลหะมาเกาะ	เกิดแก๊ส
(5) เกิดแก๊ส	เกิดแก๊ส

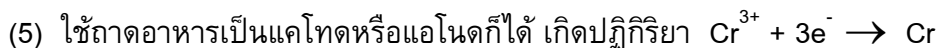
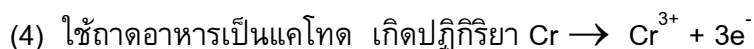
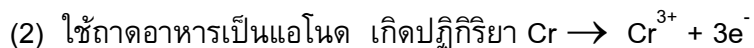
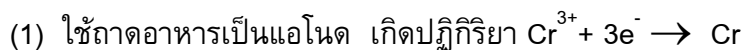
(การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ -4.1 ความสามารถในการผานความรู้
และนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา)

26. สารละลายผสมระหว่าง ZnSO_4 และ NiSO_4 เข้มข้นอย่างละ 0.5 mol/dm^3 เมื่อทำการแยกสลายด้วยไฟฟ้า ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ควรเป็นข้อใด



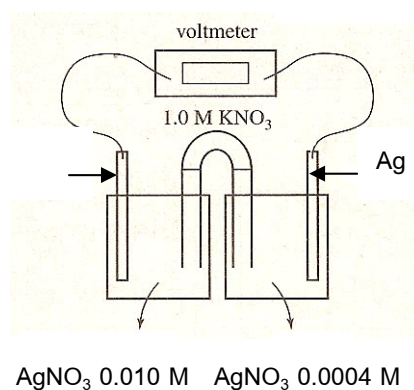
(การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ -4.1 ความสามารถในการผสมผสานความรู้และนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา)

27. ถ้าต้องการชุบธาตุอาหารที่ทำด้วยสังกะสีด้วยโครเมียมโดยวิธีการแยกสลายด้วยไฟฟ้าควรทำอย่างไร



(การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ -4.2 ความสามารถในการผสมผสานความรู้และเรื่องราวที่เรียนไปแล้วไปใช้ในสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลองที่คล้ายคลึงกัน)

28. พิจารณาเซลล์กัลวานิกต่อไปนี้



ข้อสรุปใดถูกต้อง

- (1) เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ
- (2) ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์มีค่าเท่ากับ 0.0829 V
- (3) แอโนด คือครึ่งเซลล์ Ag(s) / AgNO₃ (0.010 M)
- (4) เมื่อเข้าสู่สมดุลศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เท่ากับศูนย์**
- (5) สะพานไอออน (KNO₃) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากแอโนดไปยังแคโทด

(กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ -3.3 การแปลความหมายข้อมูลและการสรุป)

29. พิจารณาปฏิกิริยาต่อไปนี้

ปฏิกิริยา	E° (V)
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	+ 0.337
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$	+ 0.771
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-(\text{aq})$	+ 1.36
$2\text{H}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+ 0.80
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$	0.00
$\text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^- \rightarrow \text{S}(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+ 0.45
$4\text{H}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	+ 0.17

ข้อใดถูกต้อง

- (1) จุ่มโลหะเงินในกรด H_2SO_3 จะเกิดกำมะถัน
- (2) จุ่มโลหะเงินลงในสารละลาย Cl^- จะเกิดแก๊ส Cl_2
- (3) จุ่มโลหะเงินลงในกรด HCl จะเกิดแก๊ส H_2 อย่างรวดเร็ว
- (4) จุ่มโลหะทองแดงลงในกรด HNO_3 จะเกิดแก๊ส NO_2 สีน้ำตาลแดง**
- (5) จุ่มโลหะทองแดงลงในกรด H_2SO_4 จะเกิดแก๊ส H_2SO_3 ในสารละลาย

(ความเข้าใจ -2.2 ความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่สัญลักษณ์หนึ่ง)

30. หมู่ VIIA จากบนลงล่างควรมีแนวโน้มของค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีอย่างไร

- (1) ไม่ขึ้นกับรัศมีอะตอม
- (2) ลดลงในขณะที่รัศมีอะตอมลดลง
- (3) เพิ่มขึ้นในขณะที่รัศมีอะตอมลดลง
- (4) ลดลงในขณะที่รัศมีอะตอมเพิ่มขึ้น**
- (5) เพิ่มขึ้นในขณะที่รัศมีอะตอมเพิ่มขึ้น

(ความรู้ความจำ -1.6 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนก การจัดประเภท และเกณฑ์)

31. สารประกอบคลอไรด์ต่อไปนี้ สารประกอบใดเมื่อละลายน้ำจะมีสี

- (1) KCl
- (2) AlCl_3
- (3) CaCl_2
- (4) NaCl
- (5) **NiCl_2**

(ความเข้าใจ -2.1 ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่)

32. ธาตุในกลุ่มใด มีขนาดอะตอมใกล้เคียงกันมากที่สุด

- (1) ธาตุเฉื่อย
- (2) ธาตุแอลคาไล
- (3) ธาตุแอลคาไลน์เอิร์ท
- (4) ธาตุฮาโลเจน
- (5) **ธาตุแทรนซิชัน**

(ความรู้ความจำ -1.5 ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับชั้น)

33. ธาตุแต่ละชุดต่อไปนี้ ธาตุชุดใดมีขนาดหรือรัศมีอะตอมใกล้เคียงกันมากที่สุด

- (1) F, Cl, Br, I
- (2) Li, Be, B, C
- (3) **Mn, Fe, Co, Ni**
- (4) He, Ne, Ar, Kr
- (5) C, N, O, F

(ความรู้ความจำ -1.6 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนก การจัดประเภท และเกณฑ์)

34. ธาตุแทรนซิชัน ข้อใดไม่ถูกต้อง

- (1) มีเลขออกซิเดชันหลายค่า
- (2) มีค่าพลังงานไอออไนเซชันต่ำ
- (3) ธาตุเหล่านี้อยู่ระหว่างหมู่ IIIA และ หมู่ IVA ในตารางธาตุ
- (4) เกิดสารประกอบเชิงซ้อนได้หลายชนิด และส่วนใหญ่มีสี
- (5) **มีค่าพลังงานไอออไนเซชันและจุดหลอมเหลวใกล้เคียงกัน**

(ความรู้ความจำ -1.6 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนก การจัดประเภท และเกณฑ์)

35. อะตอมที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูง โดยทั่วไปจะมีสมบัติดังข้อใด

- (1) มีเลขอะตอมต่ำ
- (2) สัมพรรคภาพอิเล็กตรอนต่ำ
- (3) เกิดสารประกอบยากมาก
- (4) มีค่าพลังงานไอออไนเซชันสูง**
- (5) มีแนวโน้มเกิดไอออนบวกได้ง่าย

(ความรู้ความจำ -1.6 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนก การจัดประเภท และเกณฑ์)

36. สารประกอบในเทรตของธาตุหมู่ใด ละลายน้ำได้ดี

- (1) โลหะแทรนซิชันเท่านั้น
- (2) โลหะแอลคาไลเท่านั้น
- (3) โลหะแอลคาไลน์เอิร์ทเท่านั้น
- (4) โลหะแอลคาไล และโลหะแอลคาไลน์เอิร์ทเท่านั้น
- (5) โลหะแอลคาไล โลหะแอลคาไลน์เอิร์ทและโลหะแทรนซิชัน**

(ความรู้ความจำ -1.1 ความรู้เกี่ยวกับความจริงเฉพาะอย่าง)

37. ธาตุต่อไปนี้กลุ่มใดเป็นแทรนซิชัน ทั้งหมด

- (1) Mg, Mn, Co, Ni, Be
- (2) Fe, Pb, Na, B, Si
- (3) Cd, Te, Sn, Ag, Br
- (4) Co, Ni, Cr, Fe, Mn**
- (5) Cl, Co, Cd, Ce, Sn

(ความรู้ความจำ -1.6 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนก การจัดประเภท และเกณฑ์)

38. ข้อใดเป็นชื่อของสารประกอบเชิงซ้อน $[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}$

- (1) trichlorinetetraammoniacobolt (II)
- (2) dichloroammoniumcobolt (III) chloride
- (3) ammoniatetraaminecobolt (III) chloride
- (4) dichlorotetraamminecobolt (III) chloride**
- (5) tetraammoniadichloridecobolt (II) chloride

(ความรู้ความจำ -1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยามทางวิทยาศาสตร์)

39. ข้อใดเป็นชื่อของไอออนเชิงซ้อน $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$

- (1) nickelcyanide ion
- (2) cyanonickelate ion
- (3) butacyanonickel (II) ion
- (4) tetracyanide nickel (II) ion

(5) tetracyanonickelate (II) ion

(ความรู้ความจำ -1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยามทางวิทยาศาสตร์)

40. ธาตุ Cr เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ NH_3 และ Cl^- ได้สารประกอบที่มีสูตร $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ ธาตุใดต่อไปนี้จะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนได้คล้ายกับ Cr

- (1) Al
- (2) Co**
- (3) Se
- (4) As
- (5) Mg

(ความเข้าใจ -2.1 ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่)

41. ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดเป็นสมบัติของธาตุแทรนซิชัน

- (1) มีรูปหรืออัญรูปมากกว่า 1 ชนิด
- (2) ไม่ใช่โลหะหรือโลหะอย่างแท้จริง
- (3) มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่เป็นเลขจำนวนเต็ม
- (4) ส่วนใหญ่เป็นไอออนในสารประกอบเชิงซ้อน**
- (5) เลขออกซิเดชันที่มีค่ามากที่สุดเท่ากับเลขออกซิเดชันของหมู่แอลคาไล

(ความรู้ความจำ -1.6 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนก การจัดประเภท และเกณฑ์)

42. ข้อความใดไม่ถูกต้อง

- (1) เลขออกซิเดชันของโครเมียมในสารประกอบ K_2CrO_4 และ $Cr(OH)_3$ มีค่าไม่เท่ากัน
- (2) ธาตุแทรนซิชันมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า จึงเกิดสารประกอบเชิงซ้อนได้หลายชนิด
- (3) สารประกอบเชิงซ้อน $K_4[Fe(CN)_6]$ อ่านชื่อว่า โพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอเรต(II)
- (4) สารประกอบเชิงซ้อน $[Co(NH_3)_4Cl_2]^+$ มีลิแกนด์ 1 ชนิดคือ NH_3 และเรียกชื่อลิแกนด์ชนิดนี้ว่าแอมมีน

(5) สารประกอบเชิงซ้อนของธาตุแทรนซิชันที่มีเลขออกซิเดชันเหมือนกัน จะมีสีเหมือนกันเสมอ

(ความเข้าใจ -2.1 ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่)

43. เลขออกซิเดชันของธาตุโครเมียมในสารประกอบ $K_3[CrF_6]$, $K[Cr(SO_4)_2]$, $Pb[CrO_4]$

มีค่าเรียงลำดับตามข้อใด

- (1) +3, +4, +6
- (2) +2, +3, +4
- (3) +3, +2, +6
- (4) +3, +3, +6**
- (5) +2, +3, +6

(ความเข้าใจ -2.2 ความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่สัญลักษณ์หนึ่ง)

44. สารละลายใดใช้ทดสอบว่ามี Ba^{2+} ไอออนผสมอยู่

- (1) $NaCl$
- (2) Na_2SO_4**
- (3) $NaNO_3$
- (4) $BaCl_2$
- (5) $MgCl_2$

(กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์-3.4 การสร้าง ทดสอบ และการปรับปรุงแบบจำลองหรือทฤษฎีต่างๆ)

45. สารประกอบใดต่อไปนี้ไม่มีสี

- (1) CoCl_2
- (2) **CaCl_2**
- (3) NiSO_4
- (4) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$
- (5) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

(ความรู้ความจำ -1.1 ความรู้เกี่ยวกับความจริงเฉพาะอย่าง)

46. ธาตุต่อไปนี้ธาตุใดจัดว่าเป็นธาตุที่มีสมบัติแตกต่างไปจากธาตุอื่นๆ

- (1) **V**
- (2) Sr
- (3) Sn
- (4) Na
- (5) Mg

(ความรู้ความจำ -1.6 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนก การจัดประเภท และเกณฑ์)

47. ข้อใดเป็นสูตรของ Tetraaquodichlorochromium (III) chloride

- (1) $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_2\text{Cl}_4]$
- (2) $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}]\text{Cl}_2$
- (3) **$[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$**
- (4) $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}_3]\text{Cl}$
- (5) $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}]\text{Cl}$

(ความเข้าใจ -2.1 ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่)

48. ข้อใดไม่จัดว่าเป็นสารประกอบหรือไอออนเชิงซ้อน

- (1) **$[\text{Na}_2\text{HPO}_4]$**
- (2) $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$
- (3) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- (4) $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$
- (5) $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$

(ความเข้าใจ -2.2 ความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่สัญลักษณ์หนึ่ง)

แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ จำนวน 30 ข้อ

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก ให้นักศึกษาเลือกตอบคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยให้กาเครื่องหมาย **X** ลงในกระดาษคำตอบ
2. คำถามในแต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว ถ้าตอบเกินหนึ่งคำตอบหรือไม่ตอบเลย ถือว่าไม่ได้คะแนนในข้อนั้น
3. ไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณอิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิด
4. ห้ามขีดเขียนหรือทำสัญลักษณ์ใดๆ ลงในข้อสอบ ถ้าต้องการขีดเขียนให้ทำลงในกระดาษเปล่าที่แจกให้

ข้อ 1 - ข้อ 20 เรื่องเคมีไฟฟ้า

1. จากข้อมูลการจุ่มโลหะลงในสารละลายไอออนต่อไปนี้

โลหะ ไอออนของ โลหะ	A	B	C	D	E
A^{2+}		เกิดปฏิกิริยา			
B^{2+}				เกิดปฏิกิริยา	
C^{2+}		(X)			เกิดปฏิกิริยา
D^{2+}			เกิดปฏิกิริยา		(Y)
E^{2+}	(Z)				

จากผลการทดลองในตารางสรุปได้ว่า แนวโน้มการรับอิเล็กตรอนของไอออนของโลหะจากมากไปน้อยเป็นดังนี้ คือ $A^{2+} > B^{2+} > D^{2+} > C^{2+} > E^{2+}$ ส่วนแนวโน้มการให้อิเล็กตรอนของโลหะจากมากไปน้อยคือ $E > C > D > B > A$

ข้อใดถูกต้องสำหรับ (X) (Y) และ (Z)

(1) (X) และ (Y) เกิดปฏิกิริยา

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ (X) คือ $C^{2+}(aq) + B(s) \rightarrow C(s) + B^{2+}(aq)$

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ (Y) คือ $D^{2+}(aq) + E(s) \rightarrow D(s) + E^{2+}(aq)$

(2) (X) และ (Z) เกิดปฏิกิริยา

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ (X) คือ $C^{2+}(aq) + B(s) \rightarrow C(s) + B^{2+}(aq)$

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ (Y) คือ $E^{2+}(aq) + A(s) \rightarrow E(s) + A^{2+}(aq)$

(3) (Y) เกิดปฏิกิริยา แต่ (X),(Z) ไม่เกิดปฏิกิริยา เพราะ D^{2+} มีแนวโน้มรับอิเล็กตรอน ส่วน E มีแนวโน้มให้อิเล็กตรอน

(4) (Z) เกิดปฏิกิริยา แต่ (X),(Y) ไม่เกิดปฏิกิริยา เพราะ E^{2+} มีแนวโน้มรับอิเล็กตรอน ส่วน A มีแนวโน้มให้อิเล็กตรอน

(5) (X) เกิดปฏิกิริยา แต่ (Y),(Z) ไม่เกิดปฏิกิริยา เพราะ C^{2+} มีแนวโน้มรับอิเล็กตรอน ส่วน B มีแนวโน้มให้อิเล็กตรอน

(ด้านการคาดการณ์)

2. เมื่อเก็บสารละลาย $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ในภาชนะทองแดง พบว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อเก็บสารละลาย $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ในภาชนะสังกะสี ภาชนะเกิดการสึกกร่อน จากสถานการณ์ดังกล่าวนำไปประยุกต์ใช้กับข้อใด

- (1) ไม่ควรเก็บสารละลายชนิดใดในภาชนะสังกะสี
- (2) การเก็บสารละลายทุกชนิดอย่าเก็บไว้ในภาชนะที่เป็นโลหะ
- (3) การเก็บสารละลายทุกชนิดควรใช้ภาชนะทองแดงจะดีที่สุด
- (4) การเก็บสารละลาย $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ควรเก็บในภาชนะที่เป็นพลาสติก
- (5) **การเลือกเก็บสารละลายไว้ในภาชนะโลหะชนิดใด ควรพิจารณาความสามารถในการให้อิเล็กตรอนของโลหะประกอบด้วย**

(ด้านการประยุกต์)

3. จากตารางแสดงปฏิกิริยาครึ่งเซลล์การรับอิเล็กตรอน และค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของปฏิกิริยาครึ่งเซลล์ในการรับอิเล็กตรอน

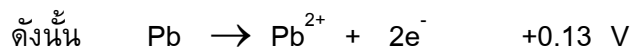
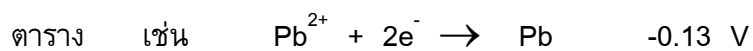
ปฏิกิริยาการรับอิเล็กตรอน	E° reduction (V)
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$	+0.80
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	+0.34
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{s})$	-0.13
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$	-0.25
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0.44
$\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}(\text{s})$	-2.71

ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของปฏิกิริยาครึ่งเซลล์ในการรับอิเล็กตรอนเป็นค่าที่แสดงความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของไอออนของโลหะ ถ้ามีค่ามากแสดงว่ารับอิเล็กตรอนได้ดี จากข้อมูลดังกล่าวข้อใดจัดกลุ่มลำดับความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของไอออนของโลหะได้ถูกต้อง

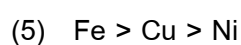
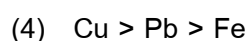
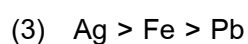
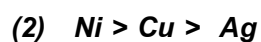
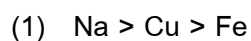
- (1) $\text{Pb}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Fe}^{2+}$
- (2) $\text{Cu}^{2+} > \text{Ag}^+ > \text{Pb}^{2+}$
- (3) **$\text{Cu}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Ni}^{2+}$**
- (4) $\text{Fe}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Pb}^{2+}$
- (5) $\text{Ag}^+ > \text{Fe}^{2+} > \text{Ni}^{2+}$

(ด้านการจัดหมวดหมู่)

4. จากข้อมูลในข้อ 3 ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของปฏิกิริยาครึ่งเซลล์ในการให้อิเล็กตรอนจะมีเครื่องหมายตรงกันข้ามกับค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของปฏิกิริยาครึ่งเซลล์ในการรับอิเล็กตรอนใน

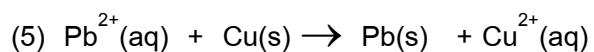
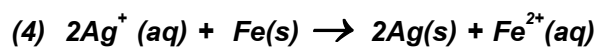
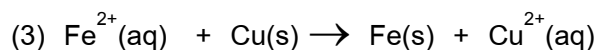
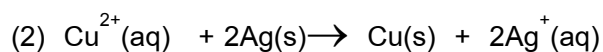
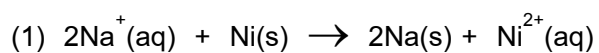


จากข้อมูลดังกล่าว ข้อใดจัดกลุ่มลำดับความสามารถในการให้อิเล็กตรอนของโลหะได้ถูกต้อง



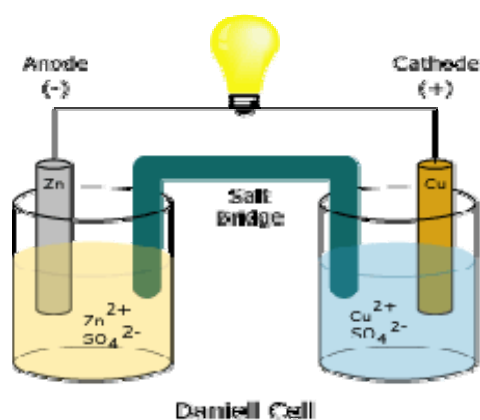
(ด้านการจัดหมวดหมู่)

5. จากข้อมูลในตารางข้อ 3 ปฏิกิริยาในข้อใดเกิดขึ้นได้



(ด้านการสรุป)

6. รูปภาพด้านล่าง

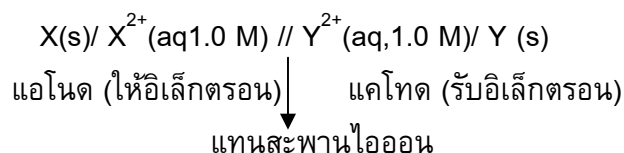


เมื่อต่อเครื่องปฏิกริยาระหว่างโลหะ Zn ในสารละลาย ZnSO_4 เข้มข้น 1.00 mol/dm^3 กับ โลหะ Cu ในสารละลาย CuSO_4 เข้มข้น 1.00 mol/dm^3 ตามรูป ปรากฏว่าหลอดไฟสว่างขึ้นแสดงว่าเกิดกระแสไฟฟ้า การทดลองดังกล่าวสรุปได้อย่างไร

- (1) การทดลองนี้ต้องใช้หลอดไฟในการทดสอบเท่านั้น
- (2) การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าพลังงานเคมีสามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานไฟฟ้า**
- (3) การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าพลังงานจลน์สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานศักย์ได้
- (4) การทดลองดังกล่าวต้องใช้ปริมาณสารละลายและโลหะมากพอจึงจะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลง
- (5) กระแสไฟที่เกิดขึ้นมาจากการที่โลหะ Cu ให้อิเล็กตรอนและสารละลาย Zn^{2+} รับอิเล็กตรอน โดยอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านลวดตัวนำจากขั้วบวกไปขั้วลบ

(ด้านการสรุป)

7. ในข้อ 6 เป็นการต่อเซลล์กัลวานิกซึ่งประกอบด้วยสองครึ่งเซลล์ แต่ละครึ่งเซลล์มีโลหะเป็นอิเล็กโทรดจุ่มอยู่ในสารละลายที่มีไอออนของโลหะชนิดเดียวกันกับอิเล็กโทรด ครึ่งเซลล์หนึ่งอยู่ที่แอโนดเป็นขั้วลบมีการให้อิเล็กตรอน และอีกครึ่งเซลล์อยู่ที่แคโทดเป็นขั้วบวกมีการรับอิเล็กตรอน มีทิศทางการไหลของอิเล็กตรอนผ่านลวดตัวนำไฟฟ้าจากแอโนดไปยังแคโทด นิยมเขียนเป็นแผนภาพเซลล์ ดังนี้

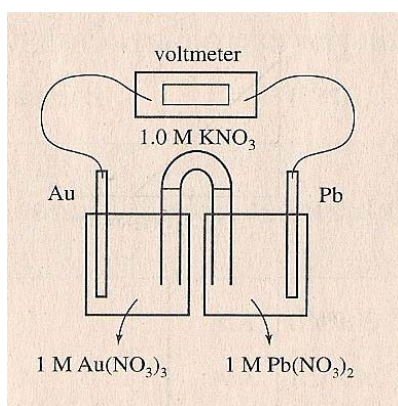


ข้อใดเป็นแผนภาพของเซลล์ในข้อ 7 โดยโลหะ Zn ให้อิเล็กตรอน ส่วน Cu^{2+} รับอิเล็กตรอน

- (1) $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M}) / \text{Zn(s)} // \text{Zn(s)} / \text{Zn}^{2+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M})$
- (2) $\text{Cu(s)} / \text{Cu}^{2+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M}) // \text{Zn(s)} / \text{Zn}^{2+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M})$
- (3) $\text{Zn(s)} / \text{Zn}^{2+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M}) // \text{Cu}^{2+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M}) / \text{Cu(s)}$**
- (4) $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M}) / \text{Zn(s)} // \text{Cu}^{2+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M}) / \text{Cu(s)}$
- (5) $\text{Cu(s)} / \text{Cu}^{2+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M}) // \text{Cu}^{2+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M}) / \text{Cu(s)}$

(ด้านการประยุกต์)

8. จากภาพเซลล์ต่อไปนี้



สะพานเกลือใช้หลอดแก้วรูปตัวยู
ภายในบรรจุสารละลาย KNO_3 1.0 M

Au^{3+} รับอิเล็กตรอน ได้ดีกว่า Pb^{2+}

นักศึกษาคาดว่าทิศทางการไหลของอิเล็กตรอนเป็นไปตามข้อใด

- (1) จากขั้วบวกไปยังขั้วลบ
- (2) จากขั้วตะกั่วผ่านลวดตัวนำไปยังขั้วทอง**
- (3) จากขั้วตะกั่วผ่านสะพานเกลือไปยังขั้วทอง
- (4) จากขั้วทองผ่านลวดตัวนำไปยังขั้วตะกั่ว
- (5) จากขั้วทองผ่านสะพานเกลือไปยังขั้วตะกั่ว

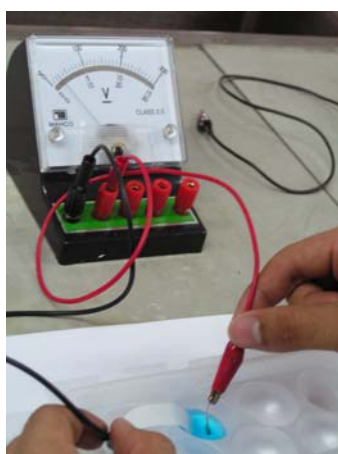
(ด้านการคาดการณ์)

9. จากข้อ 8 จะเขียนแผนภาพเซลล์ได้อย่างไร

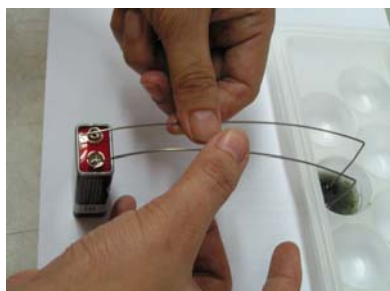
- (1) $\text{Pb(s)} / \text{Pb}^{2+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M}) // \text{Au}^{3+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M}) / \text{Au(s)}$
- (2) $\text{Au(s)} / \text{Au}^{3+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M}) // \text{Pb}^{2+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M}) / \text{Pb(s)}$
- (3) $\text{Pb(s)} / \text{Pb}^{2+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M}) // 2\text{Au(s)} / 2\text{Au}^{3+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M})$
- (4) $2\text{Au(s)} / 2\text{Au}^{3+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M}) // 3\text{Pb}^{2+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M}) / 3\text{Pb(s)}$
- (5) $3\text{Pb(s)} / 3\text{Pb}^{2+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M}) // 2\text{Au}^{3+}(\text{aq}, 1.0 \text{ M}) / 2\text{Au(s)}$

(ด้านการสรุป)

10. รูปภาพ (a) เป็นเซลล์กัลวานิก และ (b) เป็นการแยกสารละลายด้วยไฟฟ้า



(a) เซลล์กัลวานิกเป็นการต่อสองครึ่งเซลล์ที่มีโลหะอิเล็กโทรดจุ่มอยู่ในสารละลายต่อที่แอโนด (ขั้วลบ) และแคโทด (ขั้วบวก) ใช้กระดาษกรองชุบสารละลายอิ่มตัวของ KNO_3 เป็นสะพานเกลือ จากการทดลองเกิดค่าศักย์ไฟฟ้า สามารถวัดค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นได้โดยใช้โวลต์มิเตอร์



(b) เป็นการทดลองแยกสารละลายด้วยไฟฟ้า โดยใช้ลวดตัวนำจุ่มอยู่ในสารละลายและต่อตรงไปที่ขั้วบวกและลบของแบตเตอรี่ ปรากฏว่าเกิดฟองแก๊สฟุ้งขึ้นที่บริเวณรอบๆ ลวดทั้งสองข้าง

จากการทดลองทั้ง 2 เรื่องดังกล่าว สามารถสรุปได้อย่างไร

- (1) ภาพ (a) เป็นการเปลี่ยนจากปฏิกิริยาเคมีไปเป็นพลังงานไฟฟ้า และภาพ (b) เป็นการเปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าไปเป็นปฏิกิริยาเคมี
- (2) ภาพ (a) เป็นการเปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าไปเป็นปฏิกิริยาเคมี และภาพ (b) เป็นการเปลี่ยนจากปฏิกิริยาเคมีไปเป็นพลังงานไฟฟ้า
- (3) ทั้งภาพ (a) และ (b) เป็นการเปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าไปเป็นปฏิกิริยาเคมี
- (4) ทั้งภาพ (a) และ (b) เป็นการเปลี่ยนจากปฏิกิริยาเคมีไปเป็นพลังงานไฟฟ้า
- (5) เฉพาะการทดลองในภาพ (a) เท่านั้นที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้

(ด้านการสรุป)

11. ในแยกเกลือ NaCl ที่หลอมเหลวด้วยไฟฟ้าพบว่าเกิดโลหะโซเดียม และแก๊สคลอรีน การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นคือ โซเดียมไอออนรับอิเล็กตรอนเกิดโลหะโซเดียม $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}(\text{s})$ และคลอไรด์ไอออนให้อิเล็กตรอนเกิดแก๊สคลอรีน $2\text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^-$ ดังนั้นถ้าทำการแยกเกลือ KI ที่หลอมเหลว นักศึกษาคิดว่าข้อใดถูกต้อง

- (1) เกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้นในปฏิกิริยา
- (2) เกิดแก๊สคลอรีนขึ้นในปฏิกิริยา
- (3) เกิดโลหะโพแทสเซียมแต่ไม่เกิดแก๊สใดๆทั้งสิ้น
- (4) เกิดโลหะโพแทสเซียมและแก๊สคลอรีนในปฏิกิริยา
- (5) สารละลายที่เกิดเมื่อทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสพบว่ากระดาษลิตมัสเปลี่ยนสีจากน้ำเงินเป็นแดง

(ด้านการคาดการณ์)

12. การแยกสารละลาย CaCl_2 ด้วยไฟฟ้า พบว่าที่ขั้วลบจะเกิดปฏิกิริยารับอิเล็กตรอน ดังนั้นมีแนวโน้มเกิดปฏิกิริยาได้ 2 แบบคือ แคลเซียมไอออนรับอิเล็กตรอนกลายเป็นโลหะแคลเซียม และน้ำรับอิเล็กตรอนเกิดแก๊สไฮโดรเจนและไฮดรอกไซด์ไอออน ถ้าความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของโลหะแคลเซียมน้อยกว่าน้ำ สมการเคมีข้อใดที่แสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วลบเมื่อทำการแยกสารละลาย CaCl_2 ด้วยไฟฟ้า

- (1) $\text{Ca}(\text{s}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
- (2) $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ca}(\text{s})$
- (3) $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^-$
- (4) $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 2\text{e}^-$
- (5) $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$

(ด้านการสรุป)

13. จากผลการทดลองจุ่มแผ่นโลหะลงในสารละลายต่อไปนี้

โลหะ	สารละลาย	ผลการทดลอง
Pb	Ni^{2+}	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
Ni	Cd^{2+}	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
Pb	Cu^{2+}	เกิดการเปลี่ยนแปลง

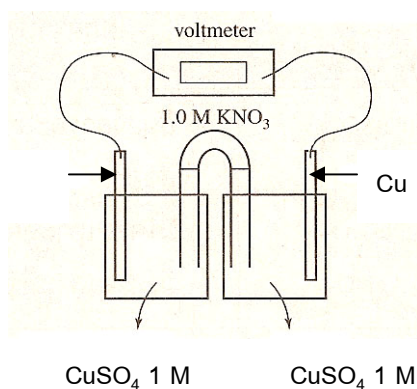
จากข้อมูลแสดงว่า ความสามารถในการให้อิเล็กตรอน $\text{Ni} > \text{Pb}$, $\text{Cd} > \text{Ni}$ และ $\text{Pb} > \text{Cu}$
และเมื่อจุ่ม Pb ลงในสารละลาย HCl พบว่าเกิดแก๊ส H_2 ขึ้น

ดังนั้นโลหะในข้อใดต่อไปนี้สามารถเกิดปฏิกิริยากับสารละลาย HCl เช่นเดียวกับ Pb

- (1) เฉพาะ Cd เท่านั้น
- (2) เฉพาะ Ni เท่านั้น
- (3) เฉพาะ Cu เท่านั้น
- (4) สองชนิด คือ **Cd และ Ni**
- (5) ทั้งสามชนิด คือ Cu Ni และ Cd

(ด้านการประยุกต์)

14. พิจารณาเซลล์ไฟฟ้าเคมีต่อไปนี้



สะพานเกลือใช้หลอดแก้วรูป
ตัวยู ภายในบรรจุสารละลาย
 KNO_3 1.0 M

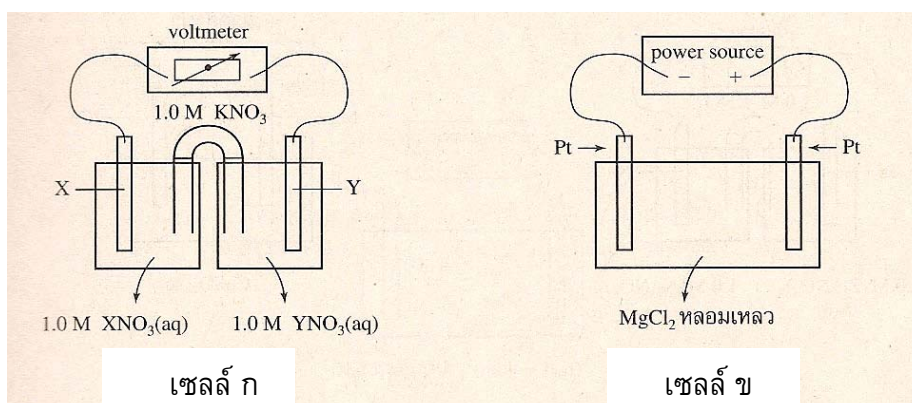
ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

- (1) ครึ่งเซลล์ชนิดเดียวกันจะไม่เกิดปฏิกิริยา
- (2) ไม่จำเป็นต้องใช้สะพานเกลือก็เกิดปฏิกิริยาได้
- (3) โลหะทองแดงของทั้งสองครึ่งเซลล์เกิดการสักร่อน
- (4) ไม่จัดเป็นเซลล์กัลวานิกเพราะทั้งสองครึ่งเซลล์เหมือนกัน
- (5) ถ้าใช้ความเข้มข้นของสารละลาย CuSO_4 ของทั้งสองครึ่งเซลล์ไม่เท่ากัน

ควรเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้า

(ด้านการสรุป)

15. กำหนดเซลล์ไฟฟ้า 2 เซลล์ดังนี้

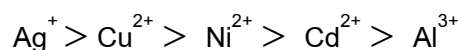


ข้อใดถูกต้อง

- (1) เซลล์ ข เป็นเซลล์ไฟฟ้าที่ปฏิกิริยาเคมีเกิดได้เอง
- (2) เซลล์ไฟฟ้าทั้ง 2 เซลล์ มีหลักการทำงานเหมือนกัน
- (3) เซลล์ ข เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าจะเกิดแก๊สออกซิเจนขึ้น
- (4) เซลล์ ก เป็นเซลล์ไฟฟ้าที่กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี
- (5) ถ้านำหลอดไฟมาต่อแทนที่โวลต์มิเตอร์ ในเซลล์ ก หลอดไฟจะสว่าง

(ด้านการคาดการณ์)

16. ความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของไอออนของโลหะเป็นดังต่อไปนี้

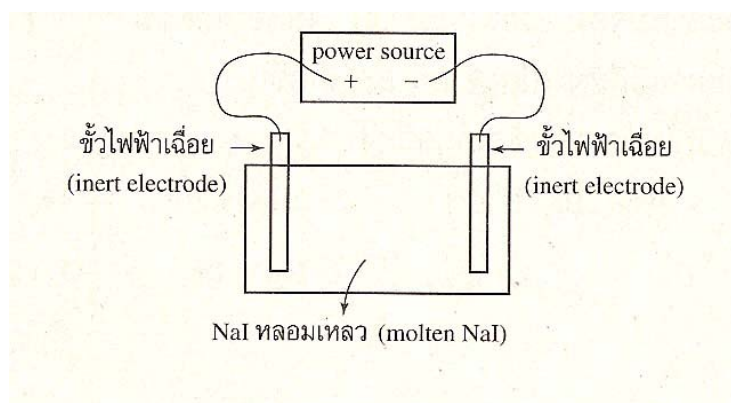


ถ้านำข้อมูลดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการเก็บสารละลายในภาชนะโลหะ ควรเป็นข้อใดบ้าง

- (1) เก็บสารละลาย NiSO_4 ในถังแคดเมียมได้
- (2) เก็บสารละลาย AgNO_3 ในถังทองแดงได้
- (3) เก็บสารละลาย AgNO_3 ในถังอะลูมิเนียมได้
- (4) เก็บสารละลาย $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ในถังทองแดงได้
- (5) เก็บสารละลาย CuSO_4 ในถังอะลูมิเนียมได้

(ด้านการประยุกต์)

17. จากแผนภาพต่อไปนี้เป็นกรการแยก NaI ที่หลอมเหลวด้วยไฟฟ้า ข้อใดถูกต้อง



- (1) I^- เคลื่อนที่ไปที่ขั้วลบและรับอิเล็กตรอน
- (2) I^- เคลื่อนที่ไปที่ขั้วลบและให้อิเล็กตรอน
- (3) Na^+ เคลื่อนที่ไปที่ขั้วลบและรับอิเล็กตรอน**
- (4) Na^+ เคลื่อนที่ไปที่ขั้วบวกและให้อิเล็กตรอน
- (5) ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นคือโลหะโซเดียม

(ด้านการสรุป)

18. เมื่อนำโลหะเงินไปจุ่มในสารละลาย $CuSO_4$ พบว่าทั้งโลหะเงินและสารละลายไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง สามารถสรุปผลได้อย่างไร

- (1) Ag^+ ให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่า Cu^{2+}
- (2) โลหะ Ag ให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่าโลหะ Cu
- (3) โลหะ Cu ให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่าโลหะ Ag**
- (4) Cu^{2+} มีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่า Ag^+
- (5) ปฏิกิริยานี้มีการให้และรับอิเล็กตรอนจำนวน 1 อิเล็กตรอน

(ด้านการสรุป)

19. เมื่อจุ่มโลหะ 4 ชนิด ลงในสารละลายซัลเฟตของโลหะทั้ง 4 ชนิด ได้ผลการทดลองดังนี้

โลหะ	สารละลายซัลเฟตของ			
	R	S	T	U
R	x	✓	✓	x
S	x	x	x	x
T	x	✓	x	x
U	✓	✓	✓	x

หมายเหตุ ✓ แสดงว่ามีผลึกมาเกาะที่แท่งโลหะ x แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง
จำแนกความสามารถในการให้อิเล็กตรอนของโลหะทั้ง 4 ชนิด ได้ดังข้อใด

- (1) $U > R$ (2) $T > U$
 (3) $S > U$ (4) $T > R$
 (5) $S > T$

(ด้านการจำแนก)

20. จากการทดลองพบว่าโลหะ A ผุกร่อนได้ง่าย แต่ถ้านำโลหะ M มาผูกติดกับโลหะ A พบว่าโลหะ A ผุกร่อนช้าลง จากการทดลองดังกล่าวอธิบายได้อย่างไร

- (1) โลหะ A ให้อิเล็กตรอนได้ดีกว่า โลหะ M
 (2) โลหะ A และโลหะ M ให้อิเล็กตรอนได้ดีพอๆกัน
 (3) ไอออนของโลหะ A ให้อิเล็กตรอนดีกว่าไอออนของโลหะ M
(4) ไอออนของโลหะ A รับอิเล็กตรอนได้ดีกว่าไอออนของโลหะ M
 (5) ถ้านำโลหะ A มาจุ่มในสารละลายที่มีไอออนของ M และนำโลหะ M มาจุ่มในสารละลายที่มีไอออน A แล้วต่อครึ่งเซลล์ทั้งสองให้ครบวงจร จะเกิดค่าศักย์ไฟฟ้าขึ้น

(ด้านการคาดการณ์)

ข้อ 21-30 เรื่องสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ

21. ธาตุที่ส่วนใหญ่มีเลขออกซิเดชันหลายค่าและเมื่อเป็นสารประกอบมีสี คือ

- (1) กึ่งโลหะ
- (2) แก๊สเฉื่อย
- (3) โลหะแทรนซิชัน**
- (4) โลหะแอลคาไล
- (5) โลหะแอลคาไลน์เอิร์ท

(ด้านการจำแนก)

22. ธาตุกลุ่มใดประกอบด้วยธาตุแทรนซิชันทั้งหมด

- (1) Fe, Na, Pb
- (2) Mn, Cd, Co**
- (3) K, Mg, Cu
- (4) Fe, Co, Li
- (5) Cr, Mn, Ca

(ด้านการจัดหมวดหมู่)

23. การละลายของหมู่ IA และหมู่ IIA กับไอออนชนิดต่างๆ เป็นดังตาราง

สารประกอบ	OH^-	CO_3^{2-}	PO_4^{3-}
IA	√	√	√
IIA	√	x	x

หมายเหตุ √ แสดงว่าละลาย x แสดงว่าเกิดตะกอน

ถ้านำหลอดบรรจุสารละลาย 2 หลอดที่ไม่ทราบว่ามีไอออนชนิดใด มาเติมด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อนำมาเติมด้วยโซเดียมคาร์บอเนต ปรากฏว่าหลอดที่ 1 เกิดตะกอน ส่วนหลอดที่ 2 ไม่เปลี่ยนแปลง สารละลายทั้งสองน่าจะเป็นสารใด

- (1) หลอดที่ 1 BaCl_2 หลอดที่ 2 SrCl_2
- (2) หลอดที่ 1 NaCl หลอดที่ 2 NaNO_3
- (3) หลอดที่ 1 Li_2SO_4 หลอดที่ 2 KCl
- (4) หลอดที่ 1 SrCl_2 หลอดที่ 2 LiNO_3**
- (5) หลอดที่ 1 BaCl_2 หลอดที่ 2 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$

(ด้านการคาดการณ์)

24. สมบัติประการใดของโลหะทรานซิชันที่แตกต่างจากโลหะหมู่ IA และ IIA

- (1) เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี
- (2) ไม่ถูกออกซิไดซ์ในอากาศ
- (3) มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีต่ำ
- (4) มีค่าพลังงานไอออไนเซชันต่ำ
- (5) มีเลขออกซิเดชันหลายค่า**

(ด้านการจำแนก)

25. จากการศึกษาปฏิกิริยาของโมเลกุลของธาตุ 3 ชนิด (A B และ C) ซึ่งอยู่ในสารละลาย โดยทั้งสามชนิดเป็นธาตุเฮโลเจน (หมู่ VIIA) ได้ผลการทดลองดังนี้

สารละลาย	ผลการทดลองทำปฏิกิริยากับสารละลายต่างๆ		
	NaA	NaB	NaC
A ₂	x	x	√
B ₂	√	x	√
C ₂	x	x	x

หมายเหตุ √ หมายถึงเกิดปฏิกิริยา x หมายถึงไม่เกิดปฏิกิริยา

ข้อใดสรุปความสามารถในการทำปฏิกิริยาของโมเลกุลของธาตุทั้งสามได้ถูกต้องที่สุด

- (1) A₂ > B₂
- (2) C₂ > B₂
- (3) C₂ > A₂ > B₂
- (4) B₂ > A₂ > C₂**
- (5) A₂ > B₂ > C₂

(ด้านการสรุป)

26. สารประกอบซิลเวอร์ฟลูออไรด์ ซิลเวอร์คลอไรด์ ซิลเวอร์โบรไมด์ ซิลเวอร์ไอโอไดด์ ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นถ้าเรานำสารละลายของหมู่ VIIA (เฮไลเจน) มาผสมกับสารละลาย AgNO_3 จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

- (1) ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
- (2) เกิดแก๊สบางชนิดขึ้นในปฏิกิริยา
- (3) เกิดตะกอนของแข็งที่สังเกตเห็นได้ชัดเจน
- (4) เกิดการเปลี่ยนแปลงแต่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้
- (5) สารที่เกิดขึ้นใหม่ในปฏิกิริยาเป็นสารในกลุ่มซิลเวอร์เฮไลด์

(ด้านการคาดการณ์)

27. ผลการทดลองของไอออนของธาตุแทรนซิชันบางชนิดกับสารละลายต่างๆ แสดงในตาราง

สารละลาย	NaOH	NH_3	KI	NaCl
ไอออนของแทรนซิชัน				
Cu^{2+} (สารละลายสีฟ้า)	เกิดตะกอนสีฟ้า	เกิดตะกอนสีน้ำเงินเข้ม	เกิดตะกอนสีเหลืองน้ำตาล	ไม่เปลี่ยนแปลง
Ni^{2+} (สารละลายสีเขียว)	เกิดตะกอนสีเขียว	เกิดสารละลายสีน้ำเงิน	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Co^{2+} (สารละลายสีม่วง)	เกิดตะกอนสีน้ำเงิน	เกิดตะกอนสีเขียวเข้ม	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Ag^+ (สารละลายใสไม่มีสี)	เกิดตะกอนสีน้ำตาล	ไม่เปลี่ยนแปลง	เกิดตะกอนสีเหลือง	เกิดตะกอนสีขาว

จากผลการทดลองสรุปสมบัติของธาตุแทรนซิชันได้อย่างไร

- (1) เกิดปฏิกิริยาได้ยาก
- (2) สารประกอบโลหะของธาตุแทรนซิชันทุกชนิดมีสี
- (3) เกิดปฏิกิริยาได้ดีกับสารละลายที่มีสมบัติเป็นเบสเท่านั้น
- (4) สมบัติของธาตุแทรนซิชันสามารถทดสอบโดยการทำปฏิกิริยาเคมี
- (5) การทดสอบสมบัติของธาตุแทรนซิชันควรดูจากความสามารถในการละลาย

(ด้านการสรุป)

28. ข้อใดคือสาเหตุที่ทำให้ธาตุแทรนซิชันชนิดเดียวกัน สามารถเกิดสารประกอบได้หลายชนิด

- (1) เป็นสารประกอบที่มีสี
- (2) มีเลขออกซิเดชันหลายค่า
- (3) เป็นโลหะที่เกิดปฏิกิริยากับธาตุอื่นๆ ได้ง่าย
- (4) กลายเป็นไอได้ง่าย ทำให้เกิดสารประกอบได้ง่าย
- (5) ไม่เสถียรในธรรมชาติ จึงเกิดสารประกอบได้หลายชนิด

(ด้านการจำแนก)

29. ปฏิกิริยาระหว่างไอออนหมู่ VIIA (เฮไลต์) กับไอออนของโลหะหมู่ IA (แอลคาไล)

หมู่ IIA (แอลคาไลน์เอิร์ท) และไอออนของโลหะแทรนซิชัน ได้ผลดังตาราง

ไอออนของ โลหะ สารละลายเฮไลต์	Na ⁺ (สารละลายใส ไม่มีสี)	Sr ²⁺ (สารละลายใส ไม่มีสี)	Ag ⁺ (สารละลายใส ไม่มีสี)	Ni ²⁺ (สารละลาย สีเขียว)
F ⁻	ไม่เปลี่ยนแปลง	เกิดตะกอน สีขาว	เกิดตะกอน สีขาว	ไม่เปลี่ยนแปลง
Cl ⁻	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	เกิดตะกอน สีขาว	ไม่เปลี่ยนแปลง
Br ⁻	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	เกิดตะกอน สีเหลืองอ่อน	ไม่เปลี่ยนแปลง
I ⁻	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	เกิดตะกอน สีเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง

ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

- (1) สารประกอบซิลเวอร์เฮไลต์ละลายน้ำได้
- (2) ชนิดของเฮไลต์ไอออนสามารถทดสอบได้ด้วย Ag^+
- (3) ไอออนของโลหะแทรนซิชันทุกชนิดเกิดตะกอนกับสารละลายเฮไลต์
- (4) ไอออนของโลหะหมู่แอลคาไลและหมู่แอลคาไลน์เอิร์ททุกชนิดละลายได้ดีในสารละลายเฮไลต์
- (5) สมการไอออนิกที่เกิดขึ้นระหว่างสารละลาย $AgNO_3$ กับสารละลาย NaI คือ $AgI(s) \rightarrow Ag^+(aq) + I^-(aq)$

(ด้านการสรุป)

30. ปฏิกิริยาของ Fe^{2+} และ Fe^{3+} กับสารละลายต่างๆ เป็นดังตาราง

สารละลาย	ไทโอไซยาเนตไอออน (SCN^-)	ไอโอดิไดไอออน (I^-)	เปอร์แมงกาเนต ไอออน (MnO_4^-)	ซิลเวอร์ไอออน (Ag^+)
Fe^{2+}	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	สารละลาย มีสีม่วงเข้ม	เกิดโลหะเงิน เคลือบที่ผนัง ภาชนะ
Fe^{3+}	สารละลายมีสีแดง เข้ม	สารละลายมี สีน้ำตาลเมื่อหยด น้ำแบ่งลงไปเกิด สีม่วงเข้ม	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง

จะมีวิธีทดสอบอย่างไรว่า ปฏิกิริยา $\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + \text{Fe}^{2+}$ เกิดขึ้นจริง

- (1) เติมน้ำแบ่งลงไปในปฏิกิริยาสารละลายไม่เปลี่ยนแปลง
- (2) เติมไทโอไซยาเนตไอออนลงไป สารละลายมีสีแดงเข้ม
- (3) เติมเปอร์แมงกาเนตไอออนลงไป สารละลายมีสีม่วงเข้ม**
- (4) เติมซิลเวอร์ไอออนลงไปในปฏิกิริยา ไม่พบการเปลี่ยนแปลง
- (5) จากข้อมูลที่ให้ในตาราง ไม่สามารถทดสอบปฏิกิริยาดังกล่าวได้

(ด้านการประยุกต์)

ภาคผนวก ง

ผลคะแนนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผลคะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน

ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

คะแนนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมี
ที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น (กลุ่มทดลอง 33 คน)

คนที่	เกรดเฉลี่ย	คะแนนเต็ม 48 คะแนน	
		คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ
1	3.24	37	77.08
2	2.96	19	39.58
3	3.74	39	81.25
4	3.27	32	66.67
5	3.69	33	68.75
6	3.17	14	29.17
7	3.75	36	75.00
8	3.21	26	54.17
9	3.35	28	58.33
10	3.00	18	37.50
11	2.88	26	54.17
12	3.69	37	77.08
13	3.15	34	70.83
14	3.14	32	66.67
15	3.84	32	66.67
16	3.07	29	60.42
17	2.88	16	33.33
18	3.53	34	70.83
19	3.65	39	81.25
20	2.87	29	60.42
21	2.34	31	64.58
22	3.12	30	62.50
23	2.11	24	50.00
24	2.75	29	60.42
25	2.45	17	35.42
26	2.31	17	35.42
27	1.91	17	35.42
28	2.77	33	68.75

คะแนนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมี
ที่ใช้การทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น (กลุ่มทดลอง 33 คน)

คนที่	เกรดเฉลี่ย	คะแนนเต็ม 48 คะแนน	
		คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ
29	2.61	38	79.17
30	2.49	25	52.08
31	2.14	32	66.67
32	2.38	26	54.17
33	3.65	39	81.25

คะแนนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติ
(กลุ่มควบคุม 32 คน)

คนที่	เกรดเฉลี่ย	คะแนนเต็ม 48 คะแนน	
		คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ
1	3.05	23	47.92
2	2.34	26	54.17
3	3.10	19	39.58
4	3.13	23	47.92
5	3.14	25	52.08
6	2.72	17	35.42
7	2.72	20	41.67
8	2.71	18	37.50
9	3.51	12	60.42
10	2.89	27	56.25
11	2.95	25	52.08
12	2.80	13	27.08
13	2.39	14	29.17
14	3.10	21	43.75
15	2.30	13	27.08
16	2.21	14	29.17
17	2.38	23	47.92
18	2.34	28	58.33

คะแนนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติ
(กลุ่มควบคุม 32 คน)

คนที่	เกรดเฉลี่ย	คะแนนเต็ม 48 คะแนน	
		คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ
19	3.18	24	50.00
20	3.21	30	62.50
21	3.74	21	43.75
22	2.91	24	50.00
23	3.74	34	70.83
24	3.13	12	25.00
25	2.07	25	52.08
26	2.02	27	56.25
27	2.06	12	25.00
28	2.30	23	47.92
29	2.81	29	60.42
30	1.99	22	45.83
31	2.23	25	52.08
32	2.21	8	16.67

คะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มที่เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วย
เทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น (กลุ่มทดลอง) ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

คนที่	คะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ 30 คะแนน		ร้อยละคะแนนพัฒนาการ
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	
1	18	24	50.00
2	8	25	77.27
3	21	27	66.67
4	15	26	73.33
5	20	25	50.00
6	7	22	65.22
7	13	22	52.94
8	12	26	77.78
9	8	25	77.27
10	13	19	35.29
11	15	22	46.67
12	20	26	60.00
13	11	25	73.68
14	17	26	69.23
15	14	26	75.00
16	11	23	63.16
17	9	26	80.95
18	12	24	66.67
19	14	29	93.75
20	14	25	68.75
21	10	25	75.00
22	13	25	70.59
23	13	22	52.94
24	10	23	65.00
25	7	24	73.91
26	5	23	72.00
27	9	23	66.67
28	19	25	54.55

คะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มที่เรียนตามหลักสูตรวิชาเคมีที่ใช้การทดลองด้วย
เทคนิคไมโครสเกลที่พัฒนาขึ้น (กลุ่มทดลอง) ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

คนที่	คะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ 30 คะแนน		ร้อยละคะแนนพัฒนาการ
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	
29	13	26	76.47
30	12	26	77.78
31	9	21	57.14
32	14	22	50.00
33	22	27	62.50

คะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติ (กลุ่มควบคุม)
ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

คนที่	คะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ 30 คะแนน		ร้อยละคะแนนพัฒนาการ
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	
1	14	19	31.25
2	8	22	63.64
3	7	23	69.57
4	6	23	70.83
5	10	20	50.00
6	14	20	37.50
7	15	17	13.33
8	14	24	62.50
9	12	19	38.89
10	11	19	42.11
11	12	23	61.11
12	14	22	50.00
13	13	13	0.00
14	9	19	47.62
15	9	20	52.38
16	6	22	66.67
17	5	21	64.00
18	9	23	66.67

คะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มผู้เรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติ (กลุ่มควบคุม)
ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

คนที่	คะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์		ร้อยละคะแนนพัฒนาการ
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	
19	10	22	60.00
20	11	19	42.11
21	18	23	41.67
22	14	21	43.75
23	18	24	50.00
24	13	24	64.71
25	12	21	50.00
26	5	20	60.00
27	8	18	45.45
28	13	21	47.06
29	4	19	57.69
30	8	21	59.09
31	12	19	38.89
32	11	10	-5.26

ภาคผนวก จ

ผลการประเมินเครื่องมือวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ

ตาราง ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อหลักสูตร และบทปฏิบัติการไมโครสเกล

องค์ประกอบที่เสนอ	ค่า IOC ของเรื่องที่						
	1	2	3	4	5	6	7
1. เอกสารประกอบหลักสูตร							
1.1 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่องกัน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.3 เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การทดลอง	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.4 การใช้ภาษาเข้าใจง่าย	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2. ด้านบทปฏิบัติการ							
2.1 วัตถุประสงค์							
2.1.1 มีความชัดเจน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.1.2 ประเมินผลได้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.2 หลักการทฤษฎี							
2.2.1 มีความชัดเจน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.2.2 เหมาะสมกับระดับของนักศึกษา	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.2.3 การใช้ภาษาเข้าใจง่าย	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.3 อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี							
2.3.1 เหมาะสมกับระดับของนักศึกษา	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.3.2 ครอบคลุมการทดลอง	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.3.3 เหมาะสมกับเรื่องที่ทำการทดลอง	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.4 วิธีการทดลอง							
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.4.2 มีความยากง่ายพอเหมาะ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.4.3 ก่อให้เกิดความคิดรวบยอด	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.4.4 นักศึกษามีส่วนร่วมในการทดลอง	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3. เอกสารรายงานผลและคำถามท้ายการทดลอง							
3.1 เอกสารรายงานผลมีความเหมาะสม	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3.2 คำถามท้ายการทดลอง							
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3.2.2 คำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3.2.3 คำถามส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3.2.4 ความสั้นยาวของคำถามเหมาะสม	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ภาพรวม (เฉลี่ย)	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ตาราง ค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 56 ข้อ จาก
การพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้าน	ข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ				IOC
		1	2	3	4	
1. ความรู้ความจำ	3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	13	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	16	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	23	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	26	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	27	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	32	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	33	1.00	1.00	0.00	1.00	0.75
	36	1.00	0.00	1.00	1.00	0.75
2. ความเข้าใจ	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	5	1.00	1.00	0.00	1.00	0.75
	6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	15	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	17	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	26	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	28	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ตาราง 11 (ต่อ)

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้าน	ข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ				IOC
		1	2	3	4	
2. ความเข้าใจ (ต่อ)	29	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	31	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	34	1.00	1.00	0.00	1.00	0.75
	38	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	42	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	43	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	46	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	47	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	48	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	49	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	51	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3. กระบวนการเสาะแสวงหา	4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	10	1.00	1.00	-1.00	1.00	0.50
	11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	30	1.00	1.00	0.00	1.00	0.75
	35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	39	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	40	1.00	0.00	1.00	1.00	0.75
	41	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	45	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	52	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	56	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ตาราง (ต่อ)

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้าน	ข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ				IOC
		1	2	3	4	
4. การนำความรู้และกระบวนการ	37	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	44	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	53	1.00	1.00	0.00	1.00	0.75
	54	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ภาพรวม (เฉลี่ย)						0.96

ตาราง ค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ จำนวน 42 ข้อจากการพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ

ทักษะการคิดวิเคราะห์ด้าน	ข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC
		1	2	3	
1. การจำแนก	1	1.00	1.00	1.00	1.00
	8	1.00	1.00	1.00	1.00
	9	1.00	1.00	1.00	1.00
	26	1.00	1.00	1.00	1.00
	28	1.00	1.00	1.00	1.00
	31	1.00	1.00	1.00	1.00
	32	1.00	1.00	1.00	1.00
	39	1.00	1.00	1.00	1.00
2. การจัดหมวดหมู่	2	1.00	1.00	1.00	1.00
	3	1.00	1.00	1.00	1.00
	29	-1.00	1.00	1.00	0.33
3. การสรุป	5	-1.00	1.00	1.00	0.33
	6	0.00	1.00	1.00	0.67
	13	1.00	1.00	1.00	1.00
	14	1.00	1.00	1.00	1.00
	17	1.00	1.00	1.00	1.00
	19	1.00	1.00	1.00	1.00
	21	1.00	1.00	1.00	1.00
	22	1.00	1.00	1.00	1.00
	23	1.00	1.00	1.00	1.00
	27	1.00	1.00	1.00	1.00
	33	1.00	1.00	1.00	1.00
	36	1.00	1.00	1.00	1.00
	40	1.00	1.00	1.00	1.00
	41	1.00	1.00	1.00	1.00

ตาราง (ต่อ)

ทักษะการคิดวิเคราะห์ด้าน	ข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC
		1	2	3	
4. การประยุกต์	7	1.00	1.00	1.00	1.00
	11	1.00	1.00	1.00	1.00
	18	1.00	1.00	1.00	1.00
	20	1.00	1.00	1.00	1.00
	37	1.00	1.00	1.00	1.00
	42	1.00	0.00	1.00	0.67
5. การคาดการณ์	4	1.00	1.00	1.00	1.00
	10	1.00	1.00	1.00	1.00
	12	1.00	1.00	1.00	1.00
	15	1.00	1.00	1.00	1.00
	16	1.00	1.00	1.00	1.00
	24	1.00	1.00	1.00	1.00
	25	1.00	1.00	1.00	1.00
	30	1.00	1.00	1.00	1.00
	34	1.00	1.00	1.00	1.00
	35	0.00	1.00	1.00	0.67
	38	1.00	1.00	1.00	1.00
ภาพรวม (เฉลี่ย)					0.94

ตาราง ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 56 ข้อ

ข้อที่	ดัชนีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าความยากง่าย	หมายเหตุ
1	1.00	0.18	0.87	คัดออก
2	1.00	0.59	0.69	คัดเลือกไว้
3	1.00	-0.06	0.84	คัดออก
4	1.00	0.71	0.61	คัดเลือกไว้
5	0.75	0.82	0.42	คัดเลือกไว้
6	1.00	-0.06	0.84	คัดออก
7	1.00	0.47	0.73	คัดเลือกไว้
8	1.00	0.00	0.39	คัดออก
9	1.00	0.24	0.27	คัดเลือกไว้
10	0.50	0.59	0.35	คัดเลือกไว้
11	1.00	1.00	0.71	คัดเลือกไว้
12	1.00	0.71	0.47	คัดเลือกไว้
13	1.00	0.18	0.55	คัดออก
14	1.00	0.53	0.58	คัดเลือกไว้
15	1.00	0.53	0.48	คัดเลือกไว้
16	1.00	0.41	0.53	คัดเลือกไว้
17	1.00	0.47	0.47	คัดเลือกไว้
18	1.00	0.47	0.35	คัดเลือกไว้
19	1.00	0.53	0.65	คัดเลือกไว้
20	1.00	0.12	0.24	คัดออก
21	1.00	0.35	0.39	คัดออก
22	1.00	0.41	0.26	คัดเลือกไว้
23	1.00	0.71	0.65	คัดเลือกไว้
24	1.00	0.71	0.56	คัดเลือกไว้
25	1.00	0.53	0.45	คัดเลือกไว้
26	1.00	0.41	0.34	คัดเลือกไว้

ตาราง (ต่อ)

ข้อที่	ดัชนีความเที่ยงตรงตาม เนื้อหา	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าความยากง่าย	หมายเหตุ
27	1.00	0.35	0.31	คัดเลือกไว้
28	1.00	0.29	0.32	คัดเลือกไว้
29	1.00	0.53	0.53	คัดเลือกไว้
30	0.75	0.29	0.31	คัดออก
31	1.00	0.53	0.39	คัดเลือกไว้
32	1.00	0.59	0.53	คัดเลือกไว้
33	0.75	0.41	0.32	คัดเลือกไว้
34	0.75	0.53	0.34	คัดเลือกไว้
35	1.00	0.59	0.39	คัดเลือกไว้
36	1.00	0.65	0.50	คัดเลือกไว้
37	1.00	0.76	0.45	คัดเลือกไว้
38	1.00	0.41	0.34	คัดเลือกไว้
39	0.75	0.47	0.27	คัดเลือกไว้
40	1.00	0.53	0.44	คัดเลือกไว้
41	1.00	0.82	0.50	คัดเลือกไว้
42	1.00	0.41	0.26	คัดเลือกไว้
43	1.00	0.41	0.37	คัดเลือกไว้
44	1.00	0.47	0.50	คัดเลือกไว้
45	1.00	0.53	0.32	คัดเลือกไว้
46	1.00	0.53	0.56	คัดเลือกไว้
47	1.00	0.41	0.37	คัดเลือกไว้
48	1.00	0.88	0.45	คัดเลือกไว้
49	1.00	0.65	0.32	คัดเลือกไว้
50	1.00	0.59	0.53	คัดเลือกไว้
51	0.75	0.65	0.56	คัดเลือกไว้
52	1.00	0.47	0.53	คัดเลือกไว้

ตาราง (ต่อ)

ข้อที่	ดัชนีความเที่ยงตรงตาม เนื้อหา	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าความยากง่าย	หมายเหตุ
53	1.00	0.53	0.34	คัดเลือกไว้
54	1.00	0.47	0.58	คัดเลือกไว้
55	1.00	0.71	0.48	คัดเลือกไว้
56	1.00	0.47	0.47	คัดเลือกไว้

ตาราง ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ จำนวน 42 ข้อ

ข้อที่	ดัชนีความเที่ยงตรง ตามเนื้อหา	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าความยากง่าย	หมายเหตุ
1	1.00	0.44	0.47	คัดเลือกไว้
2	1.00	0.24	0.62	คัดออก
3	1.00	0.28	0.90	คัดเลือกไว้
4	1.00	0.36	0.73	คัดเลือกไว้
5	0.33	0.80	0.57	คัดเลือกไว้
6	0.67	0.64	0.61	คัดเลือกไว้
7	1.00	0.36	0.64	คัดเลือกไว้
8	1.00	0.60	0.72	คัดเลือกไว้
9	1.00	0.56	0.54	คัดเลือกไว้
10	1.00	0.40	0.42	คัดเลือกไว้
11	1.00	0.28	0.84	คัดเลือกไว้
12	1.00	0.64	0.40	คัดเลือกไว้
13	1.00	0.24	0.42	คัดออก
14	1.00	0.60	0.51	คัดเลือกไว้
15	1.00	0.36	0.48	คัดเลือกไว้
16	1.00	0.40	0.33	คัดเลือกไว้
17	1.00	0.60	0.66	คัดเลือกไว้
18	1.00	0.36	0.56	คัดเลือกไว้
19	1.00	0.36	0.61	คัดเลือกไว้
20	1.00	0.48	0.49	คัดเลือกไว้
21	1.00	0.08	0.11	คัดออก
22	1.00	0.08	0.48	คัดออก
23	1.00	0.52	0.56	คัดเลือกไว้
24	1.00	0.12	0.29	คัดออก
25	1.00	0.44	0.47	คัดเลือกไว้

ตาราง (ต่อ)

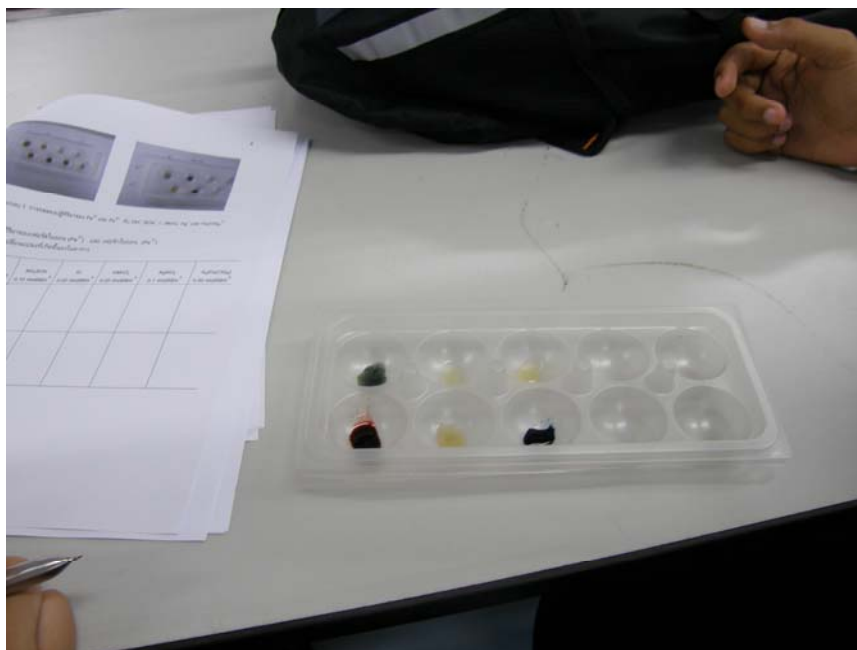
ข้อที่	ดัชนีความเที่ยงตรง ตามเนื้อหา	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าความยากง่าย	หมายเหตุ
26	1.00	0.04	0.30	คัดออก
27	1.00	-0.08	0.19	คัดออก
28	1.00	0.36	0.86	คัดเลือกไว้
29	0.33	0.52	0.76	คัดเลือกไว้
30	1.00	0.36	0.28	คัดเลือกไว้
31	1.00	0.00	0.23	คัดออก
32	1.00	0.64	0.74	คัดเลือกไว้
33	1.00	0.40	0.57	คัดเลือกไว้
34	1.00	0.00	0.06	คัดออก
35	0.67	0.32	0.23	คัดเลือกไว้
36	1.00	0.12	0.30	คัดออก
37	1.00	0.16	0.29	คัดเลือกไว้
38	1.00	0.04	0.37	คัดออก
39	1.00	0.52	0.64	คัดเลือกไว้
40	1.00	0.32	0.37	คัดเลือกไว้
41	1.00	0.48	0.44	คัดเลือกไว้
42	0.67	0.32	0.41	คัดออก

ภาคผนวก จ

รูปภาพขณะทำการทดลองด้วยเทคนิคไมโครสเกล



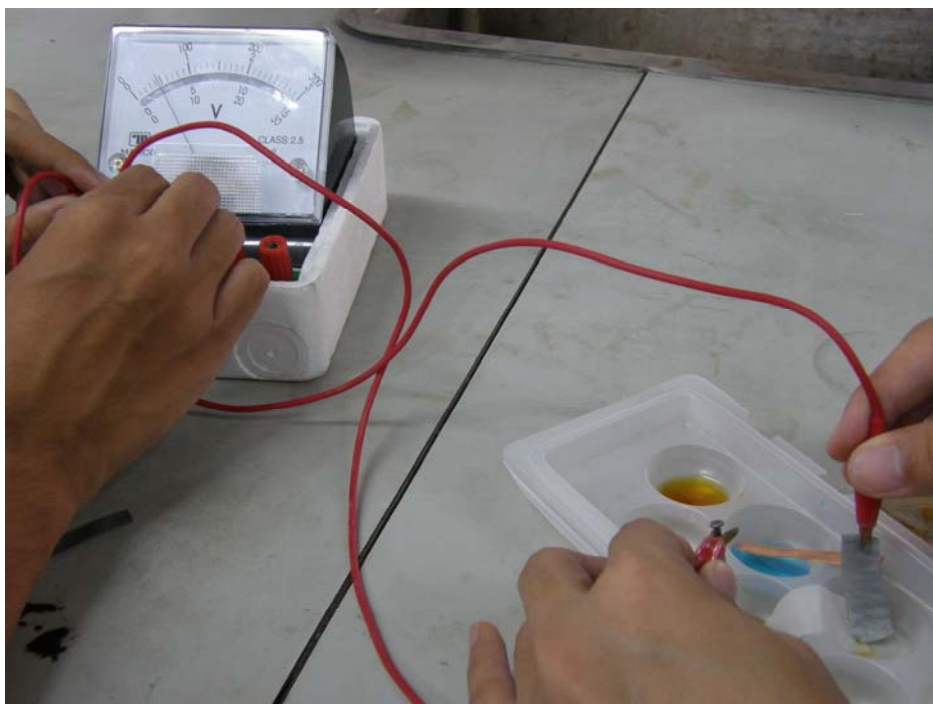
ขณะทำการทดลอง



การทดลองเรื่อง เลขออกซิเดชัน



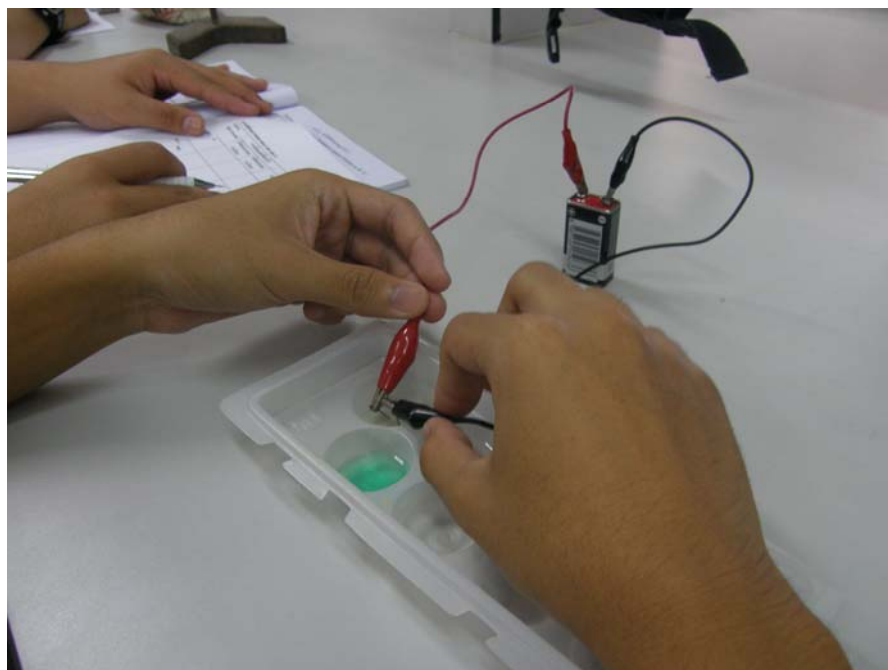
การทดลองเรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์



การทดลองเรื่อง เซลล์กัลวานิก



การทดลองเรื่อง เซลล์ความเข้มข้น



การทดลองเรื่อง การแยกสลายด้วยไฟฟ้า



การทดลองเรื่อง สมบัติของธาตุและสารประกอบของธาตุหมู่หลัก



การทดลองเรื่อง ธาตุแทรนซิชัน

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อชื่อสกุล	นางสาวลิณี อาจารย์ย์
วันเดือนปีเกิด	19 ธันวาคม 2510
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	100/48 ซอยราชวิถี 18 ถนนราชวิถี แขวงสามเสนใน เขตพญาไท จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10400
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ถนนพิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2532	การศึกษาระดับบัณฑิต (เคมี) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
พ.ศ.2536	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เคมีประยุกต์) จากมหาวิทยาลัยรามคำแหง
พ.ศ.2552	การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ