การพัฒนาโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษา ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

ปริญญานิพนธ์

ของ

ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
พฤษภาคม 2551

การพัฒนาโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษา ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

ปริญญานิพนธ์

ของ

ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
พฤษภาคม 2551

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษา ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

บทคัดย่อ

ของ

ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
พฤษภาคม 2551

ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต. (2551). การพัฒนาโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น. ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตรศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ . คณะกรรมการควบคุม : รองศาสตราจารย์ สมจิต สวธนไพบูลย์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดา แต้มบรรจง, อาจารย์ ดร.ราชันย์ บุญธิมา .

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาโมดูลการเรียนรู้ และศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมดูลการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวทำให้สามารถสร้างโมดูลการเรียนรู้ ที่จัดการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษา ผ่านเวบไซต์ และมีกระบวนการเรียนรู้ตามวัฏจักรแห่งการคิดค้น ผลการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องด้วยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ทุกองค์ประกอบของโมดูลมีความเหมาะสมและความสอดคล้องกัน ผลการหาประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้ด้วยการศึกษานำร่องกับนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ,มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตจำนวน 42 คน พบว่าคะแนนเฉลี่ยด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าสูงกว่าคะแนนจุดตัด แสดงว่า โมดูลการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ

การทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง นิสิตชั้นปีที่ 3 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 83 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 มีรูปแบบการทดลองแบบกลุ่มเดียว ทำการทดสอบก่อนและหลังการทดลองใช้โมดูล วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติวิเคราะห์ Hotelling's T^2 และ t-test for dependent sample พบว่า ผลการเรียนรู้โดยรวมหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลการเรียนรู้ในแต่ละด้าน ได้แก่ ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิจารณญาณหลังการทดลองใช้โมดูลเพิ่มขึ้นและสูงกว่าจุดตัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ระหว่างเรียนทั้ง 3 ด้านเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01

DEVELOPMENT OF LEARNING MODULE FOR UNIVERSITY ANALYTICAL CHEMISTRY CORPORATION THINKING EXPLORATION CYCLE

AN ABSTRACT

BY

PIYARAT DORNBUNDIT

Presented in Partial Fulfillment of the Requirement for the

Doctor of Education degree in Science Education

At Srinakharinwirot University

May 2008

Piyarat Dornbundit. (2008) . *The Development of LearningModule for University Analytical Chemistry Corporation Thinking Exploration Cycle.* Dissertation , Ed.D. (Science Education). Bangkok: Graduate School , Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Assoc. Prof. Somchit Sawathanapaibul , Assistant. Prof. Dr. Jinda Tambunjong , Dr. Rachun Boontima .

This study was the research designed to develop the learning module and to study the outcomes of learning. As the results, the learning module for the management of the study on the analytical chemistry subject for the undergraduate level was created, including the learning process according to the thinking exploration cycle, through the web site. The evaluating results for the appropriate and consistency from the experts showed that every component of the module designed in this study were appropriate and in consistent to each other. The efficacy of this module was then tested in the pilot study with 42 third-year-undergraduate students at Ratjapat Suandusit University. It was found that the mean values of the successive results from studying were higher than the threshold values, suggesting that this module of learning was highly efficient.

The subsequent experiment was designed to test with one group of sample i.e., 83 third-year-undergraduate students from the Faculty of Science at Srinakharinwirot University, both at before and after using the learning module . Data were presented as mean $\pm$ SD, and analyzed for the statistically significant differences by using the Hotelling's T^2 and t-test for dependent sample. The results showed that the total learning outcome of the tested students after using the learning module was significantly higher than those obtained before using the learning module ($p < 0.01$), and the mean values of the marks of the learning results in each aspect, such as the successive results of learning, of scientific skill and the ability of critical thinking and interpretation, after using the learning module were increased significantly threshold values ($p < 0.01$). In addition, the comparison of the learning results among these three aspects as described above was statistically increased ($p < 0.05$ and $p < 0.01$).

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

ของ

ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. 2551

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์ สมจิต สวธนไพบูลย์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดา แต้มบรรจง)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ราชันย์ บุญธิมา)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรรณี ลีกิจวัฒนะ)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สมจิต สวธนไพบูลย์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดา แต้มบรรจง)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ราชันย์ บุญธิมา)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุภาลักษณ์ ปรัชญาสิทธิกุล)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก
ทุนโครงการผลิตและพัฒนาอาจารย์รุ่นใหม่ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
และ
ทุนโครงการพัฒนาอาจารย์สาขาขาดแคลนเพื่อศึกษาต่อภายในประเทศ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี เป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือเอาใจใส่ และความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ สมจิต สวธนไพบูลย์ ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินดา แต้มบรรจง และ ดร. ราชันย์ บุญธิมา กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเป็น “ครู” ของท่านที่ทุ่มเทเวลาในการให้คำปรึกษา คอยให้กำลังใจ และมีความเมตตาต่อศิษย์ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุภาลักษณ์ ปรัชญาสิทธิกุล อดีตหัวหน้าภาควิชาเคมี ที่สนับสนุนให้ผู้วิจัยได้มีโอกาสศึกษาต่อในสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ประยงค์ พงษ์ทองเจริญ ที่จุดประกายให้ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยในระดับอุดมศึกษา

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณหัวหน้าสาขา และคณาจารย์สาขาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่กรุณาให้ใช้สถานที่และให้ความสะดวกในการศึกษานำร่อง หัวหน้าภาควิชาเคมีและคณาจารย์ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่กรุณาให้ใช้สถานที่และให้ความสะดวกในการศึกษาทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้เป็นอย่างดี จนการวิจัยสำเร็จลุล่วง

ท้ายสุดผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณพ่อปรารถนา ศรีวิไล คุณแม่บุญยัง ศรีวิไล ดร.ประยุกต์ ศรีวิไล อาจารย์ ประธาน ศรีวิไล คุณธีรนพ ดรบัณฑิต และเด็กชายคลังบุญ ดรบัณฑิต ที่เป็นกำลังใจสำคัญคอยสนับสนุนอย่างดีเยี่ยมตลอดมา

ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
ความสำคัญของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	11
สมมติฐานในการวิจัย	13
.....	
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมดูลการเรียนรู้	14
.....	
เอกสารและงานวิจัยทีเกี่ยวข้องกับการเรียนในระบบออนไลน์	20
.....	
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอน	40
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการจัดการเรียนรู้.....	50
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์	70
.....	
เอกสารเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดและการประเมิน	74
.....	
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	89
ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน.....	89
ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบโมดูลการเรียนรู้.....	90
ขั้นตอนที่ 3 หาประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้.....	118
ขั้นตอนที่ 4 นำโมดูลการเรียนรู้ไปทดลองใช้.....	120
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	124
.....	
ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน.....	124
ผลการหาประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้โดยการศึกษานำร่องศึกษา	126
.....	

ผลการใช้โมดูลการเรียนรู้ 133
……..
5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ……. 145
วัตถุประสงค์ของการวิจัย……. 145
สมมติฐานการวิจัย 145
……
ความสำคัญของการวิจัย…….. 145
วิธีดำเนินการวิจัย……. 146

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**
5 (ต่อ)……. 147
ผลการหาประสิทธิภาพของโมดูลการโดยการศึกษานำร่องศึกษา…… 147
ผลการนำโมดูลการเรียนรู้ไปทดลองใช้ 148
……..
อภิปรายผลการวิจัย 151
……..

บรรณานุกรม……. 156

ภาคผนวก…….. 162

ประวัติย่อผู้วิจัย……. 259

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงการเปรียบเทียบกระบวนการทางปัญญาที่ใช้คำศัพท์เดิมและคำศัพท์ใหม่	53
2	แสดงมิติของความรู้และมิติของกระบวนการทางปัญญา.....	55
3	แสดงคำสำคัญและพฤติกรรมของการกระบวนการทางปัญญาทั้ง 6 ขั้น.....	56
4	แสดงคุณลักษณะของผู้ที่มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ	64
5	แสดงค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความเหมาะสมของโครงร่างโมดูลกาเรียนรู้.....	98
6	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง และการแปลความหมายค่าดัชนีความสอดคล้องของโครงร่างโมดูลการเรียนรู้.....	101
7	แสดงค่าความยากง่าย อำนาจจำแนกและเที่ยงตรง ของข้อสอบแบบเลือกตอบ.....	102
8	แสดงค่าความเที่ยงตรง และ IOC ของข้อสอบแบบเขียนตอบ	104
9	แสดงค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแบบเขียนตอบ	107
10	แสดงค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบแบบเขียนตอบ.....	108
11	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแนวการตอบและ	

เกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบก่อนเรียนและหลังเรียน..... 109
12 แสดงค่าความเที่ยงตรง และ IOC ของข้อสอบแบบเขียนตอบระหว่างเรียน 112
13 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแนวการตอบและเกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบระหว่างเรียน..... 115
14 แสดงค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแบบเขียนตอบระหว่างเรียน..... 118
15 แสดงการจัดกิจกรรมในการทดลอง..... 121
16 แสดงแบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest – Posttest Design..... 122
17 แสดงคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบแต่ละชนิดและคะแนนจุดตัด 126
18 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของผลการเรียนรู้ก่อนและหลังการทดลองใช้โมดูล..... 128
19 ผลการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ก่อนและหลังการทดลองใช้โมดูลด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ Hotelling's T^2 ของกลุ่มทดลอง..... 131
20 ผลการเปรียบเทียบด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนกับหลังทดลองใช้โมดูลด้วยการทดสอบค่า t แบบกลุ่มตัอย่างเดียว (t-test for dependent samples)..... 131

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

21 แสดงผลการเปรียบเทียบด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่าง ก่อน และหลังทดลองใช้โมดูลด้วยการทดสอบค่า t แบบกลุ่มตัอย่างเดียว (t-test for dependent samples)..... 132
22 แสดงผลการเปรียบเทียบด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ ก่อนกับหลังทดลองใช้โมดูลด้วยการทดสอบค่า t แบบกลุ่มตัอย่างเดียว (t-test for dependent samples)..... 135
23 แสดงผลการเปรียบเทียบด้านการคิดวิจารณญาณ ก่อนกับหลังทดลองใช้โมดูลด้วยการทดสอบค่า t แบบกลุ่มตัอย่างเดียว (One - sample t test)..... 133
24 แสดงผลการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลังการทดลองใช้หลักสูตรแต่ละด้านกับเกณฑ์ที่กำหนดด้วยการทดสอบค่า t แบบกลุ่มตัวอย่าง

เดียว (One- sample test)..... 134
25 แสดงผลการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ระหว่างทดลองใช้โมดูลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 136
26 แสดงค่า t ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ในแต่ละหน่วยการเรียน(paired sample t-test)..... 137
27 แสดงผลการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ระหว่างทดลองใช้โมดูลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์..... 138
28 แสดงค่า t ของคะแนนในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละหน่วยการเรียน(paired sample t-test)..... 139
29 แสดงผลการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ระหว่างทดลองใช้โมดูลด้านความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์..... 140
30 แสดงค่า t ของคะแนนในด้านความสามารถในการคิดวิจารณญาณแต่ละหน่วยการเรียน (paired sample t-test)..... 142
31 แสดงผลการใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นในกิจกรรมการเรียนรู้โมดูล..... 142

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 แสดงกรอบแนวคิดของการวิจัย 12
2 แสดงการจัดแสดงเว็บเพจแบบเชิงเส้น 31
3 แสดงการจัดแสดงหน้าเว็บเพจแบบลำดับขั้น..... 33
4 แสดงการจัดแสดงหน้าเว็บเพจแบบผสม..... 33
5 แสดงวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้..... 44
6 แสดงกระบวนการแก้ปัญหา..... 45
7 แสดงวัฏจักรแห่งการคิดค้น..... 50
8 แสดงกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์..... 51

9 แสดงระบบการประเมินการเรียนรู้ 80
10 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างและภายในสังคมมนุษย์……..... 82

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมฉบับที่ 6 และ 7 ที่มีการเพิ่มปริมาณการผลิตบัณฑิต เพื่อให้ทันกับความต้องการของประเทศ ทำให้คุณภาพการศึกษาตกต่ำลง บัณฑิตมีความเข้มแข็งทางวิชาการต่ำกว่ามาตรฐาน (คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2541: 52-53) คือ ขาดทักษะในการค้นคว้าวิจัย ขาดทักษะทางการคิดวิเคราะห์และขาดการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง อันเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในโลกยุคข้อมูลข่าวสาร ดังนั้นแม้ประเทศไทยจะมีบัณฑิตจบออกมามากมาย แต่หานักคิดได้น้อย พลังปัญญาของชาติโดยรวมจึงอ่อน (พันธ์ศักดิ์ พลสารัมย์. 2543 : 45-50) ทั้งนี้เนื่องจากอุดมศึกษาไทยยังก้าวเพียงบันไดขั้นแรกของการเรียนรู้ และเอาความรู้ไปใช้โดยตรง ขาดความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ ขาดการวิเคราะห์แยกแยะข้อมูลและเห็นความสำคัญของความสัมพันธ์ต่าง ๆอย่างถูกต้อง ขาดการสร้างความสามารถในการสังเคราะห์และการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ดังนั้นการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษาของไทยจึงเป็นเพียงการเพิ่มข้อมูลความรู้ที่ต้องจดจำเท่านั้น อาจมีบางกรณีที่พอจะก้าวขึ้นชั้นที่สูงขึ้นบ้าง คือมีความเข้าใจในศาสตร์ แต่ขาดความเข้าใจในกระบวนการบุกเบิกแสวงหาความรู้ (จรัส สุวรรณเวลา. 2545: 18) ทั้งนี้อาจจะเกิดจาก ผู้สอนขาดทักษะและเทคนิคในการผลิตและใช้อุปกรณ์การสอน ไม่มีบรรยากาศการฝึกฝนค้นคว้าวิจัย การจัดกิจกรรมไม่หลากหลายและไม่แปลกใหม่ ไม่มีการบูรณาการหลักสูตรเพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ที่สมบูรณ์ในสาขาวิชาที่เรียน วิชามีลักษณะวิชาเดี่ยว และในด้านสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีปัญหาในเรื่อง หนังสือ ตำราสำหรับการค้นคว้า อัตราส่วนระหว่างเวลากับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ การจัดงบประมาณสำหรับสื่อและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ รวมทั้งขาดแบบทดสอบมาตรฐาน (พันธ์ศักดิ์ พลสารัมย์. 2543 : 45-50) และจากนโยบายการขยายการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศทำให้แนวโน้มจำนวนผู้เรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก จึงเป็นแรงผลักดันให้เกิดการขยายตัวของสถาบันอุดมศึกษาอย่างรวดเร็ว (คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2541: 51-53) ดังนั้นเพื่อรองรับจำนวนผู้ที่ต้องการจะเข้าศึกษาในอนาคตทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องทบทวนแนวคิดและปรัชญาอุดมศึกษา ให้มีความหลากหลายในระบบอุดมศึกษา เน้นการสร้างปัญญา วิจารณญาณ และคุณธรรมควบคู่วิชาการ (จรัส สุวรรณเวลา. 2545:18-19) จากรายงานการวิจัยเอกสาร เรื่องการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ในระดับปริญญาตรี ได้เสนอกลยุทธ์การปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้ในระดับปริญญาตรีสรุปว่า ควรมีการดำเนินการเพื่อให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง กำหนดคุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์ การปลูกฝังและพัฒนาทั้งด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านภาษาและด้านการสื่อสาร เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ให้ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุนชี้แนะ (Facilitators) กำหนดภาระหน้าที่ที่ชัดเจน มีการประเมินผลการสอนอย่างสร้างสรรค์ ส่งเสริมอาจารย์ให้ทำวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาการเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการ

เรียนรู้ ลดการบรรยาย เน้นกิจกรรมที่ส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียน จัดกระบวนการพัฒนาทักษะในการสอนของอาจารย์ ส่งเสริมให้มีการใช้สื่อประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ได้แก่ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เช่น การใช้อินเทอร์เน็ต การจัดการเรียนรู้กึ่งมหาวิทยาลัยเสมือนจริง (พันธ์ศักดิ์ พลสารัมย์ ณ อยุธยา. 2543: 90) รวมทั้งจะต้องทำให้นักศึกษามีทักษะในการเรียนรู้และมีจิตใจใฝ่รู้หรือรักที่จะเรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจและเลือกอย่างมีวิจารณญาณ ตระหนักถึงหน้าที่ของตนในฐานะพลเมืองของประเทศ(ชูเวช ชาญสว่างเวช. 2543: 31) และการแข่งขันในยุคโลกาภิวัตมีส่วนกระตุ้นให้มหาวิทยาลัยต้องปรับตัวเพื่อเตรียมความพร้อมกับการแข่งขันด้านการศึกษารูปแบบใหม่ที่เรียกว่า การศึกษาไร้พรมแดน ซึ่งเป็นการศึกษาออนไลน์ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก นั่นคือ อินเทอร์เน็ต (ดุสิต ศิริวรรณ. 2543, 2545: 5-16) ขณะเดียวกัน วิทยาการต่าง ๆมีการพัฒนาสั่งสมเป็นจำนวนมากและเกิดขึ้นใหม่ตลอดเวลา การพัฒนาการเรียนรู้จึงเป็นเรื่องใหญ่ที่จะต้องปรับปรุงและตอบสนองต่อวิทยาการที่มีมากขึ้น(ยืน ภู่วรวรรณ และอโนมา สุวรรณาภิชาติ. มปป: 1-2) นั่นคือการนำเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information technology) และวิทยาการคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการปรับเปลี่ยนกระบวนการ ระบบ และวิธีการทางการศึกษา การถ่ายทอดข้อมูลและองค์ความรู้ที่เกิดขึ้นในรูปแบบและกระบวนการที่แตกต่างจากเดิม ส่งผลให้อุดมศึกษาจะต้องปรับเปลี่ยนทั้งกระบวนการเรียนรู้ เป้าหมายและวิธีการสอน รวมทั้งต้องมุ่งเน้นการสร้างนิสัยใฝ่รู้การเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้สามารถก้าวทันการขยายตัวขององค์ความรู้ ที่พัฒนาขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง ควบคู่กับความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาการ (คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2541: 52-53) ดังนั้นกรอบแนวคิดของระบบการศึกษาน่าจะเปลี่ยนไปตามยุคโลกาภิวัตคือผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองและรู้วิธีเรียนรู้โดยอาศัยเทคโนโลยีโดยเฉพาะเครือข่ายคอมพิวเตอร์ การสอนที่ยืดหยุ่นไม่ติดกับเวลาและสถานที่ มหาวิทยาลัยต้องให้ผู้เรียนได้ความรู้ตามความเหมาะสมแต่ละบุคคล การเรียนรู้เป็นไปตามความต้องการเน้นจุดเด่นของผู้เรียนแต่ละคน การเรียนรู้เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างอาจารย์กับผู้เรียน เป็นการเรียนรู้แบบแสวงหา ค้นหา และสามารถเรียกแหล่งข้อมูลได้ทั่วโลก ผู้เรียนมีสภาพกระตือรือร้น สนใจและตื่นตัวที่จะเรียนรู้ตามความต้องการและแสวงหาสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยจึงจะเป็นประตูสู่โลกกว้างและขุมทรัพย์ความรู้ที่แท้จริง (ยืน ภู่วรวรรณ และอโนมา สุวรรณาภิชาติ. มปป: 8-22) การเรียนรู้ในลักษณะที่ผู้เรียนและผู้สอนไม่ได้อยู่ในเวลาเดียวกัน เน้นศูนย์กลางที่ผู้เรียน เป็นการเรียนด้วยตนเอง ผู้เรียนจะเรียนอยู่ที่ใดก็ได้โดยใช้อินเทอร์เน็ตเป็นสื่อ โดยการเข้าไปยังโฮมเพจของหลักสูตรที่ผู้สนใจเหล่านั้นต้องการเรียน โดยมีการทำแบบฝึกหัดและสอบ นอกจากนั้นยังมีห้องให้สนทนากับเพื่อนร่วมชั้น มีเว็บบอร์ดและอีเมล์ในการถามตอบระหว่างผู้สอน และผู้เรียน จัดเป็นการเรียนรู้อีกแบบหนึ่ง ข้อดีคือ 1.) ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนจากที่ไหน เวลาใดก็ได้ 2.) การถามคำถามได้จากการสนทนา หรือเว็บบอร์ด มีข้อดีที่สามารถไปอ่านคำถามที่ผู้อื่นถามมาก่อนแล้ว เป็นการไล่เรียงความคิดจากเข้าใจน้อยไปยังเข้าใจมากและทำให้ค่อย ๆย่อยความคิดได้ 3) ราคาถูกว่าการเรียนในห้องเรียน (ยืน ภู่วรวรรณ, อโนมา สุวรรณาภิชาติ. ถ่ายเอกสาร: 2-3) นอกจากนี้แล้วเครือข่ายอินเทอร์เน็ตยังเป็นเครื่องมือช่วยในการสื่อสารที่สะดวกรวดเร็วระหว่างบุคคลทั่วโลก เครือข่าย

อินเทอร์เน็ตจึงกลายเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการเรียนรู้และการเรียนรู้ สามารถที่พัฒนาขึ้นเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ในระบบออนไลน์ (บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์. 2544 : 7-15) เป็นการขยายโอกาสทางการศึกษาระดับอุดมศึกษา (Outreach education) อย่างมีคุณภาพ เป็นการเปิดโอกาสให้บุคลากรที่มีภาระงานประจำหรือมีครอบครัวที่ต้องดูแล สามารถเรียนรู้ที่ใดเมื่อใดก็ได้โดยไม่มีอุปสรรคในข้อจำกัดของสถานที่และเวลา (Asynchronous learning) เป็นการเรียนตามอัธยาศัยอันก่อให้เกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong learning)และเป็นการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student/learner center) จุดเด่นทั้งสามประการนี้ สามารถที่จะตอบสนองการปฏิรูปการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้แล้วการเรียนรู้ด้วยระบบออนไลน์ยังช่วยลดข้อจำกัดของการขาดแคลนทรัพยากรในการจัดการเรียนรู้ อาจารย์ผู้สอน (อัจฉรา สุขารมณ์ : http://sot.swu.ac.th/r_framework.htm)

ดังนั้นการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์จัดเป็นกระบวนทัศน์ใหม่ทางการศึกษาเนื่องจากสามารถนำไปพัฒนาการเรียนรู้ให้มีทั้งประสิทธิภาพและประสิทธิผลคือ 1) ช่วยให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นเนื่องจากได้ถ่ายทอดเนื้อหาผ่านทางมัลติมีเดียทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่าการสื่อด้วยข้อความเพียงอย่างเดียว หากเปรียบเทียบการเรียนรู้ด้วยระบบออนไลน์กับการสอนที่เน้นการบรรยาย พบว่าการเรียนรู้ด้วยระบบออนไลน์ได้รับการออกแบบและผลิตมาอย่างมีระบบจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่านอกจากนี้ผู้สอนสามารถตรวจสอบความก้าวหน้าของผู้เรียนได้ตลอดเวลา 2) การเรียนรู้ด้วยระบบออนไลน์เป็นเทคโนโลยีหลายมิติ (Hypermedia) ประกอบด้วยข้อความ ภาพนิ่ง เสียง กราฟิก วีดีทัศน์ ภาพเคลื่อนไหว สามารถนำเสนอเนื้อหาในลักษณะของกรอบคิดแบบใยแมงมุม (Web framework) ที่คล้ายกับวิธีที่มนุษย์จัดระบบความคิดจึงทำให้สามารถเรียนรู้และจดจำได้ง่ายขึ้น 3) ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเองตามความสามารถในเรียนรู้ของตน 4) การเรียนรู้ด้วยระบบออนไลน์เอื้อให้เกิดปฏิสัมพันธ์ในหลายมิติ คือ ระหว่างผู้เรียนกับเนื้อหาและกิจกรรม ผู้เรียนกับผู้สอน และผู้เรียนกับเพื่อน เป็นต้น 5) ส่งเสริมให้เกิดทักษะใหม่ รวมทั้งเนื้อหาที่ทันสมัย ตอบสนองเรื่องต่างๆได้ทันท่วงที 6) การเรียนรู้ด้วยระบบออนไลน์เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่สามารถจัดให้แก่ผู้เรียนได้กว้างขวางขึ้น สนับสนุนการเรียนรู้ตลอดชีวิตและขจัดข้อจำกัดของสถาบันการศึกษาในการรับผู้เรียนจำนวนมาก พร้อมทั้งลดต้นทุนในการจัดการศึกษา (ถนอมพร เลาหจรัสแสง. ตุลาคม-ธันวาคม 2544:36-45) จึงพบว่ารูปแบบการเรียนรู้ออนไลน์จึงน่าจะใช้เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการพัฒนาอุดมศึกษา ให้มีคุณภาพ ประสิทธิภาพ และเสมอภาค สอดคล้องกับความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี

การที่ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยระบบออนไลน์ มักจะมีการนำเสนอเนื้อหา องค์ความรู้ กิจกรรมในลักษณะสื่อประสม (Multimedia) ที่สามารถโต้ตอบกับผู้เรียนได้ มีแบบฝึกหัดและแบบทดสอบเบ็ดเสร็จ โดยมีการแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยๆ (Module) (ถนอมพร เลาหจรัสแสง.ตุลาคม-ธันวาคม 2544: 36-45) แต่ละหน่วยการเรียนรู้ที่มีเนื้อหาจบในตัวเอง สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนเรียน

ด้วยตนเองมากกว่าที่จะใช้ผู้สอนประกอบด้วยสื่อการเรียนรู้และกระบวนการเรียนรู้เพื่อถ่ายทอดเรื่องราวอย่างใดอย่างหนึ่งมีวัตถุประสงค์ กิจกรรมการเรียนรู้และการประเมิน (Laurence, 1973) การเรียนรู้จากโมดูลเป็นวิธีการสอนที่มีระเบียบแบบแผน มีการศึกษาหาความรู้หลายๆวิธีหรือมีลักษณะที่รวมเอาการสอนหลายๆ อย่างเข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งเหมาะกับ ผู้เรียนที่มีความรู้แตกต่างกัน นอกจากนั้นการที่โมดูลแยกเนื้อหาออกเป็นส่วนย่อยๆทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้นและได้ทราบความสามารถและความก้าวหน้าของตน (เบ็ญจา โสตรโยม. 2520)

การนำการเรียนรู้ด้วยระบบออนไลน์ไปใช้นั้นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงควบคู่กันไป คือรูปแบบการเรียนรู้ (Learning model) ที่เหมาะสมโดยเฉพาะเมื่อใช้การเรียนรู้ด้วยระบบออนไลน์เป็นสื่อหลัก คือ ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ทั้งหมด (ถนอมพร เลาหจรัสแสง. ตุลาคม-ธันวาคม 2544: 36-45) ริชาร์ด ได้เสนอว่า เมื่อนำการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ไปใช้ผู้สอนต้องเปลี่ยนรูปแบบการเรียนรู้แบบเดิมที่มีขั้นตอนคือ 1) ฟังบรรยายจากผู้สอน 2) การทบทวนด้วยตนเองและการทำงานที่ได้รับมอบหมาย 3) การโต้ตอบกับผู้สอนในห้องใหญ่ และการรับผลป้อนกลับจากผู้สอน ไปเป็นรูปแบบการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ที่มีขั้นตอน ดังนี้ 1) ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองกับสื่ออิเล็กทรอนิกที่พัฒนาขึ้นเพื่อถ่ายทอดเนื้อหาและกิจกรรม 2) ผู้เรียนอภิปรายร่วมกับกลุ่มเพื่อนออนไลน์ตามที่ได้รับมอบหมาย 3) ผู้เรียนหรือตัวแทนผู้เรียนติดต่อกับผู้สอนออนไลน์ หรือในช่วงทำงานของผู้สอน (office hour และ 4) ผู้เรียนรับผลป้อนกลับจากผู้สอน รูปแบบดังกล่าวเป็นรูปแบบอย่างกว้างๆ สำหรับการเรียนรู้ด้วยระบบออนไลน์ ผู้สอนจำเป็นต้องศึกษารูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมโดยเฉพาะแตกต่างกันไปตามตัวแปรต่างๆ (Richads, 2001) และในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีรูปแบบการเรียนรู้ที่สำคัญได้แก่ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry cycle) ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้ คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ขั้นอธิบายและวงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และ 5) ขั้นประเมิน นอกจากจะใช้กระบวนการดังกล่าวแล้ว อาจใช้วิธีในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยรูปแบบอื่นๆ อีก ดังนี้ กระบวนการแก้ปัญหา (Problem solving process) มีขั้นตอนดังนี้ 1) ทำความเข้าใจปัญหา 2) วางแผนแก้ปัญหา 3) ดำเนินการแก้ปัญหาและประเมินผล 4) ตรวจสอบการแก้ปัญหา , การค้นหารูปแบบ (Pattern seeking), การจำแนกประเภทและการระบุชื่อ (Classification and identification), การสำรวจและค้นหา (Exploring), การพัฒนาระบบ (Developing system) และการสร้างแบบจำลองเพื่อการสำรวจตรวจสอบ (Investigate models) เป็นต้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546: 219-223) รูปแบบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงควรตอบสนองต่อจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งหวังให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจในแนวความคิดหลักที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งมุ่งหวังให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการตัดสินใจ (Decision making) และพัฒนาความคิดขั้นสูง (Higher – ordered thinking) ซึ่งเป็นความสามารถทางสติปัญญาประการหนึ่งประกอบด้วยความคิดในด้านต่างๆ คือ1) ความคิดวิเคราะห์ (Analytical thinking) 2) ความคิดวิพากษ์วิจารณ์ (Critical thinking) 3) ความคิดสร้างสรรค์ (Creative thinking) 4) ความคิดอย่างเป็นเหตุผล (Logical thinking) 5) ความคิด

เชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific thinking) โดยทั่วไปแล้วความคิดขั้นสูงด้านต่างๆ เหล่านี้จะไม่สามารถแยกออกจากกันได้ชัดเจน ต้องพัฒนาไปพร้อมๆ กันและอาจรวมทั้งพัฒนาไปพร้อมกับความสามารถด้านอื่นๆ ด้วยโดยไม่จำเป็นต้องเน้นว่าจะต้องพัฒนาเรื่องใดก่อนหรือหรือหลัง การพัฒนาความคิดขั้นสูงนี้จะทำได้มากในกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และกระบวนการแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546: 226-230)

จากแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษาข้างต้น ผู้วิจัยเห็นว่าการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะต้องพัฒนาผู้เรียนทั้งด้าน องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อมกับการพัฒนาการคิดขั้นสูงคือ ความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์หรือ ความคิดวิพากษ์วิจารณ์ (Critical thinking) ดั้งนั้นจึงเสนอรูปแบบการเรียนรู้เพื่อเป็นแบบแผนการเรียนรู้เรียกว่า วัฏจักรแห่งการคิดค้น (Thinking exploration cycle) มีขั้นตอนดังนี้ 1) ระบุปัญหา 2) พาสู่ทางแก้ 3) ถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร 4) จัดการปัญหา 5) ตีค่าประเมิน (Problem evaluation) ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านระบบออนไลน์ที่ส่งเสริมองค์ความรู้ ทักษะทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อมกัน โดยจัดให้ผู้เรียนสามารถศึกษาหาความรู้ใหม่เพิ่มเติมความรู้เดิมให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น กิจกรรมการเรียนรู้มีขอบข่ายกว้างขวางและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนในแต่ละคนจนถึงขีดสุด พร้อมทั้งใช้ระบบออนไลน์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และวิทยาการคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้ในลักษณะโมดูลการเรียนรู้ที่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองเพื่อให้ทันกับการขยายตัวอย่างรวดเร็วขององค์ความรู้ดังนั้นผู้เรียนจะได้รับการพัฒนาในด้านองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อมกัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ทำให้ได้โมดูลการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการองค์ความรู้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ในลักษณะของชุดวิชาทั้งเนื้อหาและกิจกรรมทำให้เกิดความต่อเนื่องสัมพันธ์สอดคล้องกันเป็นการส่งเสริมให้การเรียนรู้มี

ประสิทธิภาพมากขึ้นโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและเครือข่ายคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือ และเป็นแนวทางในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งจะทำให้สามารถจัดการเรียนรู้ที่มีผู้เรียนจำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นผ่านระบบออนไลน์ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาในด้านองค์ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อมกันซึ่งถือว่าเป็นแนวทางใหม่ของการจัดการเรียนรู้

ขอบเขตของการวิจัย

การพัฒนาโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น. ในครั้งนี้ มีขอบเขตการดำเนินการดังนี้

1.การเรียนรู้โมดูลการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ ด้วยเวบไซต์ analychem.com ใช้ระบบจัดการเรียนรู้ (Learning Management System :CMS) ที่เรียกว่า Moodle

2.การจัดการเรียนรู้แบ่งผู้เรียนออกเป็น 2 กลุ่ม จัดการเรียนรู้เป็นรายสัปดาห์ๆละ 3 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 9 สัปดาห์ 27 ชั่วโมง จัดผูเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม เนื่องจากข้อจำกัดที่แต่ละมีห้องเรียนมีคอมพิวเตอร์ประมาณ 40- 45 เครื่อง จึงไม่สามารถให้ผู้เรียนเรียนรู้ในห้องเดียวกันได้ทั้งหมด

3.สาระการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ ในระดับอุดมศึกษาประกอบด้วย ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับโครมาโทกราฟี เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ โครมาโทกราฟีแบบของเหลวแบบสมรรถนะสูงและการประยุกต์ใช้และเทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบแก๊สและการประยุกต์ใช้

4.การวัดผลการจัดการเรียนรู้ใช้การทดสอบในกระดาษ (paper test)ในห้องสอบที่จัดขึ้นโดยไม่ได้ผ่านระบบออนไลน์ ทั้งการทดสอบก่อนเรียน หลังเรียน และระหว่างเรียน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

กลุ่มประชากรที่ใช้ศึกษาครั้งนี้คือนิสิตระดับปริญญาตรี วิชาเอกเคมี คณะวิทยาศาสตร์ของมหาวิทยาลัยในกรุงเทพมหานคร

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาการเลือกแบบเจาะจงจากประชากรได้แก่นิสิตระดับปริญญาตรี วิชาเอกเคมี ชั้นปีที่ 3 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเคมีวิเคราะห์ (CH 351) ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 83 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ใน

ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

2. ตัวแปรตาม คือ ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษา ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น ประกอบด้วย

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้

2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3 ความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. โมดูล หมายถึง หน่วยการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้เบ็ดเสร็จในตัวเอง ประกอบด้วย หลักการและเหตุผล จุดประสงค์การเรียนรู้ การประเมินผลก่อนการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การประเมินหลังการเรียนรู้ และการซ่อมเสริม

2. โมดูลการเรียนรู้ หมายถึง หน่วยการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้เบ็ดเสร็จในตัวเอง ที่ใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์และเว็บไซต์เป็นสื่อหรือตัวกลางในการเรียนรู้ระหว่างผู้สอนและผู้เรียนในลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยเนื้อหา ภาพเคลื่อนไหว เสียง การอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การสืบค้น การตอบปัญหา การทำแบบฝึกหัด ผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

3. วัฏจักรแห่งการคิดค้น หมายถึง กระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมองค์ความรู้ ทักษะทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยขั้นต่างๆดังนี้

3.1 ระบุปัญหา (Problem) หมายถึง กิจกรรมที่ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจในปัญหาให้ถ่องแท้ ได้แก่

3.1.1 ทบทวนความรู้เดิมและหลักการที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

3.1.2 วิเคราะห์ปัญหา ผู้เรียนและ/หรือผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ เหตุการณ์ ผู้เรียนระบุปัญหาโดยการตั้งคำถาม

3.2 พาสู่ทางแก้ (Problem plan) หมายถึง กิจกรรมการคิดหาวิธีในการแก้ปัญหาที่น่าจะเป็นไปได้ ได้แก่

3.2.1 ระบุวิธีที่จะแก้ปัญหามีอะไรบ้าง แต่ละวิธีมีข้อดี-ข้อเสียและกระบวนการอย่างไร

3.2.2 วิธีแก้ปัญหาใดที่ดีที่สุดเพราะอะไร มีลำดับขั้นตอนและวิธีการอย่างไร

3.2.3 ระบุเครื่องมือ อุปกรณ์ และระยะเวลาที่ต้องการ

3.3 ถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร (Problem information) หมายถึง กิจกรรมการสืบค้น ข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

3.3.1 สืบค้นข้อมูลและ ข่าวสาร (Data and information) จากแหล่งข้อมูล

3.3.2 มีข้อมูลและข่าวสารใดบ้างที่สนับสนุนหรือขัดแย้งวิธีการแก้ปัญหาตามแผน

3.3.3 ข้อมูลข่าวสารใดบ้างที่มีอยู่สามารถนำไปปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงแผนการแก้ปัญหา

3.4 จัดการปัญหา (Problem organization) หมายถึง กิจกรรมในการดำเนินการแก้ปัญหา ได้แก่

3.4.1 ลงมือแก้ปัญหาตามที่วางแผนไว้

3.4.2 บันทึก รวบรวบข้อมูล (Data) ตีความหมายของข้อมูล แสดงความสัมพันธ์ของเหตุและผลทางวิทยาศาสตร์ของข้อมูล

4.4.3 สรุปอ้างจากกรณีเฉพาะสู่กรณีทั่วไป

3.5 ตีค่าประเมิน (Problem evaluation) หมายถึง กิจกรรมประเมินผลและตรวจสอบการแก้ปัญหาด้วยตนเองและผู้อื่น ได้แก่

3.5.1 ประเมินผลการแก้ปัญหาว่าดีหรือไม่ดี ถูกหรือผิด เหมาะสมหรือไม่เหมาะสม เพราะอะไร มีประโยชน์หรือไม่ อย่างไร และใช้อะไรเป็นเกณฑ์ในการประเมิน ประเมินความพอใจและความภาคภูมิใจของตนเองและ / หรือกลุ่ม ในการแก้ปัญหา

4. โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น หมายถึง หน่วยการเรียนรู้ ที่ประกอบด้วยชุดกิจกรรม และเนื้อหาสาระวิชาเคมีวิเคราะห์ในเรื่องทฤษฎีและหลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับโครมาโทกราฟี เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ โครมาโทกราฟีแบบของเหลวแบบสมรรถนะสูงและการประยุกต์ใช้และเทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบแก๊สและการประยุกต์ใช้ ที่จัดการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ ด้วยเวบไซต์ analychem.com โดยใช้ระบบจัดการเรียนรู้ ที่เรียกว่า Moodle ในลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยเนื้อหา ภาพเคลื่อนไหว เสียง การอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การสืบค้น การตอบปัญหา การทำแบบฝึกหัด ตามขั้นของวัฏจักรแห่งการคิดค้น

5. ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมดูลการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น หมายถึง การนำโมดูลแบบออนไลน์ ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นไปใช้จัดการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้จำแนกเป็น 3 ด้านได้แก่

5.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ หมายถึง ความรู้ใน ข้อเท็จจริง ความรู้ในมโนมติ และความรู้ในกระบวนการ เรื่องเทคนิคโครมาโทกราฟี โดยวัดจากพฤติกรรม 5 ด้านคือ เข้าใจ นำไปใช้ สังเคราะห์ ประเมินค่า สรรค์สร้าง

วัดได้จากคะแนนที่ผู้เรียนตอบแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการวิเคราะห์หลักสูตรในเนื้อหา เรื่อง เทคนิคโครมาโทกราฟี ในระหว่างเรียน โดยทดสอบระหว่างเรียนรู้ทุก ๆ 3 ชั่วโมง จำนวน 7 ครั้ง และเปรียบเทียบคะแนนทดสอบความรู้ด้วยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบทดสอบแบบเลือกตอบและแบบเขียนตอบ จำแนกพฤติกรรมเป็น 5 ด้าน ดังนี้

1) ความเข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถในการจัดประเภท อธิบาย เปรียบเทียบ แปลความหมาย ยกตัวอย่าง สรุปและ อ้างอิงความรู้

2) การประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถในการนำองค์ความรู้ไปใช้ ประยุกต์ใช้ วิธีการ อุปกรณ์ เครื่องมือ ในการแก้ปัญหา

3) การวิเคราะห์ (Analyzing) หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบ อธิบายลักษณะ แจกแจงรายละเอียด ให้เหตุผล สร้างและรวมความรู้

4) การประเมินค่า (Evaluating) หมายถึง ความสามารถในการตรวจทดลอง ตรวจสอบสมมติฐาน ตรวจสอบติดตาม วิจารณ์ ตัดสิน

5) การสรรค์สร้าง (Creating) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ วางแผน ผลิต สร้าง จัดทำ

5.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง วิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ใน การแสวงหาความรู้หรือค้นหาคำตอบของปัญหา เป็นองค์ประกอบหนึ่งของวิทยาศาสตร์ โดยรวมถึง ความชำนาญ ความคล่องแคล่ว ในการคิดและปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ในการวิจัยครั้งนี้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 7 ทักษะดังนี้ การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ประเมินจากจากการทดสอบด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จาก การทดสอบก่อนเรียน ระหว่างเรียนรู้ทุกๆ 3 ชั่วโมง จำนวน 7 ครั้ง และการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบเขียนตอบ

5.3 ความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดอย่างมีจุดมุ่งหมายสามารถเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่าง ประยุกต์ใช้ความรู้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับสถานการณ์ ตีความหมายของข้อมูล แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลทางวิทยาศาสตร์ สรุปอ้างจากกรณีเฉพาะสู่กรณีทั่วไป ตัดสินและการแก้ปัญหา ซึ่งความสามารถเหล่านี้ต้องผ่านการคิดอย่างมีเหตุผล คิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ และประเมินค่าโดยใช้เกณฑ์เฉพาะบางอย่างด้วยการไตร่ตรองอย่างรอบคอบ และสามารถตรวจสอบความคิดได้ด้วยตนเอง

5.3.1 ความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถดังต่อไปนี้

5.3.1.1 ความสามารถเปรียบเทียบ หมายถึง การบอกความเหมือนและความแตกต่าง (Comparing and contrasting) ของสิ่งของ ข้อมูลและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

5.3.1.2 ความสามารถในการประยุกต์ใช้ หมายถึง การนำความรู้ มโนมติทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับสถานการณ์ (Applying concept)

5.3.1.3 ความสามารถในการแสดงความคิดเกี่ยวกับข้อมูล หมายถึง การจัดกระทำความคิด และความคิดเห็นเป็นแผนภาพ แผนผัง แผนที่ และอธิบายความหมายและแปลผลข้อมูลจาก ตาราง กราฟและอื่นๆได้ (Interpreting illustration)

5.3.1.4 ความสามารถในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล หมายถึง ความสามารถในเชื่อมโยงข้อมูล เหตุการณ์ ที่มีความสัมพันธ์แบบเหตุและผลในทางวิทยาศาสตร์โดยอาศัยการทดลองและการอ้างอิง (Relating cause and effect)

5.3.1.5 ความสามารถในการสรุปหลักการ หมายถึง ความสามารถในการระบุบ่งชี้ ลักษณะร่วมจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้า ทดลอง และจากแบบจำลอง (Making generalization)

5.3.1.6 ความสามารถในการตัดสิน หมายถึง บงชี้ถูก-ผิด ดี-ไม่ดี เหมาะสม-ไม่เหมาะสม ภายใต้ข้อมูลที่มีอยู่และสามารถระบุเกณฑ์ที่ใช้ได้ (Making judgment)

ประเมินจากจากการทดสอบก่อนเรียน ระหว่างเรียนรู้ทุกๆ 3 ชั่วโมง จำนวน 7 ครั้ง และการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบเขียนตอบ

6.ประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ระดับอุดมศึกษาหลังการเรียนรู้ด้วยโมดูลของผู้เรียนในขั้นหาประสิทธิภาพ

7. คะแนนจุดตัด หมายถึง คะแนนที่ใช้สำหรับเป็นเกณฑ์ในการนำผลการทดสอบของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ไปเปรียบเทียบว่านักเรียนมีคะแนนสูงหรือต่ำกว่าคะแนนจุดตัด ถ้าคะแนนผลการทดสอบสูงกว่าคะแนนจุดตัด แสดงว่านักเรียนมีความรอบรู้ (Master) การหาคะแนนจุดตัดใช้วิธีของเบอร์ก

กรอบแนวคิดการวิจัย

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นลักษณะการสะสมความรู้ที่เปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อเท็จจริง มโนมติ หลักการ กฎ สมมติฐาน และทฤษฎี ความรู้เหล่านี้มักจะเป็นผลของการแก้ปัญหา วิธีการที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นคว้าหาคำตอบของปัญหาและทำให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์

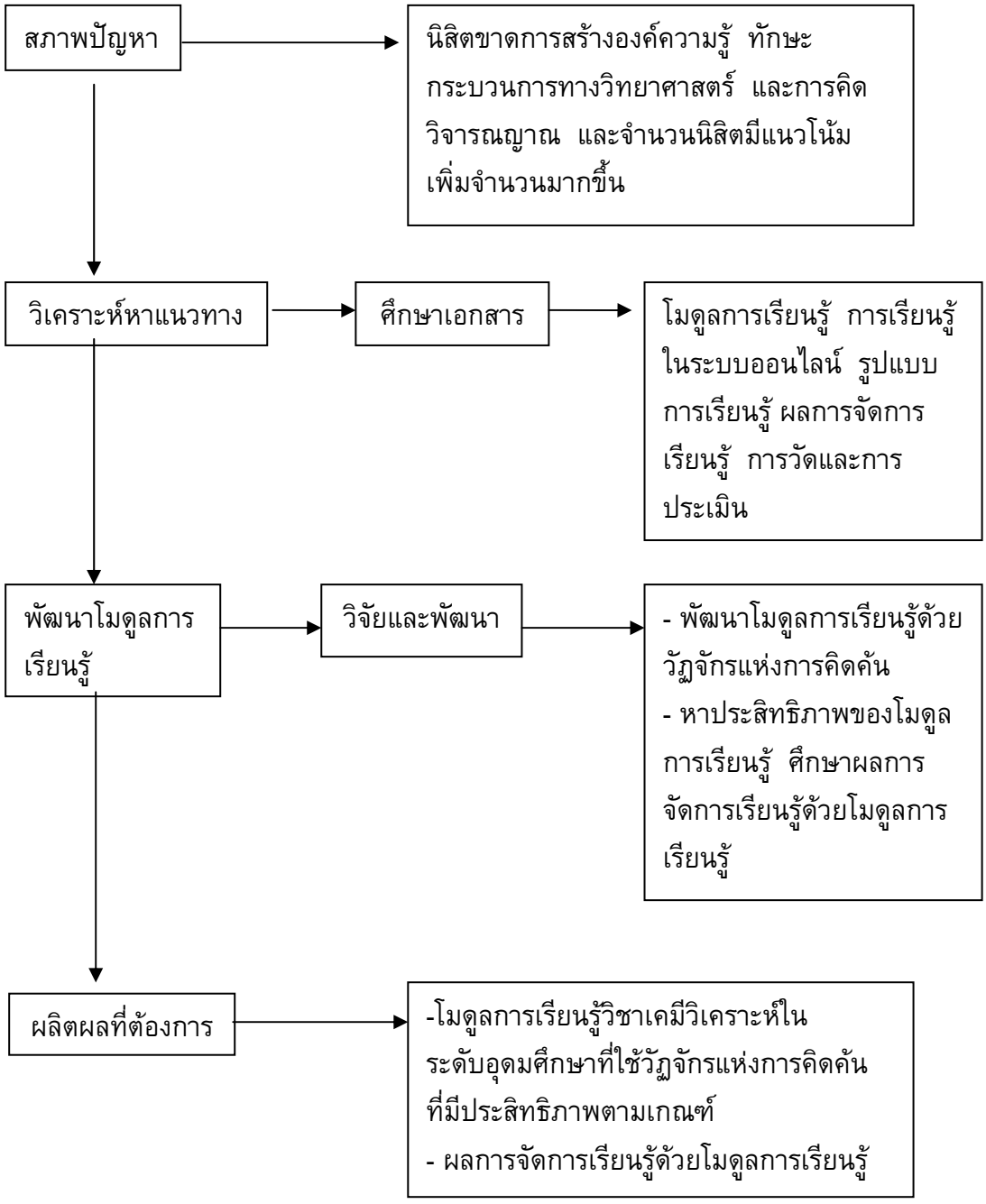
การคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหา (Problem solving) คือ การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นทักษะสำคัญของการแก้ปัญหา และการแก้ปัญหาส่วนใหญ่ต้องใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

แสดงว่าการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ต้องใช้ทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เมื่อใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณย่อมเป็นการส่งเสริมให้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มมากขึ้น

จากแนวคิดข้างต้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ ที่เรียกว่า วัฏจักรแห่งการคิดค้น ซึ่งเป็นกระบวนการที่จัดให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาต่าง ๆอย่างเป็นระบบด้วยองค์ความรู้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผ่านโมดูลการเรียนรู้และเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่อยู่บนหลักการพื้นฐานของกระบวนการแก้ปัญหา (Problem solving process) และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry cycle) การที่ผู้เรียนจะได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาด้วยตนเองทำให้เข้าใจกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเป็นกระบวนการสร้างองค์ความรู้ให้เกิดขึ้นจากตัวผู้เรียนเอง ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง พร้อมทั้งเกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่อผลิตผล และประสิทธิผลของการสำรวจค้นหา (Exploration) ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและนำเสนอความเข้าใจ ความรู้ และความคิดที่เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนผ่านการสื่อสาร การอภิปราย รวมทั้งการวิพากษ์วิจารณ์อย่างมีเหตุผล

ดังนั้นโมดูลการเรียนรู้ วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาที่เรียนรู้ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น จึงน่าจะเป็นกระบวนการที่ส่งเสริมองค์ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อมกัน

กรอบแนวคิดในการพัฒนาโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

1. โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น มีประสิทธิภาพสูงกว่าคะแนนจุดตัด

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาของผู้เรียนด้วยโมดูลการเรียนรู้หลังเรียนเพิ่มขึ้นและสูงกว่าคะแนนจุดตัด

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนด้วยโมดูลการเรียนรู้หลังเรียนเพิ่มขึ้นและสูงกว่าคะแนนจุดตัด

4. ความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนด้วยโมดูลการเรียนรู้หลังเรียนเพิ่มขึ้นและสูงกว่าคะแนนจุดตัด

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมดูลการเรียนรู้
2. เอกสารและงานวิจัยทีเกี่ยวข้องกับการเรียนในระบบออนไลน์
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอน
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการจัดการเรียนรู้
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์
6. เอกสารเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดและการประเมินผล

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมดูลการเรียนรู้

1.1 ความหมายของโมดูลการเรียนรู้

ลอเร็นซ์ (Lawrence. 1973: 10) กล่าวว่า โมดูลการเรียนรู้ไม่ใช่ตำราเรียนหรือสมุดแบบฝึกหัดและอื่นๆ แต่โมดูลคือหน่วยงานการสอนที่มีเนื้อหาจบในตัวเอง สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เองมากกว่าเรียนรู้จากครู ซึ่งประกอบด้วยสื่อการเรียนและกระบวนการเพื่อที่จะใช้ถ่ายทอดเรื่องราวอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยมีส่วนประกอบ ได้แก่ วัตถุประสงค์ กิจกรรมการเรียน และการประเมินผล ตามปกติมักนิยมใช้ในลักษณะที่เป็นเอกสารการพิมพ์หรือทำเป็นหนังสือเล่มเล็กๆ วิชัย วงษ์ใหญ่ กล่าวว่า โมดูลการเรียนรู้ หมายถึง กิจกรรมการเรียนที่จัดขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และแสดงถึงสมรรถภาพที่จะเป็นครูในการฝึกสมรรถภาพเป็นครูอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายๆ อย่างก็ได้ รูปแบบของโมดูลนั้นจะเป็นบทเรียนหรือหน่วยใดหน่วยหนึ่งที่สำเร็จในตัวเอง สร้างขึ้นมาเพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาโดยมีวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้แน่นอนและชัดเจน โมดูลหนึ่งๆ ประกอบด้วยสื่อการเรียนต่างๆ ที่จำเป็น ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้รู้และแสดงสมรรถภาพได้ตามที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์ของโมดูลนั้นๆ (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2525: 121) ชมพันธุ์ กุญชร ณ อยุธยา ได้กล่าวว่า โมดูลการเรียนรู้หรือหน่วยการสอน (Instructional Module) เป็นนวัตกรรมทางการศึกษาชนิดหนึ่งที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีสมรรถภาพหรือทักษะเฉพาะอย่างตามที่กำหนดไว้ เป็นเครื่องมือที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน เนื่องจากหน่วยการสอนเป็นการจัดการเรียนการสอนเพื่อสนองตอบความต้องการ ความถนัด ความสนใจ และความแตกต่างของผู้เรียน มีจุดศูนย์รวมที่ความต้องการของผู้เรียนมิใช่ผู้สอน และหน่วยการสอนให้ความสำคัญแก่จุดมุ่งหมายมากกว่ากิจกรรมการเรียน(ชมพันธุ์ กุญชร ณ อยุธยา. 2528: 62)

1.2 ลักษณะของโมดูลการเรียนรู้

ลักษณะสำคัญของโมดูลการเรียนรู้ ฮุสตัน (Houston. 1972: 47) ได้กล่าวถึงลักษณะของโมดูลการเรียนรู้ไว้ 6 ประการคือ

1. การเริ่มต้นการสร้างโปรแกรมการเรียนในส่วนย่อยหรือในรายวิชา จำเป็นต้องพิจารณาโปรแกรมใหญ่ทั้งหมดเสียก่อน ในทางปฏิบัติที่ผ่านมานั้นผู้สอนมักจะไม่ค่อยคำนึงถึงโครงการใหญ่มากนัก มักสอนตามที่เห็นว่าสมควร ประสบการณ์การเรียนจึงไม่สอดคล้องสัมพันธ์กัน ทำให้เกิดช่องว่างและเนื้อหาซ้ำซ้อน

2. เน้นตัวผู้เรียนมากกว่าผู้สอน โดยถือเอาความต้องการของผู้เรียนเป็นเครื่องกำหนดสิ่งที่จะเรียนไม่ใช่ถือเอาความรู้ของครูและอุปกรณ์ต่างๆ เป็นเครื่องกำหนดเนื้อหาเช่นแต่ก่อน การใช้บทเรียนโมดูลจะทำให้ผู้สอนมองเห็นว่าการสอนโดยใช้การบรรยายนั้นมีความสำคัญน้อยลง

3. เน้นจุดประสงค์เป็นเบื้องต้นไม่ใช่เน้นที่กิจกรรมการเรียน จุดประสงค์จึงต้องบ่งไว้ชัดเจนเป็นประการแรก ส่วนกิจกรรมการเรียนเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์จึงตามมา การเรียนการสอนที่เน้นจุดประสงค์ที่ชัดเจนดังกล่าวจะช่วยขจัดปัญหาอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการเรียนการสอนออกไปได้

4. การเรียนเป็นแบบรายบุคคล (Individualized) และเป็นส่วนตัว (Personalized) การเรียนเป็นรายบุคคลในแง่ที่ว่าผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ช้าหรือเร็วตามความสามารถของตนและการเรียนนั้นเน้นเรื่องส่วนตัวในแง่ที่ว่าผู้เรียนแต่ละคนอาจมุ่งไปสู่เป้าประสงค์และจุดประสงค์ของการเรียนรู้ได้หลายอย่างต่างกัน การเรียนการสอนโดยทั่วไปนั้นเป็นการเปรียบเทียบทางการเรียนระหว่างผู้เรียนด้วยกัน ส่วนการเรียนโดยใช้โมดูลการเรียนรู้เป็นการเปรียบเทียบการเรียนกับจุดประสงค์ที่ได้วางไว้ล่วงหน้าเท่านั้น

5. โมดูลการเรียนรู้รวมวิธีสอนแบบต่างๆ ไว้หลายอย่างโดยไม่จำกัดว่าครูจะต้องใช้วิธีสอนแบบใดโดยเฉพาะ เทคนิคบางอย่าง เช่น การอภิปรายกลุ่มย่อยอาจมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนทัศนคติและสร้างกลุ่มสัมพันธ์ วิธีอื่นอาจรวมการแนะนำเป็นรายบุคคล การฝึกงานหรือการใช้โสตทัศนูปกรณ์ต่างๆ การใช้โมดูลการเรียนรู้ไม่ได้หมายความว่าจะทำให้การสอนเป็นเครื่องจักรเพียงแต่ใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือของโมดูลเท่านั้น

6. เน้นกระบวนการ (Process) ไม่ใช่ผลขั้นสุดท้าย (Product) กล่าวคือ การสร้างโมดูลการเรียนรู้จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาอยู่เป็นระยะถ้าผลการใช้หรือการทดสอบแสดงว่ายังมีข้อบกพร่องก็ต้องนำมาปรับปรุงแก้ไข

1.3 รูปแบบของโมดูลการเรียนรู้

ชมพันธุ์ กุญชร ณ อยุธยา (ชมพันธุ์ กุญชร ณ อยุธยา. 2528: 63) ได้เสนอรูปแบบของโมดูลการเรียนรู้ซึ่งอาศัยแนวของ เอเรนด์ แมสสา และเวเบอร์ (Arends, Masla and Weber) ประกอบด้วยองค์ประกอบ 7 ประการ คือ

1. หลักการและเหตุผล (Rationale) หลักการและเหตุผลเป็นคำอธิบายหรือคำชี้แจงเกี่ยวกับโมดูลการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น โดยเน้นให้เห็นความสำคัญของสองประการ คือ

1.1 อธิบายวัตถุประสงค์และความสำคัญของโมดูลการเรียนรู้ โดยการอ้างอิงถึงทฤษฎีข้อมูลที่เป็นจริง และหรือการปฏิบัติ

1.2 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลและจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนกับหลักสูตรทั้งหมด

ดังนั้นหลักการและเหตุผลจะช่วยอธิบายถึงความสำคัญของสมรรถภาพที่ต้องการจะฝึกในโมดูลและช่วยให้ผู้เรียนได้เข้าใจอย่างถ่องแท้ถึงความคาดหวังของหลักสูตรทั้งหมด พร้อมทั้งช่วยให้ผู้เรียนได้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพในโมดูลที่กำลังเรียนกับสมรรถภาพในโมดูลอื่นๆ ที่เขาจะต้องแสดงความสามารถก่อนที่จะจบหลักสูตร การจัดโมดูลตามบทบาทและหน้าที่ของผู้เรียนและสอดคล้องกับหลักสูตรส่วนรวมนั้นช่วยให้ผู้สร้างหลักสูตรได้มองเห็นหลักสูตรทั้งระบบมิใช่แต่เพียงบางส่วนเท่านั้น

2. จุดมุ่งหมาย จุดมุ่งหมายในโมดูลทำหน้าที่สำคัญสองประการ คือ

2.1 ช่วยเป็นสื่อที่เชื่อมโยงจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ความคาดหวังและวิธีการสอนต่างๆ ให้ผู้เรียนและผู้สอนได้ทราบ

2.2 ช่วยให้ผู้สอนได้วางแผนและประเมินผลจุดมุ่งหมาย วิธีการสอนและผลการสอนของตน

ดังนั้นจุดมุ่งหมายจึงเป็นส่วนที่ช่วยวางโครงสร้างของโมดูล นอกจากจะช่วยระบุสมรรถภาพที่ผู้เรียนจะต้องแสดงออกแล้ว จุดมุ่งหมายยังช่วยเสนอแนะกิจกรรมการเรียนซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้บรรลุถึงสมรรถภาพที่ระบุไว้

จำนวนของจุดมุ่งหมายในแต่ละโมดูอาจแตกต่างกัน โมดูลบางหน่วยอาจมีจุดมุ่งหมายเพียงข้อเดียว แต่บางหน่วยอาจจะระบุจุดมุ่งหมายไว้หลายข้อ จุดมุ่งหมายทุกข้อจะต้องเขียนไว้อย่างชัดเจนไม่กำกวม โดยจะต้องระบุว่าผู้เรียนจะต้องสามารถทำอะไรได้บ้างเมื่อเรียนจบโมดูลนี้แล้ว จุดมุ่งหมายแต่ละข้อจะเป็นแนวทางให้ผู้เรียนทราบว่าเขาจะดำเนินการเรียนอย่างไรในการศึกษาโมดูลนั้น

3. ความรู้พื้นฐาน ความรู้พื้นฐานแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ

3.1 สมรรถภาพพื้นฐานทั่วไปที่จำเป็นก่อนเริ่มต้นเรียนโมดูลการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น

3.2 สมรรถภาพเฉพาะ ซึ่งได้เรียนมาแล้วในโมดูลก่อนๆ และจำเป็นที่จะต้องมีความรู้ก่อนเริ่มเรียนโมดูลที่สร้างขึ้นนี้

โดยทั่วไปผู้สร้างหลักสูตรควรพยายามจัดให้มีวิชาหรือความรู้พื้นฐานที่ต้องเรียนก่อนให้น้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อสะดวกในการยืดหยุ่นโปรแกรมการเรียน นอกจากนี้การสร้างแบบประเมินผลก่อนการเรียนควรให้ครอบคลุมถึงความรู้พื้นฐานที่จำเป็นด้วย

เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้เรียน ความรู้พื้นฐานควรจะประกอบด้วย ข้อความที่แสดงว่าโมดูลที่สร้างขึ้นนี้ผู้เรียนควรจะต้องมีความรู้พื้นฐาน ข้อความที่ระบุสมรรถภาพซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนโมดูลนี้ และแหล่งอ้างอิงสำหรับศึกษาเกี่ยวกับสมรรถภาพพื้นฐานที่ระบุไว้

4. การประเมินผลก่อนการเรียน การประเมินผลก่อนการเรียนมีวัตถุประสงค์ 3 ประการ คือ

4.1 เพื่อดูว่าผู้เรียนสามารถแสดงสมรรถภาพพื้นฐานก่อนที่จะเรียนในบทเรียนสมดุลที่สร้างขึ้นได้หรือไม่ หรือควรจะต้องฝึกสมรรถภาพพื้นฐานนั้นก่อนเริ่มเรียน

4.2 เพื่อดูว่าผู้เรียนมีความรู้ความสามารถในสมรรถภาพทั้งหมดที่ระบุไว้ในจุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้ที่กำลังจะเรียนแล้วหรือไม่ หรือควรจะต้องร่วมในกิจกรรมการเรียนต่างๆ เพื่อให้บรรจุถึงจุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้นั้น

4.3 เพื่อดูว่าผู้เรียนมีความรู้ความสามารถในบางส่วนของสมรรถภาพที่ระบุในโมดูลที่กำลังจะเรียนแล้วหรือไม่ ถ้ามีบ้างแล้วผู้เรียนอาจจะร่วมในกิจกรรมการเรียนเพียงบางกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ยังไม่ได้เรียนรู้เท่านั้น

ด้วยเหตุนี้การประเมินผลต่อการเรียนจึงเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้ความสามารถในสมรรถภาพที่ระบุไว้ในโมดูลก่อนเริ่มการสอน ทั้งนี้หมายความว่าการประเมินผลก่อนการเรียนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดสอบความสามารถของตนตามจุดมุ่งหมายบางส่วนหรือทั้งหมด นอกจากนี้การประเมินผลก่อนการเรียนยังช่วยชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนอาจจะยังไม่พร้อมที่จะเรียนในโมดูลนี้ เนื่องจากขาดสมรรถภาพที่เป็นพื้นฐานเบื้องต้น ดังนั้นการประเมินผลก่อนการเรียนควรจะมีลักษณะดังนี้

1) เป็นการทดสอบที่ผู้เรียนอาจจะเลือกบางส่วนหรือไม่ทำเลยก็ได้

2) ประเมินผลเฉพาะสมรรถภาพที่ระบุไว้ในจุดมุ่งหมายหรือที่ระบุไว้เป็นพื้นฐานก่อนการเรียนโมดูลนั้น ช่วยในการวินิจฉัยโดยการใช้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อแนะแนวทางให้ผู้เรียนได้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายที่ระบุไว้

3) การประเมินผลก่อนการเรียนจะต้องเป็นจริงและมีเหตุผล โดยคำนึงถึงเวลาทั้งของผู้สอนและผู้เรียน

จากการประเมินผลก่อนการเรียนอาจจะทำได้โดยให้ผู้เรียนแสดงสมรรถภาพโดยการทดสอบข้อเขียนหรือปากเปล่า หรือการทดสอบอย่างอื่น ทั้งชนิดที่เป็นทางการและไม่เป็นทางการ ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งแบบปรนัยและไม่เป็นปรนัยทั้งหมด การอภิปรายระหว่างผู้สอนและผู้เรียน การถามคำถามเพื่อให้ทราบถึงความสนใจและความต้องการของผู้เรียน และการสังเกตปฏิกิริยาของผู้เรียน ก็อาจใช้เป็นวิธีการประเมินผลก่อนการเรียนที่ประสิทธิภาพได้ การประเมินผลก่อนการเรียนนี้ไม่จำกัดในวิธีใดวิธีหนึ่งเท่านั้น

5. กิจกรรมการเรียน กิจกรรมกาiเรียนหมายถึงงานที่จะให้ผู้เรียนทำเพื่อช่วยให้เรียนรู้และบรรลุถึงจุดมุ่งหมายที่ระบุไว้ กิจกรรมการเรียนควรมีลักษณะดังนี้

5.1 กิจกรรมการเรียนควรช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความสามารถของตนเอง

5.2 ถ้าเป็นไม่ได้ กิจกรรมการเรียนควรจัดให้เป็นการเรียนเฉพาะบุคคลทั้งนี้หมายความว่ากิจกรมการเรียนควรจะได้สนองความต้องการ ความสามารถ เจตคติ ความพร้อมและวิธีการของผู้เรียนแต่ละคน

5.3 กิจกรรมการเรียนที่จัดขึ้นควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติตามจุดมุ่งหมายที่ระบุไว้ ผู้สร้างโมดูลควรตระหนักอยู่เสมอว่า ผู้เรียนจะต้องรับผิดชอบในการแสดงความสามารถตามสมรรถภาพที่ระบุไว้มิใช่เพียงแต่การเรียนรู้เท่านั้น ดังนั้นกิจกรรมการเรียนจึงควรจัดให้มีทางเลือกหลายๆ ทาง เพื่อให้ผู้เรียนได้เลือกเรียนตามความสามารถของตนเพื่อบรรลุถึงจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ก็ได้ หลักการสำคัญก็คือ จุดเน้นจะต้องอยู่ที่การให้ผู้เรียนได้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายมิใช่อยู่ที่การเรียนกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งโดยเพาะด้วยเหตุนี้กิจกรรมการเรียนจึงควรจัดให้มีกิจกรรมการเรียนหลายๆ อย่าง เพื่อให้ผู้เรียนได้เลือกเรียน รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เสนอกิจกรรมของตนเองด้วย กิจกรรมการเรียนต่างๆ ที่จัดขึ้น ควรจะเป็นแนวทางที่จะนำไปสู่จุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ จัดทำแผนภูมิหรือคำอธิบายของการจัดลำดับกิจกรรมที่จะต้องเรียน ถ้าหากจุดมุ่งหมายหรือกิจกรรมการเรียนมีลักษณะต่อเนื่องกันและควรจัดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติเท่าเทียมกันในการที่จะบรรลุถึงจุดมุ่งหมายแต่ละข้อ

6. การประเมินผลหลังการเรียน วิธีการประเมินผลหลังการเรียนอาจแตกต่างกันได้หลายอย่าง เช่นเดียวกับการประเมินผลก่อนการเรียนสิ่งสำคัญก็คือจะต้องมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของโมดูล การที่ผู้เรียนจะเรียนจบโมดูลได้นั้นขึ้นอยู่กับการแสดงสมรรถภาพถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในการประเมินผลหลังการเรียน การประเมินผลหลังการเรียนจัดขึ้นเพื่อวัดในเรื่องต่างๆ ดังนี้

เพื่อพิจารณาว่าผู้เรียนสามารถแสดงสมรรถภาพที่ระบุไว้ในจุดมุ่งหมายได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ หรือว่าจำเป็นจะต้องจัดกิจกรรมซ่อมเสริมให้เรียนใหม่ และกิจกรรมนั้นควรจะเป็นกิจกรรมที่จัดขึ้นใหม่

6.2 ถ้าผู้เรียนไม่สามารถแสดงสมรรถภาพตามที่ระบุไว้ ข้อบกพร่องนี้อยู่ที่

6.2.1 ผู้เรียนไม่มีความสามารถ แรงจูงใจ หรือความพยายาม

6.2.2 การสอนไม่เหมาะสมหรือไม่มีประสิทธิภาพ

6.2.3 จุดมุ่งหมายคาดหวังผลที่ไม่เป็นจริง

การประเมินผลหลังการเรียนมุ่งหมายที่จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงคามสามารถว่าได้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ นอกจากนี้การประเมินผลหลักการเรียนยังช่วยชี้ให้เห็นถึงข้อบกพร่องในการเรียนการสอน และช่วยชี้แนวทางที่จะแก้ไขด้วย ข้อมูลที่ได้จากการประเมินผลการเรียนจะเป็นประโยชน์ในการแสดงถึงพัฒนาการทางการเรียนของผู้เรียนและประสิทธิภาพของโมดูล ดังนั้นการประเมินผลหลังการเรียนจึงควรมีลักษณะดังนี้ประเมินผล

สมรรถภาพที่ระบุไว้ในจุดมุ่งหมายด้วยวิธีการที่เชื่อถือได้ ประเมินผลเฉพาะสมรรถภาพที่ระบุไว้ในจุดมุ่งหมายหรือที่ระบุไว้เป็นสมรรถภาพพื้นฐานก่อนเริ่มโมดูลนั้น การประเมินผลหลังการเรียนควรจัดทำทั้งในระหว่างเรียน (Formative Evaluation) และหลักการเรียน (Summative Evaluation) การประเมินผลหลังการเรียนจะต้องเป็นจริงและมีเหตุผล โดยคำนึงถึงเวลาทั้งของผู้สอนและผู้เรียน

7. การเรียนซ่อมเสริม อาจกำหนดไว้ในโมดูลหรือไม่ก็ได้ การเรียนซ่อมเสริมเป็นกิจกรรมการเรียนที่จะช่วยเหลือผู้เรียนที่ไม่สามารถแสดงสมรรถภาพตามที่ระบุไว้ภายหลังการประเมินผลหลังการเรียน การเรียนซ่อมเสริมก็เพื่อช่วยเหลือมิใช่ลงโทษ และเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บรรลุผลสำเร็จ โดยทั่วไปกิจกรรมการเรียนซ่อมเสริมนี้ผู้สอนและผู้เรียนจะกำหนดร่วมกันโดยพิจารณาจากความสามารถในการปฏิบัติงานของผู้เรียนที่สัมพันธ์กับการประเมินผลหลังการเรียน แล้วช่วยกันตัดสินใจว่าควรจะใช้วิธีสอนอย่างใดจึงจะเป็นประโยชน์และได้ผลที่สุด

1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เฮิร์สท์ (Hurst. 1973: 1752-A) ได้ทดสอบสืบสวนสอบสวน (Probing – inquiry) กับครูประถมศึกษาโดยใช้โมดูลการเรียนรู้กับการเรียนเป็นรายบุคคลและการเรียนเป็นกลุ่ม โดยแบ่งกลุ่มทดลองเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เรียนเป็นรายบุคคลใช้เวลาในการเรียนน้อยกว่ากลุ่มที่เรียนเป็นกลุ่มแต่ละคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนของทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในปีเดียวกัน ทูโด (Todo. 1973: 4078 – A) ได้ศึกษาผลการใช้โมดูลการเรียนรู้ในระดับมหาวิทยาลัย (The College Level) พบว่ามีนักศึกษาที่เรียนจากโมดูลการเรียนรู้มีความสามารถตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งต่างกับนักศึกษาที่เรียนมาจากการสอนแบบเดิมที่ใช้อยู่ในมหาวิทยาลัย ทูโดแนะนำว่า ควรนำโมดูลการเรียนรู้ไปใช้กับการสอนในระดับอื่นๆ ต่อไปและในปี 1975 บรอเล่ย์ (Brawley. 1975: 4280-A) ได้ทำการทดลองหาประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้สื่อผสม (Multimedia Instructional Modules) ที่ใช้สอนเรื่องการบอเวลาสำหรับเด็กเรียนช้าโดยสร้างบทเรียนชั้น 12 หน่วยบทเรียนและใช้เวลาสอน 15 วัน ผลปรากฏว่ากลุ่มนักเรียนที่เรียนจากโมดูลการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่เรียนจากการสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทาสถิติที่ระดับ .01 สมาคมการสอบอ่านสากล (International Reading Teaching Association) เป็นผู้ตรวจสอบและให้คำแนะนำมาเป็นข้อมูลในการพัฒนาหน่วยการเรียนการสอนขั้นสุดท้ายนำหน่วยการเรียนการสอนนี้ไปทดลองกับครูและผู้บริหารโรงเรียนประถมศึกษาเขตเมืองคาร์นส์ (Karns) 20 คน ซึ่งอาสาสมัครมาฝึกสมรรถภาพการอ่านโดยการใช้หน่วยการเรียนการสอน ผลปรากฏว่าหน่วยการเรียนการสอนสามารถทำให้ครูประจำการมีสมรรถภาพในการอ่านสูงขึ้นมาก และทุกคนชอบที่จะได้รับการบริการแบบนี้มากกว่าการบริการแบบเดิม

บรุคเกอร์ (Brucker. 1977: 4294-A) ได้สร้างหน่วยการเรียนการสอนวิชาการใช้ภาษาเรื่อง การสร้างสรรค์ (Creativity) การเขียนแบบสร้างสรรค์ (Creative Writing) การฟัง

การคัดลายมือ และการเขียนตัวสะกด เพื่อนำไปใช้กับนักศึกษาครู 37 คน ที่มหาวิทยาลัยแห่งรัฐอริโซนา ในภาคเรียนฤดูใบไม้ผลิปี 1976 แล้วนำข้อมูลย้อนกลับมาเพื่อพัฒนาหน่วยการเรียนการสอนที่ได้ จากนักศึกษาที่ตอบแบบสอบถามชนิดที่ไม่เป็นมาตรฐาน (Non – standardized questionnaire) และการอภิปรายแบบไม่เป็นทางการ (Informal Discussion) มาวิเคราะห์โดยไม่ใช้ระเบียบวิธีการทางสถิติ (Non – statistical Procedure) เพื่อนำมาปรับปรุงหน่วยการเรียน การสอน ผลการทดลองสรุปได้ว่า หน่วยการสอนเป็นเครื่องมือที่ทำให้นักศึกษาครูประสบผลสำเร็จในการเรียนรู้ทั้งในด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติอย่างพอเพียงและมีความสามารถในการเขียนแบบสร้างสรรค์ การฟัง การคัดลายมือ และการเขียนตัวสะกดได้ดีมาก

ไพรัตน์ หลวงแนม (ไพรัตน์ หลวงแนม. 2532: บทคัดย่อ) ได้สร้างโมดูลการเรียนรู้เรื่องการแกะสลักลายนูนสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงของสถาบันราชมงคลพบว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 และเกิดประโยชน์ในแง่การลดบทบาทของผู้สอนและสนับสนุนทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคล สำหรับการใช้โมดูลการเรียนรู้ในการสอนวิทยาศาสตร์นั้น มีผู้ที่ทำการวิจัยดังนี้ สุมาลี ทองศรีกิติกูล (สุมาลี ทองศรีกิติกูล. 2521: บทคัดย่อ) ได้เปรียบเทียบผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการเปลี่ยนแปลง พบว่ากลุ่มที่เรียนด้วยโมดูลการเรียนรู้ มีผลสัมฤทธิ์สูงและจิตวิทยาศาสตร์กว่ากลุ่มที่เรียนปกติ และนิยม ทองอุดม (นิยม ทองอุดม. 2520: 20) ได้ใช้โมดูลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องบรรยากาศ ในชั้นมัธยมปีที่ 1 เปรียบเทียบกับการสอนปกติ พบว่ากลุ่มที่เรียนด้วยโมดูลการเรียนรู้ มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนปกติ

จากการวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ สรุปได้ว่าเป็นสองแนวคือเป็นการเปรียบเทียบการสอนโดยการใช้โมดูลการเรียนรู้กับการสอนปกติ ซึ่งพบว่าโมดูลการเรียนรู้สมารถให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ทัดเทียมกับการสอนด้วยครูและผู้เรียนก็เกิดเจตคติที่ดีต่อโมดูลการเรียนรู้อีกด้วย สามารถใช้ได้กับหลายวิธีและทุกระดับการศึกษา ส่วนอีกแนวหนึ่งเป็นการสร้างและหาประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น ซึ่งพบว่าโมดูลการเรียนรู้ที่สร้างมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดจึงนับได้ว่าโมดูลการเรียนรู้เป็นวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษาที่มีค่ายิ่งมีแนวโน้มที่จะถูกนำมาใช้ในการเรียนการสอนมากขึ้น

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนในระบบออนไลน์

2.1 ความหมายของการเรียนในระบบออนไลน์ (e – Learning)

โปรดปราน พิตรสาธร (โปรดปราน พิตรสาธร. 2545: 2) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ในระบบออนไลน์ คือ การเรียนรู้ในรูปแบบใหม่ที่ใช้อินเทอร์เน็ตเป็นสื่อระหว่างผู้เรียนและผู้สอน

ถนอมพร เลาหจรัสแสง (ถนอมพร เลาหจรัสแสง. 2541: 32) ได้ให้คำจำกัดความการเรียนรู้ในระบบออนไลน์ ไว้ 2 ลักษณะคือลักษณะแรก หมายถึง การเรียนเนื้อหา หรือสารสนเทศสำหรับการสอน หรือการอบรม ซึ่งใช้การนำเสนอตัวอักษร ภาพนิ่ง ผสมผสานกับการใช้ภาพเคลื่อนไหว เสียง โดยอาศัยเทคโนโลยีของเว็บ (Web Technology) ในการถ่ายทอดเนื้อหา รวมทั้งใช้เทคโนโลยีการจัดการคอร์ส (Course Management System) ในการบริหารจัดการ ลักษณะที่สอง หมายถึง การเรียนในลักษณะใดก็ได้ ซึ่งให้การถ่ายทอดเนื้อหาผ่านทางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ เครือข่ายอินเทอร์เน็ต อินทราเน็ต หรือสัญญาฯ โทรทัศน์สัญญาณดาวเทียม

ดรุณรัตน์ พึ่งตน (ดรุณรัตน์ พึ่งตน. 2545: 17) กล่าวว่า การเรียนรู้ในระบบออนไลน์เป็นระบบการศึกษาที่ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นหลัก จัดเป็นอีกหนทางหนึ่งของการพัฒนาคนด้านการสร้าง การเรียนการสอนออนไลน์ ผู้เรียนเลือกเรียนอะไรก็ได้ เรียนเวลาใดก็ได้ตามความเหมาะสมและความต้องการของผู้เรียน เป็นการเรียนรู้ที่มีความอิสระและคล่องตัว

ศุภชัย สุขะนินทร์ (ศุภชัย สุขะนินทร์. 2545: 19) กล่าวว่า การเรียนรู้ในระบบออนไลน์หมายถึงการเรียนทางไกล เป็นการเรียนที่ใช้เทคโนโลยีต่างๆ ที่มีบนโลกมาใช้เรียนผ่านทางคอมพิวเตอร์โดยอาศัยเครือข่ายของอินเทอร์เน็ตมาช่วย ดังนั้นจึงเป็นการศึกษาที่ไร้ขอบเขต สามารถที่จะทำกิจกรรมบนห้องเรียนระบบออนไลน์ได้ และจะเป็นที่นิยมเพราะไม่มีข้อจำกัดเรื่องเวลา ระยะทาง และสถานที่ในการเรียนการสอน นอกจากนั้นยังสามารถตอบสนองต่อศักยภาพและความสามารถของผู้เรียนได้ดีอีกด้วย

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. 2544: 7) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ในระบบออนไลน์ว่า เป็นการเรียนการสอนผ่านทางคอมพิวเตอร์และเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การศึกษาที่นิยมกันมากในขณะนี้คือ Web Base Learning การเรียนแบบนี้ผู้เรียนสามารถเรียนที่ไหนก็ได้เวลาใดก็ได้ไม่มีข้อจำกัด

สุรสิทธิ์ วรรณไกรโรจน์ ผู้อำนวยการโครงการการเรียนรู้แบบออนไลน์แห่ง สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (http://www.thai2learn.com) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ในระบบออนไลน์ หรือ e – Learning คือ การศึกษา เรียนรู้ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์อินเทอร์เน็ต หรือ อินทราเน็ต เป็นการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนจะได้เรียนตามความสนใจของตน โดยเนื้อหาของบทเรียนซึ่งประกอบด้วย ข้อความ รูปภาพ เสียง วิดีโอและมัลติมีเดียอื่นๆ จะถูกส่งไปยังผู้เรียนผ่าน Web Browser โดยผู้เรียน ผู้สอน และเพื่อนร่วมเรียนสามารถติดต่อปรึกษา แลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกันได้เช่นเดียวกับการเรียนในชั้นเรียนปกติ โดยอาศัยเครื่องการติดต่อสื่อสารที่ทันสมัย (e-mail, web – board, chat) จึงเป็นการเรียนได้ทุกเวลา และทุกสถานที่ (Learn for all : anyone, anywhere and anytime)

จากความหมายของการเรียนในระบบออนไลน์ ที่กล่าวมานี้ พอจะสรุปได้ว่า การเรียนในระบบออนไลน์ หมายถึง การเรียนการสอนรูปแบบใหม่ ที่อาศัยเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์และ

เครือข่ายของอินเทอร์เน็ตมาเชื่อมโยง เป็นสื่อระหว่างผู้เรียนและผู้สอน

ถนอมพร เลาหจรัสแสง (ถนอมพร เลาหจรัสแสง. 2545: 7 - 10) สรุปให้เห็นความคล้ายคลึงและความแตกต่างของคำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง ได้ดังนี้

1. การเรียนการสอนระบบออนไลน์ หรือ e - Learning กับ คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) e -Learning และ CAI ต่างก็สามารถนำเสนอเนื้อหาบทเรียนในรูปแบบสื่อมัลติมีเดียทางคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้รูปแบบการเรียนทั้งสองยังถือเป็นสื่อรายบุคคล ซึ่งมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีโอกาสอ่านและทำความเข้าใจเนื้อหาตามความสามารถของตน สามารถที่จะทบทวนเนื้อหาตามความพอใจหรือจนกว่าจะเข้าใจ สำหรับการโต้ตอบกับบทเรียนและการให้ผลป้องกลับนั้น CAI ออกแบบให้ผู้เรียนสามารถโต้ตอบกับบทเรียนได้อย่างมีความหมายและจัดให้มีผลป้อนกลับโดยทันทีจากการทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ ส่วนการโต้ตอบของ e - Learning นอกจากจะสามารถโต้ตอบกับบทเรียนแล้วยังสามารถโต้ตอบกับผู้สอนและผู้เรียนอื่นๆ ได้อย่างสะดวกผ่านทางระบบออนไลน์ ซึ่งเป็นข้อแตกต่างสำคัญระหว่าง e - Learning กับ CAI โดย e -Learning จะใช้เว็บเทคโนโลยีและการติดต่อในระบบออนไลน์ ในขณะที่ CAI เป็นลักษณะของการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนแบบไม่มีการเชื่อมต่อกับเครือข่าย (Stand - Alone)

2. การเรียนการสอนระบบออนไลน์ (e - Learning) กับการเรียนการสอนบนเว็บ (WBI) ทั้ง e - Learning และ WBI ต่างก็เป็นผลจากการผสมผสานระหว่างเว็บเทคโนโลยีกับกระบวนการออกแบบการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนรู้และแก้ปัญหาในเรื่องข้อจำกัดทางด้านสถานที่และเวลาในการเรียน มีการนำเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการรายวิชา (Course Management System) มาใช้เพื่อช่วยในการเตรียมเนื้อหาและจัดการกับการสอนในด้านการจัดการอื่นๆ เช่น ในเรื่องคำแนะนำการเรียน การประกาศต่างๆ ประมวลต่างๆ ประมวลรายวิชา รายชื่อผู้ลงทะเบียน การมอบหมายงาน การจัดหาช่องทางระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน และผู้เรียนด้วยกัน คำแนะนำต่างๆ การสอบ การประเมินผล รวมทั้งการให้ผลป้อนกลับซึ่งสามารถที่จะทำให้ลักษณะออนไลน์ได้ทั้งหมด ผู้สอนเองก็สามารถใช้ระบบบริหารจัดการรายวิชานี้ในการตรวจสอบพฤติกรรมกาเรียนของผู้เรียน ในกรณีที่ใช้การถ่ายทอดเนื้อหาในลักษณะออนไลน์ รวมทั้งการตรวจสอบความก้าวหน้าของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบหรือแบบฝึกหัดที่ได้จัดไว้ สำหรับความแตกต่างสำคัญระหว่าง e - Learning กับ WBI นั้นแทบจะไม่มีเลยเนื่องจาก e - Learning เป็นศัพท์ (term) ที่เกิดขึ้นภายหลังคำว่า WBI จึงเสมือนเป็นผลของวิวัฒนาการจาก WBI และเมื่อเว็บเทคโนโลยีโดยรวมมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว สิ่งที่เคยทำไม่ได้ สำหรับ WBI ในอดีต ก็สามารถทำได้สำหรับ e -Learning ในปัจจุบัน ตัวอย่างเช่นการโต้ตอบ WBI จะค่อนข้างจำกัดอยู่ที่การโต้ตอบกับครูผู้สอนหรือกับเพื่อนเป็นหลัก โดยที่เทคโนโลยีการโต้ตอบกับเนื้อหาเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก แต่สำหรับ e - Learning สามารถออกแบบบทเรียนให้มีการโต้ตอบอย่างมีความหมายกับผู้เรียน จึงส่งผลให้เกิดการพัฒนาในด้านนำไปประยุกต์ใช้ที่ยืดหยุ่นจากเดิมมากขึ้นเป็นเทคโนโลยีเชิงโต้ตอบ (Interactive technology) และเทคโนโลยีมัลติมีเดีย (Multimedia Technology)

2.2 ประเภทของการเรียนการสอนระบบออนไลน์

การเรียนการสอนระบบออนไลน์ แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

2.2.1. เทคโนโลยีซิงโครนัส (Synchronous) เป็นการเรียนแบบเรียลไทม์ (real time) ผู้เรียนและผู้สอนอยู่ในเวลาเดียวกัน เน้นผู้สอนเป็นศูนย์กลาง เช่น การเรียนแบบถ่ายทอดสดในห้องเรียนประเทศไทยร่วมกับผู้เรียนในประเทศสิงคโปร์ เป็นการกระจายภาพเสียง และข้อมูลไปยังอินเทอร์เน็ตหรืออุปกรณ์รับสัญญาณผ่านดาวเทียม

ข้อดีของเทคโนโลยีซิงโครนัส

1. ได้บรรยากาศสด
2. ใช้กับกรณีผู้สอนที่มีผู้ต้องการเรียนด้วยเป็นจำนวนมาก และสามารถประเมินผู้เรียนได้จำนวนมาก
3. เหมาะกับการประชุมที่ต้องมีการโต้ตอบ

ข้อเสียของเทคโนโลยีซิงโครนัส

1. กำหนดเวลาในการเรียนลงไม่ได้ ต้องเรียนตามเวลาที่กำหนดกับคนกลุ่มใหญ่
2. หากถ่ายทอดในเวลาที่ไม่เหมาะสมผู้เรียนจำนวนน้อย ทำให้เสียทรัพยากรไปโดยเปล่าประโยชน์
3. การปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้สอนเป็นไปได้โดยยาก

2.2.2 เทคโนโลยีซิงโครนัส (Asynchronous) เป็นการเรียนการสอนโดยผู้เรียนและผู้สอนไม่ได้อยู่ในเวลาเดียวกัน เน้นศูนย์กลางที่ผู้เรียน เป็นการเรียนด้วยตนเอง ผู้เรียนเรียนจากที่ใดก็ได้โดยใช้อินเทอร์เน็ตเป็นสื่อเข้าไปถึงโฮมเพจที่เป็นหลักสูตรที่สนใจเรียนรู้ ทำแบบฝึกหัด และสอบ มีห้องให้สนทนากับเพื่อร่วมชั้น มีเว็บบอร์ดและอีเมล์ให้ถามคำถามผู้สอน

ข้อดีของเทคโนโลยีซิงโครนัส

1. ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนจากที่ไหน เวลาใดก็ได้
2. การถามคำถามได้จากการสนทนา หรือเว็บบอร์ด มีข้อดีที่สามารถไปอ่านคำถามที่ผู้อื่นถามมาก่อนแล้ว เป็นการไล่เรียงความคิดจากเข้าใจน้อยไปยังเข้าใจมากและทำให้รวบยอดความคิดได้
3. ราคาถูกว่าการเรียนแบบซิงโครนัส

ข้อเสียของเทคโนโลยีซิงโครนัส

1. ไม่ได้บรรยากาศสด
2. การถามด้วยการสนทนาหรือเว็บบอร์ดอาจไม่ได้รับการตอบกลับ

2.3 จุดเด่นและข้อดีของกาเรียนการสอนระบบออนไลน์

การเรียนการสอนระบบออนไลน์มีจุดเด่นหลายประการ ได้แก่ (อัจฉรา สุขารมณ์: http://sot.swu.ac.th/r_framework.htm)
โอกาสทางการศึกษาระดับอุดมศึกษา (Outreach education) อย่างมีคุณภาพ

2.3.2 เป็นการเปิดโอกาสให้บุคลากรที่มีภาระงานประจำหรือมีครอบครัวที่ต้องดูแล สามารถเรียนรู้ได้เมื่อใดก็ได้โดยไม่มีอุปสรรคในข้อจำกัดของสถานที่และเวลา (Asynchronous learning) เป็นการเรียนตามอัธยาศัยอันก่อให้เกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong learning)

2.3.3 เป็นการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student/learner center) ผู้สอนเป็นผู้จัดการ (facilitator) ให้เกิดการเรียนรู้

2.3.4 ประหยัดเวลา 30% ค่าใช้จ่าย 40% และเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนรู้ 30%

2.3.5 ช่วยให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจาก e – Learning มีลักษณะการนำเสนอที่เป็นมัลติมีเดียซึ่งจะสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่าการเรียนจากสื่อข้อความแต่เพียงอย่างเดียว รวมทั้งยังมีเครื่องมือ (Course Management Tool) ที่ทำให้ผู้สอนสามารถตรวจสอบความก้าวหน้าของพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียนได้ตลอดเวลา

2.3.6 นำเทคโนโลยีที่เรียกว่า ไฮเปอร์มีเดีย (Hypermedia) หรือ ไฮเปอร์ลิงค์ (Hyperlink) ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงของข้อมูลไม่ว่าจะเป็นในรูปของข้อความ ภาพนิ่ง เสียง กราฟฟิก วีดีโอ ภาพเคลื่อนไหว ที่เกี่ยวเนื่องกันเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล เนื่องจากเทคโนโลยีแบบไฮเปอร์มีเดียสามารถนำเสนอเนื้อหาในลักษณะของกรอบความคิดที่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันกับวิธีที่มนุษย์จัดระบบความคิดภายในจิตใจ เรียกว่ากรอบความคิดแบบใยแมงมุม (Web Framework) ทำให้ผู้เรียนที่เรียนด้วย e -Learning จะสามารถควบคุมการเรียนของตนได้ และย่อมจะได้รับความรู้และมีการจดจำที่ดีขึ้น จะทำให้เกิดความต่อเนื่องของบทเรียนและสามารถเรียนซ้ำไปซ้ำมาได้จนเกิดความเข้าใจ จะแตกต่างกับการเรียนในห้องเรียนที่ผู้สอนอาจตัดบทการสอนหรือไม่สามารถสอนซ้ำไปมาได้เนื่องจากมีผู้เรียนจำนวนมาก

2.3.7 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามการเรียนรู้และการรับรู้ของตน (Self - paced Learning) เพราะผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนของตนในเรื่องของลำดับการเรียน (Sequence) ไม่จำเป็นต้องเรียนตามบทเรียน แต่เรียนตามพื้นฐานความรู้ ความถนัด และความสนใจ

2.3.8 มีการโต้ตอบ (Interaction) ที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการโต้ตอบกับครูผู้สอนและกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน หรือการโต้ตอบกับเนื้อหา ซึ่งแบบการได้รับผลป้อนกลับทั้งในลักษณะช่วงเวลาเดียวกัน (Synchronous) สามารถสนทนาโต้ตอบ เช่น การสนทนา (Chat) หรือการออกอากาศสด (Line Broadcast) และในลักษณะช่วยเวลาที่ต่างกัน (Asynchronous)

เช่นการทิ้งข้อความไว้บนกระดานข่าวเว็บบอร์ด (Web board) หรือการส่งไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e - Mail) เป็นต้น

2.3.9 ผู้เรียนจะได้รับการถ่ายทอดอย่างถูกต้อง เพราะผู้เรียนจะได้รับเนื้อหาของบทเรียนที่มีความเหมือนเดิมทุกครั้ง นั้นหมายความว่าจะไม่เกิดการบิดเบือนในกระบวนการถ่ายทอด ผู้เรียนจึงมั่นใจได้ว่า เนื้อหาของบทเรียนที่ได้รับนั้นมีความน่าเชื่อถือสูงและทุกครั้งทุกคนจะได้รับข้อมูลที่ถูกต้องเหมือนกันตลอดเวลา

2.3.10 ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ทักษะ เนื่องจากการเรียนการสอนระบบออนไลน์ เป็นการเรียนที่ต้องอาศัยเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อื่นๆ รวมทั้งโปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเรียน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดความคุ้นเคยกับเทคโนโลยี และพร้อมรับการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา และด้วยข้อมูลเนื้อหาการเรียนอยู่ในรูปของอิเล็กทรอนิกส์ จึงทำให้มีข้อได้เปรียบในการปรับปรุงเนื้อหาสารสนเทศให้ทันสมัย สามารถเข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็ว และสามารถประมวลผลข้อมูลได้สะดวกด้วย

สรุปการเรียนการสอนระบบออนไลน์ เป็นการเรียนการสอนซึ่งอาศัยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเครือข่ายคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยสนับสนุนการเรียนการสอน (Computer Mediated communication) โดยผู้เรียนในระบบออนไลน์จะต้องมีทักษะในการใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อการสื่อสารและการสืบค้นสารสนเทศผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สามารถจะเรียนรู้ด้วยตนเองจากเอกสารประกอบการเรียนที่ได้รับ หรือจากการอบรมที่จัดให้เป็นการเฉพาะ (Short course training) การเรียนระบบออนไลน์จะมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน หรือ ผู้เรียนกับผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอ เหมือนการเรียนการสอนปกติ โดยติดต่อผ่านทางเครือข่าย เครื่องมือที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร ได้แก่ ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e -mail) และกระดานข่าว (Web Board) ในลักษณะการเรียนทางเดียว (Asynchronous) หรือแบบประชุม (Conferencing) ซึ่งเป็นลักษณะการเรียนสองทาง (Synchronous) โดยใช้ห้องสนทนา (Chat Room) หรือโปรแกรมการสนทนาผ่านอินเทอร์เน็ต อาทิไอซีคิว (ICQ) หรือเน็ตมิตติ้ง (Net Meeting) เป็นต้น ซึ่งการสื่อสารแบบสองทางนี้จะมีการวางแผนและกำหนดตารางล่วงหน้าที่ชัดเจน สำหรับงานที่มอบหมายและเป็นส่วนหนึ่งของการวัดผลจะถูกส่งจากผู้เรียนมายังผู้สอนผ่านทางเครือข่ายเพื่อการประเมิน และในทำนองเดียวกันผลการประเมินก็จะถูกส่งกลับไปยังผู้เรียนผ่านทางเครือข่าย การสอบทุกครั้งจะเป็นการสอบแบบปกติ คือมีการกำหนดวัน เวลา และ สถานที่ที่ชัดเจน โดยผ่านระบบการบริหารจัดการเรียนการสอนออนไลน์ รูปแบบการเรียนการสอนผ่านระบบออนไลน์ทำให้ระบบการเรียนการสอนเปลี่ยนจากเดิม จากที่เคยเป็นระบบปิดเป็นส่วนใหญ่ มาเป็นระบบเปิดที่เปิดโอกาสให้เรียนรู้สรรพาศาสตร์ ที่มีเชื่อมโยงอยู่ในเว็บ โดยไม่มีอุปสรรคทางด้านภูมิศาสตร์ ระยะทางและเวลา การเรียนรู้ในระบบออนไลน์ได้สร้างหนทางใหม่ในวงการการศึกษามากขึ้น โดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์การเรียนรู้ร่วมกัน ช่วยทำให้ผู้สอนและผู้เรียนเป็นอิสระจากปัญหาการจัดตารางเรียนตารางสอน สามารถเข้าถึงสื่อการเรียนการสอนนั้นเมื่อมีความสะดวก ช่วยในการปรับเปลี่ยนบทบาทผู้สอนจากผู้บอกและถ่ายทอดมาเป็นผู้ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวก

ในขณะที่ผู้เรียนมีบทบาทเป็นผู้ศึกษาค้นคว้า และสำรวจข้อมูลในลักษณะการเรียนรู้ร่วมกันและมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน

2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างห้องเรียนออนไลน์

2.4.1 Moodle หมายถึง ระบบจัดการเรียนการสอนหรือ Learning Management System (CMS) หรือระบบจัดการคอร์ส Course Management System (CMS) ผ่านเว็บไซต์สร้างขึ้นโดย Martin Dougiamas อดีตผู้ดูแลระบบ Web CT ศึกษาทางด้าน Computer Science and Education ในระดับปริญญาโทและกำลังศึกษาในระดับปริญญาเอกและทำวิจัยหัวข้อ “The use of Open Source software to support a social constructionist epistemology of teaching and learning within Internet-based communities of reflective inquiry” และงานชิ้นนี้เองที่เป็นหัวใจในการออกแบบ Moodle ให้แตกต่างไปจากซอฟท์แวร์พาณิชย์อื่นๆ

Moodle ย่อมาจาก Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment ชุดจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในระบบการเรียนแบบออนไลน์ให้มีบรรยากาศเหมือนเรียนในห้องเรียนซึ่งมีประโยชน์สำหรับโปรแกรมเมอร์และนักการศึกษา

ประวัติความเป็นมา Moodle มีการพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1999 และเริ่มมีโครงสร้างเหมือนที่เห็นในปัจจุบันนี้ในปี ค.ศ. 2001 เมื่อดูตามสถิติในเดือนพฤษภาคม 2548 มีเว็บไซต์ที่ลงทะเบียนกับ Moodle.org แล้ว 3000 กว่าเว็บจากทั้งหมด 115 ประเทศและจำนวนดังกล่าวก็มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นถึงเดือนละสิบเปอร์เซ็นต์แต่จำนวนจริงที่ใช้ในสถาบันการศึกษาที่ใช้ระบบอินทราเน็ตก็ยังมีอีกมากด้วยกัน ตัวอย่างในประเทศไทยคือการนำ Moodle ไปใช้ในโครงการโรงเรียนในฝันซึ่งประกอบไปด้วย 921 โรงเรียนจากทั่วประเทศและยังมีโครงการ Secondary Education Quality Improvement Project (SEQI) สนับสนุนโดยธนาคารโลกที่มีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มคุณภาพของการจัดการศึกษาหรือการจัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาซึ่งใช้ Moodle ในการพัฒนาและมีการจัดอบรมครูอาจารย์ใน 5 ภูมิภาค ทั่วประเทศไม่เพียงแต่การเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาเท่านั้นที่นำ Moodle ไปใช้แต่ยังรวมไปถึงสถาบันการศึกษาในระดับอุดมศึกษา สถาบันการอาชีพ หน่วยงานรัฐวิสาหกิจและบริษัทเอกชนที่นำไปใช้ในการฝึกอบรม เรียกได้ว่าต่อไปคงมีคนน้อยคนนักที่จะไม่รู้จัก Moodle จากสถิติคร่าวๆ ในประเทศไทยก็มีผู้นำไปใช้แล้วไม่ต่ำกว่า 1,000 แห่งและทั่วโลกไม่ต่ำกว่า 10,000 แห่งอย่างแน่นอน หากแต่ไม่สามารถระบุได้แน่ชัดเนื่องจาก Moodle เป็นซอฟท์แวร์เสรีไม่มีค่าใช้จ่ายในการนำไปใช้แต่ละสถาบันสามารถติดตั้งโปรแกรมนี้ได้ไม่จำกัดจำนวนเซิร์ฟเวอร์ไซต์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดที่มีการรายงานมาประกอบด้วยรายวิชาทั้งหมด 2,000 รายวิชาและมีผู้เรียนประมาณ 17,000 คน มีการแปลเป็นภาษาต่างประเทศแล้วถึง 60 ภาษาเรียกได้ว่า Moodle กำลังได้รับความสนใจจากนานาประเทศทั่วโลก

Moodle เป็นโปรแกรมที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทำให้มีเวอร์ชันใหม่ออกมาค่อนข้างรวดเร็วซึ่งเป็นการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อพบข้อผิดพลาดจากเวอร์ชันก่อนหน้าเวอร์ชันปัจจุบันนี้

จะเป็นเวอร์ชัน 1.4x โดย x จะเป็นตัวเลขที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดจนกว่าจะแน่ใจว่าซอฟท์แวร์มีความเสถียรพอที่จะออกเป็นเวอร์ชัน 1.5 เวอร์ชัน ที่มีผู้ใช้กันมากในปัจจุบันก็คือเวอร์ชัน 1.4.3 ออกเมื่อวันที่ 21 ธันวาคม 2548 โดยเวอร์ชันนี้ได้ทำการแก้ไขช่องโหว่ความปลอดภัยมากมายและยังเพิ่มประสิทธิ์ภาพในการใช้งานให้สูงขึ้นอาทิ พัฒนาระบบความจำสำรองหน้าต่างๆ ให้ดีขึ้นทำให้สามารถใช้ปุ่ม Back บนเว็บบราวเซอร์ได้ดีขึ้นมีการเพิ่มดัชนีฐานข้อมูลเพื่อเอื้อประโยชย์ต่อการทำงานในระบบที่มีขนาดใหญ่และมีการเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียกและเรียงลำดับในฐานข้อมูลให้รวดเร็วขึ้นและในเวอร์ชันนี้ยังมีการเพิ่มลูกเล่นใหม่ๆ ในการใช้งานเข้ามาอาทิ เช่น สนับสนุนระบบการรับจ่ายเงินผ่านฐานข้อมูล Postgre SQ. มีการบันทึกการเข้าสู่ระบบและออกจากระบบ , มีการเขียนโค้ดใหม่สำหรับ Wiki และ SCORM, สามารถแบ่งหน้าในอภิธานศัพท์ได้ , มีการแทรกข้อมูลผู้ใช้จาก LDAP ลงใน Moodle เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหาย , ใช้ pclzip เวอร์ชันใหม่ , สามารถแก้ไขค่า Memory_ limit ทับค่าเดิมโดยแก้ไข php.ini , commanline , httpd.conf, htaccess นอกเหนือจากนี้ผู้สอนยังสามารถลองทำแบบทดสอบได้ก่อนเวลาที่กำหนด , รูปแบบของอภิธานศัพท์แต่ละประเภทจะแตกต่างกันไปและช่วยให้การเข้าใช้งานหลายภาษาง่ายขึ้นโดยใช้ Syntax ที่ง่ายกว่าเดิมโดยมีการพัฒนาในเรื่องการเข้าใช้งานเว็บไซต์สำหรับทุกคนทุกระดับรวมถึงผู้พิการหรือมีปัญญาในการอ่านและมีความยืดหยุ่นในการแสดงผลของเว็บไซต์เพื่อให้แสดงผลที่ถูกต้องบนทุกเว็บบราวเซอร์

ต่อมามีการพัฒนาเป็นเวอร์ชัน 1.4.4 ออกเมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2548 มีการแก้ไขช่องโหว่ความปลอดภัยเพิ่มฟังก์ชัน URL validation ที่ใช้ในการยืนยันอีเมล์เมื่อมีการสมัครสมาชิกเพิ่มความปลอดภัยในการยืนยันค่าต่างๆ กับการตั้งค่าของระบบ มีการตรวจสอบการป้อนข้อมูลต่างๆ ในแบบทดสอบ Html Editor และการแก้ไขรายวิชาให้แน่นหนาขึ้น ผู้ดูแลระบบสามารถจะควบคุมภาษาสำหรับสมาชิกได้ นอกเหนือจากการแก้ไขเหล่านี้ยังมีการเพิ่มลูกเล่นใหม่ เช่น ฟิลเตอร์ใหม่สำหรับการเล่นไฟล์ mp3 โดยสร้าง mp3 player ด้วยโปรแกรม แฟลช หน้าต่างการแสดงผลในโพลล์แบบใหม่ การใช้งานการเพิ่มตารางใน Html Editor ง่ายขึ้น ระบบจะใช้ค่าจากไฟล์ Config.php แทนที่ค่าในฐานข้อมูล มีการเปิดการใช้งานการเก็บข้อมูลในระบบปฏิบัติการ Debian พร้อมทั้งมีออปชันการใช้งาน มีการแก้ไขปัญหาเซสชัน มีการออปติไมซ์โค้ดในกระดานเสวนาทำให้ใช้งานได้รวดเร็วขึ้นและพัฒนาความสามารถในการล็อคเซสชันการดาวน์โหลดไฟล์ที่มีขนาดใหญ่หรือดูบันทึกการใช้งานของเว็บไซต์จะไม่มีผลกับการใช้งานหน้าอื่นของเว็บ

ต่อมาในวันที่ 12 พฤษภาคม 2548 ก็มีการปรับปรุงเวอร์ชันใหม่เป็น 1.4.5 ซึ่งเป็นเวอร์ชันที่มีความเสถียรเวอร์ชันล่าสุดออกมาซึ่งส่วนใหญ่แล้วเป็นการแก้ไขข้อผิดพาดของเวอร์ชันก่อนหน้าและแก้ไขช่องโหว่ความปลอดภัยสำหรับลูกเล่นใหม่ที่ออกมาคือความสามารถในการเล่นไฟล์แฟลชก่อนที่จะดาวน์โหลดเสร็จสิ้นจากนั้นในวันที่ 25 พฤษภาคม 2548 ก็มีการนำเสนอเวอร์ชัน 1.5 beta ให้ได้ทดลองแต่ยังเวอร์ชันที่ไม่เสถียรหากแตกมีลูกเล่นและรูปแบบเว็บที่แตกต่างไปจากเดิม Moodle เป็นซอฟท์แวร์เสรีภายใต้สัญญานุญาต CNU/GPL

2.4.2 ปรัชญาการสร้าง Moodle

การเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) คนเรานั้นจะมีการสร้างความรู้ใหม่อยู่เสมอหากมีสภาวะแวดล้อมเอื้ออำนวย การเรียนรู้แบบเดิมที่มาจากการฟัง เห็น รู้สึก หรือสัมผัส ล้วนแต่เป็นการเรียนรู้ทางเดียวนั่นคือเราเป็นผู้รับสารและเก็บเอาไว้จึงมีการเรียกผู้ที่มีความจำดีว่า “พจนานุกรมเดิมได้” การที่เป็นผู้อ่านมาก ดูโทรทัศน์มาก ฟังวิทยุมาก ไม่ได้หมายความว่าไม่ได้ความรู้ใหม่เลยหากแต่เราจะเรียนรู้ได้มากกว่าหากเป็นการถ่ายทอดจากสมองสู่สมองนั่นคือมีการแลกเปลี่ยนทัศนะและเรียนรู้จากประสบการณ์ของผู้อื่น

การเรียนรู้แบบคิดเอง สร้างเอง (Constructionism) การเรียนรู้แบบคิดเองสร้างเองคือกาการเรียนรู้ด้วยการลงมือทำไม่ว่าจะเป็นการพูดการโฟสต์แสดงความคิดเห็นนกระดานเสวนา การวาดรูปหรือแม้แต่การเขียนโปรแกรม ยกตัวอย่าง เช่น ปกติอ่านย่อหน้านี้มารอบที่สิบแต่พอวางหนังสือแล้วก็ลืมแต่ถ้าหากได้อธิบายสิ่งที่อ่านนี้ให้ผู้อื่นฟังหรือสร้างสไลด์เกี่ยวกับประเด็นของเรื่องที่อ่านรับรองได้ว่าจะเกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหัวข้อนี้ได้เป็นอย่างดีและจำได้ไม่ลืม นี่ก็เป็นอีกเหตุผลที่ทำไมควรจะจดโน้ตเวลาเข้าฟังเลกเชอร์ถึงแม้ว่าจะไม่เคยอ่านเลยก็ตาม

ตัวอย่างคือโปรแกรมสำหรับสร้างห้องเรียนออนไลน์ที่เมื่อสร้างห้องเรียนเสร็จแล้วจะช่วยให้ผู้เรียนมองออกว่ารายวิชานั้นประกอบไปด้วยอะไรบ้างแต่ละส่วนมีหน้าที่อย่างไรเมื่อผนวกเข้ากับการจัดกิจกรรมต่างๆ เอกสารประกอบการสอนในรายวิชานั้นๆ จะทำให้เห็นเป็นรูปร่างของห้องเรียนมากขึ้นและจะช่วยกำหนดบทบาทหน้าที่ของแต่ละคนไปโดยปริยายผู้เรียนเข้ามาในห้องเรียนก็จะมองออกว่าหน้าที่ของตนมีอะไรบ้าง มีกิจกรรมใดที่ต้องทำหรือให้ความร่วมมือ

การเชื่อมโยงและการแยกส่วน (Connected and Separated Knowing) ความคิดนี่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมในการแสดงความคิดเห็นของบุคคล ผู้ที่มีพฤติกรรมแบบแยกส่วนคือ “ผู้ที่ยืนการกับความคิดเห็นของตนเองและพยายามหาข้อด้อยของฝ่ายตรงข้ามเพื่อโต้แย้ง” ผู้ที่มีพฤติกรรมแบบเชื่อมโยงคือ “ผู้ที่รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นมีการถามคำถามเพื่อให้เข้าใจความคิดของผู้อื่นมากขึ้น” ผู้ที่มีพฤติกรรมการสร้างคือ “ผู้ที่อ่อนไหวต่อทั้งสองประเด็นที่กล่าวมาสามารถที่จะเลือกอยู่ข้างใดข้างหนึ่งข้างต้นขึ้นอยู่กับสถานการณ์ปัจจุบัน” โดยทั่วไปแล้วผู้ที่มีพฤติกรรมแบบเชื่อมโยงภายในกลุ่มจะเป็นผู้ที่ช่วยกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้นอกจากจะทำให้คนในกลุ่มมีความสนิทสนมกันมากขึ้นแล้วยังช่วยให้แต่ละคนได้สะท้อนความคิดของตนและพิจารณาใหม่ว่าเชื่ออย่างนั้นจริงหรือ

2.4.3 ประโยชน์ ของ Moodle

Moodle ช่วยให้ผู้ใช้สร้างออนไลน์คอร์สได้ง่ายและรวดเร็ว คอร์สนั้นอาจประกอบไปด้วยเอกสารประกอบการเรียนการสอนซึ่งอาจอยู่ในรูปเอกสารสารเวิร์ด รูปแบบตารางรูปภาพ แผนผัง แผนภูมิ วีดีโอ เสียง เว็บเพจ เอกสาร pdf และรูปแบบอื่นๆ อีกมากมายและชุดกิจกรรมมากมายสำหรับผู้เรียน

1. สนับสนุนการเรียนการสอนแบบสร้างองค์ความรู้
2. สามารถลงทะเบียนเว็บไซต์เพื่อให้อยู่ในเครือข่ายของ Moodle.org
3. สร้างขึ้นด้วยระบบ LAMP (Linux, Apache server, Mysql, Php)

2.4.4 ชุดกิจกรรมหลักใน Moodle

1) การบ้าน (Assignment) กำหนดวันส่ง, คะแนนสูงสุด, ให้ส่งการบ้านออนไลน์, ผู้สอนสามารถให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะสำหรับการบ้านแต่ละชิ้น

2) ห้องสนทนา (Chat) สื่อสารแบบต่อเนื่องในเวลาจริง, แสดงภาพในประวัติส่วนตัว, แสดงลิงก์ URLs, รูปภาพ เป็นต้น

3) โพลล์ (Choice): ทำการสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนในชั้น

4) กระดานเสวนา (Forum) มีหลายประเภทให้เลือก, สมัครเป็นสมาชิกได้ สมาชิกจะ ได้รับอีเมลเมื่อมีการโพสต์ในการดานเสวนา, ให้คะแนนการโพสต์ได้

5) โมดูลบันทึกความก้าวหน้า (Journal) ช่วยในการสื่อสารระหว่างผู้สอนและผู้เรียนโดยเฉพาะ, สะท้อนให้เห็นความคิดของผู้เรียนที่มีต่อวิชานั้นๆ ปัญญาที่เกิดขึ้น, หรือให้ผู้สอนได้ดูพัฒนาการในการเรียนของผู้เรียน

6) แบบทดสอบ (Quiz) ตัดเกรดอัตโนมัติ ปรนัย, เติมคำ, ถูก/ผิด, จับคู่, แบบสุ่ม, ตัวเลข, หลายตัวเลือก, นำเข้าคำถามได้หลายรูปแบบและสามารถกำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบได้

7) แหล่งข้อมูล (Resource) นำเสนอเนื้อหาหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นไฟล์เวิร์ด แฟลช พาวเอวร์พ้อยท์ วีดีโอ เสียง html เป็นต้น

8) แบบสอบถาม (Survey) แบบสอบถามสำเร็จรูป (COLLES, ATLAS),สะท้อนความคิดเห็นจากผู้เรียนในชั้นที่มีต่อรายวิชา

9) ห้องปฏิบัติการ (Workshop) ห้องปฏิบัติการออนไลน์, นักเรียนช่วยกันให้คะแนน และผู้เรียนให้คะแนนตนเอง

10) บทเรียนสำเร็จรูป (Lesson) แตกบทเรียนได้หลายสาขาย่อย, ผู้เรียนศึกษาและทำ แบบทดสอบจนกว่าจะเข้าใจ, นำเข้าคำถามได้

11) อภิธานศัพท์ (Glossary) เพิ่มคำศัพท์สำหรบแต่ละรายวิชา, ผู้เรียนเพิ่มคำศัพท์ได้, มีระบบการให้คะแนนคำศัพท์, แสดงความเห็นต่อการให้ความหมายของคำศัพท์

12) Wiki สร้างสารานุกรมของเว็บหรือรายวิชาเก็บไว้เพื่ออ้างอิง

13) SCORM นำเข้าแพกเกจ SCORM ที่สร้างโดยโปรแกรมอื่นจากนั้นบันทึก คะแนนกลับลงใน Moodle

2.4.5 ชุดกิจกรรมเสริมใน Moodle

1) หนังสือ (Book) สำหรับสร้างเนื้อหาที่มีหลายหน้า

2) Hotpot สำหรับนำเข้าคำถามที่สร้างจาก Hot Potatoes

3) บันทึกการเข้าเรียน (Attendance) ใช้ในการบันทึกการเข้าเรียนของผู้เรียนจากหมายเลขไอพีที่ใช้เข้ามาโดยบันทึกวันเวลาที่เข้ามาศึกษา

4) แบบสำรวจ (Questionnaire) ใช้สร้างแบบสำรวจที่ต้องการคิดคำถามขึ้นเองในหัวข้อที่ต้องการถาม

5) บทสนทนา (Dialogue) ผู้เรียนสามารถเปิดบทสนทนาหรือถามคำถามอาจารย์และ อาจารย์สามารถโต้ตอบกลับคล้ายการฝากข้อความถึงกันผู้เรียนสามารถที่จะเปิดการสนทนากับเพื่อนได้ในกรณีที่ผู้ดูแลระบบเปิดการใช้งานให้

6) แบบฝึกหัด (Exercise) คล้ายกับโมดูลห้องปฏิบัติการรวมกับการบ้านแต่เป็นการให้ผู้เรียนประเมินผลตนเอง

2.4.6 ความต้องการของระบบ

Moodle สามารถติดตั้งบนเซิร์ฟเวอร์ Unix, Linux, Widows, Mac OS X, NetWare หรือเซิร์ฟเวอร์อื่นๆ ที่สนับสนุน PHP และต้องมีเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูลโดยแนะนำให้ใช้ MySQL หรือ PostgreSQL แต่ก็สามารถใช้ฐานข้อมูล Oracle, IBM DB2, Microsoft SQL Server, Borland Interbase, Informix, Visual Foxpro, SAP DB, SQLite, Sybase, Microsoft Access, ADO และ ODBC~ ได้ด้วยเช่นกัน

2.4.7 ข้อดีของ Moodle

1) มาตรฐาน e-learning Moodle มีโมดูล SCORM นับตั้งแต่เวอร์ชัน 1.2 เป็นต้นมาทำให้สามารถนำเข้าคำถามในรูปแบบ IMS QTI (IMS Global Learning Consortium Inc. Question and Test Interoperability) นำเข้าคำถามจาก WebCT และ Blackboard หรือสามารถนำเข้า SCORM ได้ด้วย

2) ประกอบไปด้วยโมดูลต่างๆ ที่ระบบ e-learning ที่ดีจำเป็นต้องมี ได้แก่ แหล่งข้อมูลสำหรับจัดการเนื้อหาบทเรียน แบบทดสอบที่สามารถสร้างแบบทดสอบได้หลายรูปแบบ การบ้าน แบบฝึกหัด บทเรียนสำเร็จรูป ห้องปฏิบัติการ ห้องสนทนา กระดานเสวนา บทสนทนา บันทึกความก้าวหน้า อภิธานศัพท์ แบบสำรวจ โพลล์และยังมีอื่นๆที่พัฒนาโดยผู้ใช้โปรแกรมและนำมาเผยแพร่ ได้แก่ นัดหมาย บันทึกการเข้าเรียน เว็บเวิร์ก (Webwork) เว็บเควส (Webquest) หนังสือ ระบบจัดการไฟล์เป็นต้น

3) เป็นโปรแกรมที่ใช้ง่ายทั้งสำหรับอาจารย์ ผู้เรียน ผู้ดูแลระบบ อีกทั้งง่ายต่อการติดตั้งและอัพเกรด หรือแม้แต่พัฒนาโมดูลใหม่เพราะโปรแกรมนี้พัฒนาขึ้นด้วยภาษา PHP ซึ่งเป็นภาษาที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ

4) สามารถใช้งานร่วมกับ Cntent Management System(CMS) อื่น เช่น Postnuke PHPnuke, Mambo, Xoops เป็นต้นและสามารถใช้ระบบการอนุมัติจากฐานข้อมูลนอกนั้นคือสามารถใช้ฐานข้อมูลผู้ใช้ร่วมกับ CMS ได้

5) Moodle เป็นซอฟท์แวร์เสรี (Open Source) ทำให้สามารถแก้ไขและพัฒนาข้อผิดพลาดต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ผู้ใช้สามารถเห็นโค้ดที่ใช้เขียนไม่มีค่าใช้จ่าย ไม่มีค่าสัญญานุญาตจึงสามารถติดตั้งบนเซิร์ฟเวอร์ได้ไม่จำกัดจำนวน ซึ่งต่างจากซอฟท์แวร์พาณิชย์ เช่น WebCTที่จะเกิดค่าใช้จ่ายลูกค้าเมื่อเริ่มต้นในราคาที่ถูกแต่เมื่อสร้างรายวิชามากขึ้นในระยะเวลาหนึ่งก็จะมีการเพิ่มราคาขึ้นอีกทั้งเป็นการยากที่จะย้ายเซิร์ฟเวอร์

6) สามารถย้ายหัวข้อต่างๆ จากแห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่งในรายวิชาได้ง่าย ไม่ว่าจะเป็นการจัดเรียงหัวข้อ ชุดกิจกรรมต่างๆ ภายในรายวิชา

7) จุดแข็งที่สุดของ Moodle คือกลุ่มผู้ใช้ที่ร่วมแสดงความคิดเห็นและช่วยกันตอบปัญหาจากทั่วโลก และยังมีส่วนร่วมในการพัฒนา Moodle ให้ดีขึ้นและรายงานถึงข้อบกพร่องที่พบ มีการแลกเปลี่ยนคอร์สต่างๆ โดยสามารถติดตามความเคลื่อนไหวของกลุ่มผู้ใช้ได้ผ่านเว็บไซต์ Moodle.org

2.5 การออกแบบเว็บเพจ

การออกแบบเว็บเพจ (Webpage Design) เป็นพัฒนาการของสื่อดิจิตอลยุคใหม่ โดยการรวมตัวของความคิดสร้างสรรค์ด้านการออกแบบและเทคโนโลยี เนื่องจากเว็บเพจเป็นสื่อที่มีลักษณะมัลติมีเดียที่มีการผสมผสานสื่อหลายๆ แบบเข้าด้วยกัน การออกแบบเว็บเพจต้องพิถีพิถันและต้องเป็นการกระทำอย่างต่อเนื่องด้วยคุณสมบัติที่สามารถ Update ข้อมูลและมีการปฏิสัมพันธ์กับผู้รับสาร ดังที่ กิดานันท์ มลิทอง. (2543: 69 – 72) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการออกแบบเว็บเพจ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.5.1 รูปแบบเว็บเพจ ควรเป็นรูปแบบแนวนอนจะเหมาะสมมากกว่า เนื่องจากการจัดหน้าบนจอภาพมีส่วนกว้างมากกว่าส่วนสูง และเนื้อที่เสนอเนื้อหาบางส่วนยังบรรจุแถบเครื่องมือของบราวเซอร์ให้ปรากฏอยู่ตลอดเวลาในเนื้อที่แนวนอนของเว็บเพจ สำหรับหน้าโฮมเพจควรมีทุกอย่างสมบูรณ์และมีขนาดพอดีเท่ากับเนื้อที่นั้น เพื่อที่จะให้ผู้อ่านสามารถดูทุกอย่างได้ภายในหน้าเดียวโดยไม่ต้องเบื่อหน่ายในการใช้แถบเลื่อนในการเลื่อนดูรายละเอียดเกี่ยวกับเว็บไซต์

2.5.2 การจัดหน้าเว็บเพจ ควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

2.5.2.1 กำหนดความยาวของหน้าให้สั้น ควรกำหนดจำนวนของข้อความที่จะบรรจุในแต่ละหน้าโดยควรมีข้อความระหว่าง 200 - 500 คำในแต่ละหน้า ผู้ออกแบบสามารถเริ่มข้อความยาว ๆ ในหน้าใหม่ได้โดยไม่ต้องมีเลขหน้ากำกับ

2.5.2.2 ใส่สารสนเทศที่สำคัญที่สุดในส่วนบนของหน้า เนื้อที่ที่มีค่าที่สุด ก็คือส่วนบนของหน้าจอภาพ ซึ่งทุกคนที่เข้ามาในเว็บไซต์จะมองเห็นส่วนบนของจอภาพได้เป็นลำดับแรก

2.5.2.3 ใช้ความได้เปรียบของตาราง การใช้ตารางจะจำเป็นสำหรับการสร้างที่ซับซ้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเราต้องการใช้คอลัมน์ ตารางจะใช้ได้เป็นอย่างดีเมื่อใช้ในการจัดระเบียบหน้า เช่น การแบ่งแยกภาพกราฟฟิค หรือเครื่องมือนำทางออกจากข้อความ หรือการแบ่งข้อความออกเป็นคอลัมน์

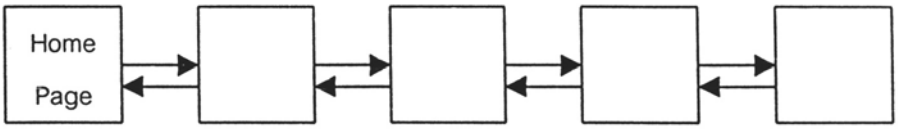
2.5.2.4 พื้นหลัง ในการออกแบบเว็บเพจ พื้นหลังที่มีลวดลายมากจะทำให้เว็บเพจมีความยากลำบากในการอ่าน การใช้สีร้อนที่มีความเปรียบต่างสูงจะทำให้ไม่สบายตาในการอ่าน ดังนั้น จึงไม่ควรใช้พื้นหลังที่มีลวดลายเกินความจำเป็นและควรใช้สีเย็นเป็นพื้นหลังจะทำให้เว็บเพจนั้นน่าอ่านมากกว่า และควรมีการทดสอบการอ่านด้วยตนเองและผู้อื่นด้วย

2.5.2.5 ศิลปการใช้ตัวพิมพ์ ผู้ออกแบบจะถูกจำกัดในเรื่องของศิลปะการใช้ตัวพิมพ์ ซึ่งในการพิมพ์บนเว็บจะไม่สามารถควบคุมช่วงบรรทัด ซึ่งเป็นเนื้อที่ระหว่างบรรทัดหรือช่องไฟระหว่างตัวอักษรได้ หรือแม้แต่การใช้ลักษณะกราฟฟิกแทนตัวอักษรธรรมดา ไม่ควรใช้มากเกินกว่า 2 – 3 บรรทัด ทั้งนี้เพราะจะทำให้เสียเวลาในการบรรจุลงมากกว่าปกติ

2.5.2.6 การนำทาง รูปแบบการนำทางเป็นไปได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ปุ่ม แถบเครื่องมือ ข้อความเชื่อมโยง กราฟฟิกเคลื่อนไหว หรือแม้แต่การใช้ภาพถ่าย ภาพลายเส้น เพื่อเป็นเครื่องมือนำทางแก่ผู้อ่านที่จะเชื่อมโยงไปสู่เว็บเพจอื่น ๆ ซึ่งตำแหน่งของการนำทางอาจจะอยู่ส่วนบนของหน้า ส่วนล่าง หรือส่วนข้างก็ได้ ถ้ามีการใช้หน้ายาวโดยต้องอาศัยแถบเลื่อนจะเป็นการดีมากที่จะใส่เครื่องมือนำทางทั้งในส่วนบนและส่วนล่างของหน้า โดยอาจทำให้มีความแตกต่างกันโดยใช้ภาพกราฟฟิกในส่วนบนและข้อความเรียบ ๆ ในส่วนล่างโดยทั้ง 2 ส่วนมีความหมายเดียวกัน ดังนั้น ในการออกแบบเว็บเพจ ต้องมีการจัดลำดับความสำคัญของข้อมูล ถ้ามีเนื้อหามาก ๆ ควรตัดแบ่งออกเป็นตอน ๆ ควรเป็นแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ขนาดกระทัดรัด มีการจัดวางที่ง่ายต่อความเข้าใจ รูปภาพที่ใช้ควรมีหน่วยความจำไม่มาก การออกแบบสีของพื้นหลัง สีและขนาดของตัวอักษรที่เหมาะสม อ่านได้ง่ายและชัดเจน รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงไปยังเว็บเพจอื่น ๆ ซึ่งเป็นรายละเอียดของเนื้อหาของเรื่องนั้น ๆ ได้

การออกแบบเว็บเพจ สามารถทำได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับลักษณะความสัมพันธ์ของเนื้อหา ดังที่ ถนอมพร เลาหจรัสแสง (2545: 127-140) ได้กล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างเว็บเพจไว้ดังนี้

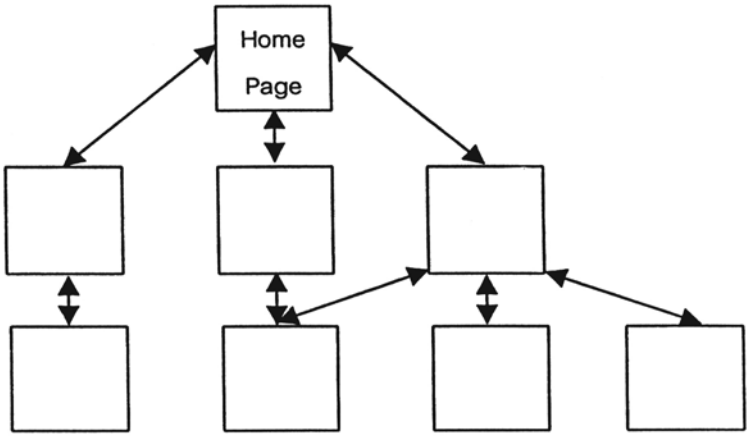
1. แบบเชิงเส้น (Linear) เป็นการจัดแสดงหน้าเว็บเรียงต่อเนื่องไปในทิศทางเดียว



ภาพประกอบ 2 แสดงการจัดแสดงเว็บเพจแบบเชิงเส้น (Linear)

ที่มา: ถนอมพร เลาหจรัสแสง. (2545). Designing e-Learning: หลักการออกแบบและการสร้างเว็บเพื่อการเรียนการสอน: 128.

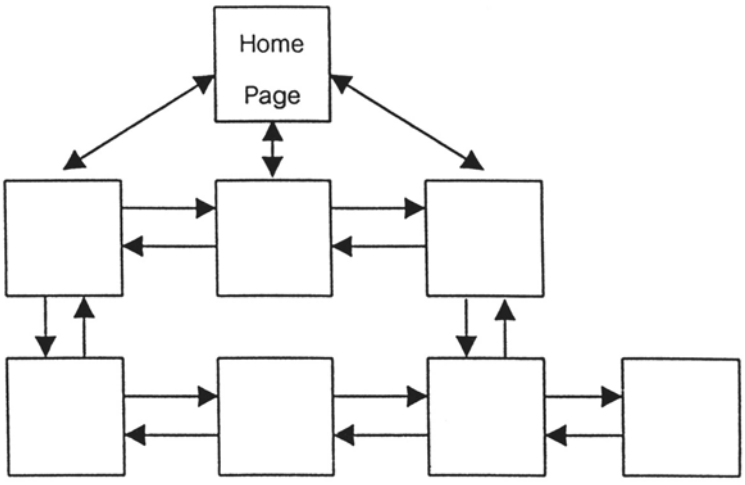
2. แบบลำดับขั้น (Hierarchy) เป็นการจัดแสดงหน้าเว็บเรียงตามลำดับ กิ่งก้านแตกแขนงต่อเนื่องซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับเนื้อหาที่สลับซับซ้อน เนื่องจากโครงสร้างลักษณะนี้จะมีการแบ่งหมวดหมู่เนื้อหาอย่างชัดเจน ทำให้เข้าถึงเนื้อหาที่มีโครงสร้างซับซ้อนเป็นไปด้วยความง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น



ภาพประกอบ 3 แสดงการจัดแสดงหน้าเว็บเพจแบบลำดับขั้น (Hierarchy)

ที่มา : ถนอมพร เลาหจรัสแสง. (2545). Designing e-Learning: หลักการออกแบบและการสร้างเว็บเพื่อการเรียนการสอน: 128.

3. แบบผสม (Combination) เป็นการจัดหน้าเว็บชนิดผสมระหว่างลำดับขั้นและแบบเชิงเส้น



ภาพประกอบ 4 แสดงการจัดแสดงหน้าเว็บเพจแบบผสม (Combination)

ที่มา : *ถนอมพร เลาหจรัสแสง. (2545). Designing e-Learning: หลักการออกแบบและการสร้างเว็บเพื่อการเรียนการสอน: 139*

2.6 หลักการออกแบบเว็บเพจเพื่อการศึกษา

การสร้างเว็บเพจเพื่อการเรียนการสอน มี 2 ลักษณะ ดังนี้ (ใจทิพย์ ณ สงขลา. 2542: 28- 30)

2.6.1 ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเอง (Human to Computer) เป็นการสร้างเนื้อหาที่มีความเชื่อมโยงความสำคัญ (keyword) ไปยังเนื้อหารายละเอียดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องหรืออาจเชื่อมโยงไปยังสื่อชนิดอื่น ๆ ที่ผู้สอนเห็นว่าจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีขึ้น ซึ่งการนำเสนอชนิดนี้ไม่สามารถกระทำได้ในสื่อสิ่งพิมพ์ธรรมดา หากทำได้เฉพาะกับคอมพิวเตอร์ชนิดมัลติมีเดีย นอกจากนั้นผู้เรียนจะใช้เวลานานเท่าใดหรือดูซ้ำกี่รอบก็ได้ตามความต้องการของแต่ละบุคคล บทเรียนผ่านเครือข่ายจะมีลักษณะที่โดดเด่น คือ ผู้สอนสามารถเชื่อมโยงบทเรียนของตนไปสู่เนื้อหาที่มีผู้สอนอื่นสร้างขึ้นไว้แล้วในเครือข่ายคอมพิวเตอร์และผู้สอนสามารถแก้ไขปรับปรุงเนื้อหาให้ทันสมัยได้ตลอดเวลา

2.6.2 ผู้เรียนศึกษาร่วมกับผู้อื่น (Human to Human) คือ ผู้สอนจะเป็นผู้กำหนดปัญหา หรือโจทย์บางอย่างขึ้นมา และให้กลุ่มผู้เรียนร่วมกันระดมความคิดหาสาเหตุและเสนอหนทางแก้ไข การเรียนในลักษณะนี้นอกจากจะเป็นการศึกษาร่วมกับผู้เรียนอื่นแล้ว ยังเป็นการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนผ่านเครือข่ายด้วย ในการสร้างเว็บเพจเพื่อการเรียนการสอนผ่านเครือข่าย มีข้อควรพิจารณาในการออกแบบ ดังนี้

1) วิเคราะห์กลุ่มผู้เรียน เมื่อผู้สอนกำหนดว่ากลุ่มเป้าหมายหลักคือใคร ก็จะทราบว่าควรนำเสนอข้อมูลในรูปแบบใด

2) กำหนดเป้าหมายในการสอน ผู้สอนควรจะกำหนดเป้าหมายหลักและวัตถุประสงค์ย่อยในการเรียนและนำเสนอเนื้อหาบทเรียนรวมทั้งกิจกรรมให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เหล่านั้น ในการออกแบบลักษณะนี้ ความสำคัญอยู่ที่การเตรียมข้อมูลหลักและข้อมูลเสริม ผู้สอนต้องลำดับการเชื่อมโยงอย่างมีเหตุผลรอบคอบ และไม่ควรมากเกินไปจนทำให้ผู้เรียนเกิดความสับสน ในส่วนของข้อมูลเสริมผู้สอนอาจสร้างขึ้นเอง (Internal Link) หรือให้ผู้เรียนเชื่อมต่อเข้ากับแหล่งข้อมูลที่ผู้อื่นสร้างไว้บนเครือข่าย (External Link) ซึ่งผู้สอนจะต้องทำการตรวจสอบก่อนแล้วว่าเป็นประโยชน์ในการสนับสนุนเนื้อหาหลัก

3) เนื้อหาบทเรียน ในการนำเสนอเนื้อหาควรคำนึงถึงการใช้ประโยชน์ในรูปไฮเปอร์มีเดียด้วยนั่นคือ การเชื่อมต่อ (Link) เนื้อหาที่สัมพันธ์กันเข้าด้วยกันผู้สอนจึงควรออกแบบอย่างรอบคอบเนื่องจากอาจทำให้ผู้เรียนสับสนเมื่อเข้าสู่ข้อมูลที่ผ่านการโยงใยหลายลำดับขั้น ผู้สอนควรสร้างแผนผังนำทางการเชื่อมโยงให้ผู้เรียนเห็นคล้ายเนื้อหาในสารบัญ ขณะเดียวกันก็ยังมีอิสระในการเข้าสู่เนื้อหาและเชื่อมต่อไปยังจุดใดก็ได้

4) แรงจูงใจต่อการเรียน แรงจูงใจอย่างหนึ่ง คือ การออกแบบและการใช้เทคนิคที่ให้ผู้เรียนเข้าถึงเนื้อหาอย่างรวดเร็วต่อการติดตาม ซึ่งจะทำให้การเรียนผ่านเครือข่ายเป็นไปอย่างมีชีวิตชีวา

5) บทบาทผู้สอน การสอนผ่านเครือข่ายเป็นการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การนำเสนอเนื้อหาบทเรียนจะต้องเป็นไปในลักษณะกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถเลือกรับว่าจะเรียนอย่างไร มีเหตุมีผล สามารถวิเคราะห์และแสวงหาคำตอบได้ด้วยตนเอง

6) การประเมินผล ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการประเมินตนเองเพราะการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายเน้นที่การเรียนรู้ด้วยตนเองเป็นหลัก

กล่าวโดยสรุป การเรียนการสอนในโลกยุคใหม่ ในอนาคตจะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากรูปแบบเดิม ดังนั้น การเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตยังคงเป็นสิ่งใหม่และต้องมีการพัฒนารูปแบบ รวมทั้งวิธีการสอนเพื่อประโยชน์สูงสุดของการศึกษา

2.7 งานวิจัยเกี่ยวข้องกับบทเรียนออนไลน์ในระดับอุดมศึกษา

การศึกษางานวิจัยด้านบทเรียนออนไลน์นั้น ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งเป็นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนาบทเรียนออนไลน์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ซึ่งผลของการวิจัยมีดังต่อไปนี้

ทิพย์เกสร บุญอำไพ (ทิพย์เกสร บุญอำไพ. 2540) ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบการสอนเสริมทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช พบว่า ระบบการสอนเสริมทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ต (DTSI Plan) ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 6 องค์ประกอบ ซึ่งจัดเป็นขั้นตอน 6 ขั้น ได้แก่ 1) การวิเคราะห์สถานการณ์ 2) การออกแบบการเรียนการสอน 3) การผลิตชุดการสอนผ่านอินเทอร์เน็ต 4) การทดสอบประสิทธิภาพ 5) การดำเนินการเรียนการสอนผ่านอินเทอร์เน็ต และ 6) การประเมินผลและปรับปรุง ระบบการสอนเสริมทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ต ได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิทางเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา และทางระบบการศึกษาทางไกล เห็นว่าอยู่เกณฑ์ “เหมาะสมมาก” และยังพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการสอนเสริมทางไกลผ่าน อินเทอร์เน็ต กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการสอนเสริมโดยวิธีเผชิญหน้าไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ .05 และพบว่า ควรคิดเห็นของนักศึกษาที่เรียนจากการสอนเสริมทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ตอยู่ในเกณฑ์ “เห็นด้วยมาก”

บุญเรือง เนียมหอม (บุญเรือง เนียมหอม. 2540) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบการเรียนการสอนทางอินเทอร์เน็ตในระดับอุดมศึกษา พบว่า

1. การศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนทางอินเทอร์เน็ตในปัจจุบันด้วยการวิจัยเอกสาร โดยวิเคราะห์เนื้อหาเอกสารอิเล็กทรอนิกส์จากเวิลด์ไวด์เว็บ พบว่าระบบการเรียนการสอนเน้นองค์ประกอบด้วยกระบวนการเรียนการสอนด้วยกิจกรรมอินเทอร์เน็ต การควบคุม การติดตามการเรียน และการเตรียมความพร้อมทรัพยากรสนับสนุนการเรียนทางอินเทอร์เน็ต มีการใช้ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ และเวิลด์ไวด์เว็บในการเรียนการสอนมากที่สุดในรูปแบบการเรียนการสอนตามทักษะนักจิตวิทยาพฤติกรรมนิยม ผสมผสานกับการเรียนแบบร่วมมือ และการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทางเว็บไซต์

2. การพัฒนาระบบการเรียนการสอนทางอินเทอร์เน็ต ด้วยวิธีการเชิงระบบได้ระบบการเรียนการสอน ประกอบด้วยองค์ประกอบ 12 ประการ และได้รูปแบบกระบวนการเรียนการสอนทางอินเทอร์เน็ต จัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดนักจิตวิทยาพฤติกรรมนิยม และกระบวนการสอนของกาเย ผสมผสานกับรูปแบบการเรียนแบบร่วมมือ การเรียนด้วยตนเอง และการศึกษารายบุคคล โดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทางเว็บเพจห้องเรียนเสมือน ที่มีโครงสร้างปรำกอบด้วยโฮมเพจ เว็บเพจประเมินผล และเว็บเพจประวัติ

3. การประเมินระบบการเรียนการสอน โดยเชิญอาจารย์จำนวน 23 คนเข้าร่วมทดลองสร้างเว็บไซต์การเรียนการสอน ตามระบบ รูปแบบกระบวนการเรียนการสอน และโครงสร้างเว็บเพจที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น พบว่า ระบบการเรียนการสอนมีความเหมาะสมทุกองค์ประกอบมีความจำเป็น อาจารย์ต่างสาขากันมีความคิดเห็นไม่แตกต่างกันในเรื่องความจำเป็นของขั้นตอนกระบวนการเรียนการสอน และอาจารย์สามารถนำระบบไปใช้ในการออกแบบระบบการเรียนการสอนทางอินเทอร์เน็ตได้ แต่การนำไปใช้งานจริงส่วนใหญ่พบปัญหาการติดต่อกับแหล่งทรัพยากรภายนอก ความล่าช้าในการรับส่งข้อมูล และไม่สามารถติดต่อกับแหล่งข้อมูลได้ตามต้องการ

สุวิทย์ ปู้ทอง (สุวิทย์ ปู้ทอง. 2541) ได้ศึกษาเรื่อง การนำเสนอการสอนอินเทอร์เน็ตสำหรับผู้เรียนระดับอุดมศึกษา พบว่า จุดประสงค์ในการสอนอินเทอร์เน็ตระดับชาติ เพื่อเป็นการพัฒนาเยาวชนของชาติให้สามารถใช้อินเทอร์เน็ตในฐานะที่เป็นเทคโนโลยีสารสนเทศในการค้นหาข้อมูล ในระดับหลักสูตร เพื่อให้ผู้เรียนรักในการแสวงหาความรู้ รู้ถึงมารยาทในการใช้และสามารถใช้อินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในระดับรายวิชา ผู้เรียนควรที่จะสามารถใช้บริการต่าง ๆ ในอินเทอร์เน็ต โดยเฉพาะการใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อการสืบค้นข้อมูล ส่วนเนื้อหาควรประกอบด้วย การใช้บริการ เวิลด์ ไวด์ เว็บ ความรู้เบื้อต้นเกี่ยวกับอินเทอร์เน็ต การเชื่อมต่อเครือข่าย การใช้งานโปรแกรมรับส่งจดหมายอินเทอร์เน็ต การถ่ายโอนแฟ้มข้อมล การสร้างเวบเพจ ความรู้เกี่ยวกับฮาร์ดแวร์ ส่วนด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนประกอบด้วยการบรรยายและการฝึกปฏิบัติ ผู้สอนควรมอบหมายให้ผู้เรียนเป็นผู้สืบค้นหาคำตอบด้วยตนเองโดยใช้อินเทอร์เน็ตเป็นเครื่องมือ ผู้สอนจะต้องติดตามข่าวสาร ข้อมูลเกี่ยวกับอินเทอร์เน็ตอย่างสม่ำเสมอ ในส่วนของอุปกรณ์ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเรียนการสอนควรเป็นเครื่อง เพนเทียมขึ้นไป มีอุปกรณ์โมเด็ม อุปกรณ์การสอนควรใช้เครื่องถ่ายทอดสัญญาณ แอล ซี ดี โปรเจคเตอร์ หรือโทรทัศน์ และเครื่องแปลงสัญญาณ ในด้านโปรแกรมควรใช้โปรแกรมสืบค้นเน็ตสเคปและอินเทอร์เน็ตเอ็กพลอเลอร์ที่ใช้งานบนโปรแกรมวินโดวส์ 95 และในด้านวิธีการวัดและประเมินผลแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ภาคปฏิบัติและภาคทฤษฎี ในการสอบภาคปฏิบัติจะทดสอบกับเครื่องคอมพิวเตอร์ และภาคทฤษฎีใช้แบบทดสอบ เกณฑ์ในการวัดและประเมินผลประกอบด้วยภาคทฤษฎีใช้แบบทดสอบ เกณฑ์ในการวัดและประเมินผลประกอบด้วยภาคทฤษฎีร้อยละ 40 และภาคปฏิบัติร้อยละ 60

ยงยุทธ รักษาศรี (ยงยุทธ รักษาศรี. 2541) ได้ศึกษาเรื่องการเรียนการสอนบัณฑิตศึกษาสาขานิเทศศาสตร์ระบบการศึกษาทางไกล : การประยุกต์แบบจำลอง YI – 01การเรียนการสอนนิเทศศาสตร์ตามแนวคิดมหาวิทยาลัยเสมือน พบว่า แบบจำลองการเรียนการสอนนิเทศศาสตร์ตามแนวคิดมหาวิทยาลัยเสมือน (YI – 01 Model) ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ ผู้เรียน สื่อการเรียนการสอน และการประเมินผลการเรียนการสอน ในส่วนของสื่อการเรียนการสอนนั้นรวมความถึงการบริการในด้านต่างๆ ที่สนับสนุนส่งเสริมการเรียนการสอนด้วย

องค์ประกอบแรกคือ ผู้เรียนในระดับปริญญาบัณฑิต ไม่มีเงื่อนไขที่จำกัดสิทธิในการเรียน มีความจำเป็นที่จะต้องให้คำแนะนำ ชี้นำความจำเป็นในการปรับฐานความรู้ก่อนเรียน เพื่อให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพการเรียนรู้สูงสุด สำหรับบัณฑิตศึกษา จะต้องมีการกำหนดเงื่อนไขในบางประการ โดยเฉพาะคุณสมบัติบางประการ ที่จะสอดคล้องกับสาขาวิชา เช่น คุณวุฒิขั้นต่ำ องค์ประกอบต่อมาคือ สื่อการเรียนการสอนและบริการ ในระดับปริญญาบัณฑิต จะเน้นการสื่อเพื่อการเรียนรู้เป็นหลักและสื่อดังกล่าว จะมีลักษณะที่เป็นสื่อเชื่อมโยงกับระบบ (Online) ของสถาบันและสื่อที่ศึกษาโดยลำพัง (Stand Alone) ซึ่งมีให้ทั้งที่เป็นแบบ ปฏิสัมพันธ์และไม่ปฏิสัมพันธ์ (Interactive and Non – interactive) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าเนื้อหา หรือข้อมูลแต่ละประเภทนั้นต้องการความทันสมัย หรือต้องการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วเพียงใด ส่วนองค์ประกอบสุดท้าย คือ การประเมินผลการศึกษา ในการประเมินผลจะแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ การประเมินผลความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และประเมินผลสรุปรวม หรือสอบไล่ประจำภาคเรียน ซึ่งมีการสอบกลางภาคเรียนและการสอบปลายภาคเรียนในการประเมินผลทั้งระดับปริญญาบัณฑิตและบัณฑิตศึกษาจะเน้นการประเมินอยู่ที่การประเมินความก้าวหน้ามากกว่าการประเมินผลสรุปรวม ในการประเมินความก้าวหน้านั้น จะต้องมีการออกแบบประเมินให้วัดได้อย่างมีความก้าวหน้านั้นจะต้องมีการออกแบบประเมินให้วัดได้อย่างมีความน่าเชื่อถือที่เป็นรูปธรรม เพราะการศึกษาทางไกลนั้นมีจุดอ่อนในเรื่องการประเมินผลที่เน้นแต่เพียงการประเมินสรุปรวมเท่านั้น

ใจทิพย์ ณ สงขลา (ใจทิพย์ ณ สงขลา.2545 :55-58) ได้วิจัยเพื่อศึกษาผลของการเรียนการสอนแบบเน้นวิจัยผ่านเว็บที่มีต่อความใฝ่รู้ของนิสิตชั้นปีที่ 1 คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยโดยให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบวิธีการเรียนด้วยวิธีวิจัย ประกอบด้วยหลักการสำคัญ คือ การตีความปัญหา การตั้งสมมติฐาน การค้นคว้า การวิเคราะห์และสังเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่า ความสนใจใฝ่รู้หลังการเรียนรู้ด้วยการเรียนการสอนแบบนี้ไม่ได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้เรียนยังเคยชินกับการเรียนรู้แบบอ้างอิงสาระ และการทำงานเป็นกลุ่มเป็นอุปสรรคในการเรียนของผู้เรียนและพบว่าผู้เรียนละเลยประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ ไม่แสดงความคิดเห็นและขาดความเข้าใจในกระบวนการได้มาซึ่งความรู้

ไพฑูรย์ ศรีฟ้า(ไพฑูรย์ ศรีฟ้า.2547 :1-8) พัฒนาระบบการเรียนการสอนผ่านอินเตอร์เน็ตโดยใช้โปรแกรม Moodle ที่โรงเรียนเกาะสมุย อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่าจำนวนสมาชิกที่ลงทะเบียนผ่านเบไซด์ทั้งหมด 371 8คน และลงทะเบียนเรียนวิชาสมุนไพร

จำนวน 29 คน จากการศึกษาพบว่า ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อระบบการเรียนการสอนผ่านอิเทอร์เน็ต และมีความเห็นว่าน่าจะนำระบบการเรียนการเรียนการสอนผ่านออนไลน์มาใช้ในโรงเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาปลูกพืชสมุนไพรหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เอลลส์เวิอร์ธ (Ellsworth.1994) พบว่า มีมหาวิทยาลัยมากกว่า 75 แห่งทั่วโลก สอนรายวิชาแบบออนไลน์ หรือบางหลักสูตรก็สอนแบบออนไลน์ทั้งหมดที่ New Jersey Institute of Technology (NJIT) สอน “Access NJIT” ซึ่งเป็นโครงการจัดการศึกษาทางไกลของ NJIT ซึ่งสอนโดยการรวมเอาระบบออนไลน์ผนวกกับเทคโนโลยีของวีดิทัศน์เข้าด้วยกัน

เพาเวอร์และมิตเชลล์ (Power and Mitchell. 1997) ได้ทำการวิจัยคุณภาพเรื่องการรับรู้ข้อมูลของผู้เรียนโดยการจัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียนเสมือนจริง ซึ่งเป็นการสื่อสารผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ที่ประกอบด้วย e-mail, Listservs, Chat rooms, และ www โดยนำเสนอผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ณ มหาวิทยาลัยอินเดียนำในเนื้อหาระดับบัณฑิตศึกษาประกอบด้วยฐานข้อมูลจากคลังข้อมูล , ข้อความใน e-mail , นิตยสารของผู้เรียน , ตารางเรียน ผลการเรียน แล้วสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ตามหลักการดังนี้

1. การรับรู้และพฤติกรรมของนักเรียน
2. การส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนต่อนักเรียน
3. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับกลุ่มนักเรียน
4. ความต้องการเวลาในการสอน

แม้จะมีการนิยามการสื่อสารทางไกลว่าเป็นการเรียนแบบไม่เผชิญหน้า แต่นักเรียนก็สามารถมีปฏิสัมพันธ์ต่อกลุ่มโดยสภาพการเรียนแบบปกติไม่สามารถจะทำได้ ความสัมพันธ์ของความสามารถของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงความแตกต่าง ผู้สอนจะเปลี่ยนบทบาทเป็นเพียงผู้ถ่ายทอดสารและทุกคนในห้องจะเป็นส่วนหนึ่งของการสื่อสาร นักเรียนมีความรู้สึกว่าต้องการให้เพิ่มเวลาเรียนเกิดขึ้นเพราะรูปแบบของเนื้อหาและการวิเคราะห์ตารางกิจกรรมที่รวมเวลาในช่วงเริ่มต้นของอินเทอร์เน็ต อีกทั้งมีการรับรู้ถึงหน้าที่และความรับผิดชอบเมื่ออยู่หน้าจอคอมพิวเตอร์

ซีเกรนและวัทวูด (Seagren and Watwood. 1997) ได้ศึกษาวิจัยพบว่า เมื่อเทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงจำเป็นอย่างยิ่งที่การศึกษาจะต้องก้าวให้ทันความเปลี่ยนแปลงนั้น กระบวนการเรียนการสอนจะต้องมีความเกี่ยวข้องกับ เครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยจะเป็นเครือข่ายของแหล่งข้อมูลมากกว่าเป็นสถานที่ ประกอบกับจะต้องมีระบบเครือข่ายการเรียนรู้เพื่อพัฒนาคุณภาพด้านการศึกษา ดังที่มหาวิทยาลัยเนบราสกาลินคอล์น (The University of Nebraska Lincoln) ส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนในระดับปริญญาเอก ได้มีการออกแบบและจัดการเรียนการสอนโดยการใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมการเรียนที่มีการถามตอบปัญหา และการอภิปรายของนักศึกษา และการมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ขณะที่ครูจะให้คำแนะนำนักเรียนศึกษาแลกเปลี่ยนและเผยแพร่ความรู้ให้นักเรียน รวมไปถึงกิจกรรมดังต่อไปนี้

1. การเรียนเป็นพื้นฐานในการสนทนาที่มีปฏิสัมพันธ์ของกลุ่ม

2. กลุ่มผู้เรียนสามารถเข้าร่วมเรียนได้ตามความสะดวกของตัวเอง

3. การตอบสนอง การติชม เหตุผลที่เขียน โดยปราศจากความเร่งรีบ

4. ให้ความสำคัญต่อการร่วมมือมากกว่าการสอนในห้องแบบพื้นฐานเพราะนักเรียนทั้งหมดต้องมีส่วนรวม

5. ปัญหาที่พบในห้องเรียนลดลงไม่ว่าจะเป็นเรื่องความแตกต่างระหว่างเพศชนกลุ่มน้อย ผู้มีความพิการทางร่างกาย เป็นต้น

6. การเรียนแบบนี้ทำให้ทราบพฤติกรรมของนักเรียนที่มีผลการเรียนอ่อนได้

ไทอันและคณะ (Tyan and other. 1998) ได้ทำการวิจัยเรื่องการใช้การติดต่อสื่อสารผ่านคอมพิวเตอร์ในระดับอุดมศึกษาเอกชนของไต้หวัน ด้วยการจัดระบบการศึกษาที่นำเอา Computer Mediated Communication และ Virtual Classroom and Virtual Corporation System มาพัฒนาในการจัดสภาพสิ่งแวดล้อมทางการศึกษาด้วยอิเล็กทรอนิกส์ และพัฒนาคุณภาพทางการศึกษา นักเรียนแต่ละคนมีความต้องการที่จะมีส่วนร่วม ในการประชุมทางอิเล็กทรอนิกส์ ก่อนจะใช้การอภิปรายแบบเผชิญในห้องเรียนปกติ ทำให้นักเรียนได้มีโอกาสที่จะเรียนรูปแบบร่วมมือกันและการเรียนรู้โดยผู้เรียนเอง (Constructivism) ได้เป็นอย่างดี

แมททิว และวาราก้วร์ (Matthew and Varagoor. 2001) ได้ทำการวิจัยเรื่องการตอบสนองของผู้เรียนต่อบทเรียนออนไลน์ (Student Responses to Online Course Materials) กับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ซึ่งจากการรวบรวมและวิเคราะห์ถึงผลกระทบต่างๆ กับการประสบความสำเร็จในการเรียนและสั่งงานผ่านอินเทอร์เน็ต พบว่าผู้เรียนส่วนมากมีประสบการณ์และความรู้สึกที่ดีในการใช้อินเทอร์เน็ต และเรียนผ่านบทเรียนออนไลน์

คาร์ร เชลแมน และ ดูคาเทล (Carr-Chellman and Duchastel. 2001) องค์ประกอบที่สำคัญในการออกแบบบทเรียนออนไลน์ในระดับอุดมศึกษาว่าต้องประกอบด้วย

1. ประเด็นหรือหัวข้อเรื่องของบทเรียนออนไลน์
2. เทคโนโลยีอื่นๆ ที่มาใช้ร่วม
3. การแนะนำการเรียนออนไลน์
4. การสั่งงานหรือการบ้าน
5. ตัวอย่างออนไลน์
6. การสื่อสาร
7. การสร้างทักษะการปฏิสัมพันธ์
8. การออกแบบการสอนเพื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง

อัลลี (Alley. 2001) ได้กล่าวถึงข้อพิจารณาเกี่ยวกับบทบาทใหม่และความจำเป็นที่จะเป็นสิ่งสนับสนุนให้การเรียนออนไลน์มีประสิทธิภาพ คือ การออกแบบเรียนออนไลน์ โดยในการอกแบบจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ดังนี้ รายละเอียดของเนื้อหา การประเมินผู้เรียน การกระตุ้นผู้เรียน รูปแบบการเรียนและการสอนออนไลน์ สภาพแวดล้อม การเรียนแบบกระตือรือร้น การมีปฏิสัมพันธ์ การเรียนแบบ non-linear

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอน (Model)

3.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบเป็นรูปธรรมของความคิดที่เป็นนามธรรม ซึ่งบุคคลแสดงออกมาในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เช่น เป็นคำอธิบาย เป็นแผนผัง ไดอะแกรม หรือ แผนภาพ เพื่อช่วยให้ตนเองและบุคคลอื่นสามารถเข้าใจได้ชัดเจนขึ้น

รูปแบบเป็นเครื่องมือทางความคิดที่บุคคลใช้ในการสืบสอบหาคำตอบ ความรู้ ความเข้าใจในปรากฏการณ์ทั้งหลาย ปกติในการศึกษาวิจัยเรื่องใดๆ ก็ตาม ผู้ศึกษาจะต้องตั้งคำถามที่ต้องคำตอบ ซึ่งในกระบวนการวิจัยจะมีการตั้งสมมติฐานหรือชุดของสมมติฐานขึ้นมาซึ่งก็คือคำตอบที่คาดคะเนไว้ล่วงหน้า สมมติฐานเหล่านี้มักจะได้มาจากข้อความรู้หรือข้อค้นพบที่ผ่านมา หรืออาจจะเกิดจากประสบการณ์หรือการหยั่งรู้ (Intuition) ของผู้ศึกษาวิจัย หรืออาจจะเกิดจากทฤษฎีหลักการต่างๆ สมมติฐานเป็นข้อความที่บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหรือตัวแปรต่างๆ ของเรื่อง/สถานการณ์ปัญหานั้นๆ ซึ่งจะยังคงเป็นเพียงเครื่องมือในการแสวงหาคำตอบเท่านั้น จนกว่าจะได้รับการนำไปพิสูจน์ทดสอบ หากสมมติฐานเป็นจริง ข้อความนั้นก็จะสามารถนำไปใช้ในการทำนาย หรืออธิบายปรากฏการณ์นั้นๆ ได้ รูปแบบเช่นเดียวกันกับสมมติฐานที่บุคคลอาจสร้างขึ้นจากความคิด ประสบการณ์การใช้อุปมาอุปไมย หรือจากทฤษฎีและหลักการต่างๆ ได้ แต่รูปแบบไม่ใช่ทฤษฎี คีฟส์ (Keeves J. 1997: 386-387) กล่าวว่า รูปแบบโดยทั่วไปจะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้ 1) รูปแบบจะต้องนำไปสู่การทำนาย (Prediction) ผลที่ตามมาซึ่งสามารถพิสูจน์ ทดสอบได้ กล่าวคือ สามารถนำไปสร้างเครื่องมือเพื่อไปพิสูจน์ทดสอบได้ 2) โครงสร้างของรูปแบบจะต้องประกอบด้วยความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Causal relationship) ซึ่งสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์/เรื่องนั้นได้ 3) รูปแบบจะต้องสามารถช่วยสร้างจิตนาการ (Imagination) ความคิดรวบยอด (Concept) และความสัมพันธ์ (Interrelations) รวมทั้งช่วยขยายขอบเขตของการสืบเสาะความรู้ 4) รูปแบบควรจะประกอบด้วยความสัมพันธ์เชิงโครงสร้าง (Sstructural relationships) มากกว่า ความสัมพันธ์เชิงเชื่อมโยง (Associative relationships)

รูปแบบ (Model) ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปมี 5 แบบ หรือ 5 ลักษณะ คือ (Kaplan, 1964 อ้างถึงใน Keeves. 1997: 389-387)

1. รูปแบบเชิงเปรียบเทียบ (Analogue model) ได้แก่ ความคิดที่แสดงออกในลักษณะของการเปรียบเทียบสิ่งต่างๆ อย่างน้อย 2 สิ่งขึ้นไป รูปแบบลักษณะนี้ใช้กันมากทางด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ สังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์

2. รูปแบบเชิงภาษา (Semantic model) ได้แก่ ความคิดที่แสดงออกผ่านทางการใช้ภาษา (พูดและเขียน) รูปแบบลักษณะนี้ใช้กันมากทางด้านศึกษาศาสตร์

3. รูปแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) ได้แก่ ความคิดที่แสดงออกผ่านทางสูตรคณิตศาสตร์ ซึ่งส่วนมากจะเกิดขึ้นหลังจากได้รูปแบบเชิงภาษาแล้ว

4. รูปแบบเชิงแผนผัง (Schematic model) ได้แก่ ความคิดที่แสดงออกผ่านทางแผนผัง แผนภาพ ไดอะแกรม กราฟ เป็นต้น

5. รูปแบบเชิงสาเหตุ (Causal model) ได้แก่ ความคิดที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรต่างๆ ของสภาพการณ์ปัญหาใดๆ รูปแบบด้านศึกษาศาสตร์ มักจะเป็นแบบนี้เป็นส่วนใหญ่

รูปแบบการเรียนการสอน คือ สภาพลักษณะของการเรียนการสอนที่ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญซึ่งได้รับการจัดไว้อย่างเป็นระเบียบ ตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิดหรือความเชื่อต่างๆ โดยประกอบด้วยกระบวนการหรือขั้นตอนสำคัญในกาเรียนการสอน รวมทั้งวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่างๆ ที่สามารถช่วยให้สภาพการเรียนการสอนนั้นเป็นไปตามทฤษฎี หลักการหรือแนวคิดที่ยึดถือ ซึ่งได้รับการพิสูจน์ ทดสอบ หรือยอมรับว่ามีประสิทธิภาพสามารถใช้เป็นแบบแผนในการเรียนการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์เฉพะของรูปแบบนั้นๆ” ดังนั้น รูปแบบการเรียนการสอนจึงจำเป็นต้องมีองค์ประกอบสำคัญๆ ดังนี้

1) มีปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อที่เป็นพื้นฐานหรือเป็นหลักของรูปแบบการสอนนั้นๆ

2) มีการบรรยายและอธิบายสภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับหลักการที่ยึดถือ

3) มีการจัดระบบ คือ มีการจัดองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบให้สามารถนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายของระบบหรือกระบวนการนั้นๆ

4) มีการอธิบายหรือให้ข้อเกี่ยวกับวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่างๆ อันจะช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนนั้นๆ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

รูปแบบการเรียนการสอนจะต้องสามารถทำนายผลที่จะเกิดตามมาได้ และมีศักยภาพในการสร้างความคิดรวบยอดและความสัมพันธ์ใหม่ๆ ได้

3.2 รูปแบบการเรียนการสอนและระบบการเรียนการสอน

ดังได้กล่าวไว้แล้วว่า การจัดระบบคือ การกำหนดองค์ประกอบและจัดองค์ประกอบของระบบให้มีความสัมพันธ์กันอย่างดี เพื่อนำไปสู่จุดมุ่งหมายที่ต้องการ ซึ่งอาจจะจัดในกรอบความคิดของตัวป้อน กระบวนการ กลไกควบคุม ผลผลิต และข้อมูลป้อนกลับหรือจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบนั้นให้เป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่จะช่วยให้ระบบนั้นมีประสิทธิภาพ ระบบการจัดการเรียนการสอนก็คือ องค์ประกอบต่างๆ ของการเรียนการสอนที่ได้รับการจัดไว้ให้มีความสัมพันธ์และส่งเสริมกันอย่างเป็นระเบียบ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ ระบบการจัดการเรียนการสอนเป็นระบบย่อยของระบบการศึกษา และอาจจัดได้ในลักษณ์ที่เป็นระบบใหญ่ คือเป็นระบบที่ครอบคลุมองค์ประกอบของการเรียนการสอนโดยส่วนร่วม หรืออาจจะนำองค์ประอบย่อยๆ ของการเรียนการสอนมาจัดเป็นระบบย่อยๆ ลงไปอีกก็ได้

ส่วนรูปแบบการเรียนการสอนนั้น หมายถึง “สภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่จัดขึ้นอย่างเป็นระบบระเบียบตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อต่างๆ โดยมีการจัดกระบวนการหรือขั้นตอนในการเรียนการสอนโดยอาศัยวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่างๆ เข้าไปช่วยทำให้สภาพการเรียนการสอนนั้นเป็นไปตามหลักการที่ยึดถือ”

เห็นได้ว่า การที่การจัดการเรียนการสอนจะกลายเป็นรูปแบบได้นั้น ก็จะต้องผ่านการจัดองค์ประกอบต่างๆ ให้เป็นระบบเสียก่อน ซึ่งก็แน่นอนว่าในการจัดระบบจะต้องคำนึงถึงทฤษฎีและหลักการ รวมทั้งสภาพการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นระบบการจัดการเรียนการสอนกับรูปแบบการเรียนการสอน จึงมีความหมายที่แท้จริงตรงกันในสาระหลักที่สำคัญ ด้วยเหตุนี้ เราจึงมักเห็นการใช้คำ 2 คำนี้ใช้สลับทดแทนกันเสมอ

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าคำทั้งสองจะมีความหมายในสาระหลักเหมือนกัน แต่ถ้าสังเกตและวิเคราะห์จากการใช้กันโดยทั่วๆ ไปแล้วจะเห็นว่า มีความนิยมในการใช้แตกต่างกันไป ดังที่ได้กล่าวว่า “ระบบการจัดการเรียนการสอนเป็นระบบย่อยของระบบการศึกษา และอาจจัดได้ในลักษณะที่เป็นระบบใหญ่ ซึ่งครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญๆ ของการเรียนการสอนในภาพรวม หรืออาจจะนำองค์ประกอบย่อยๆ ของการเรียนการสอนมาจัดเป็นระบบย่อยๆ ลงไปอีกก็ได้” จากการสังเกตและวิเคราะห์ผลงานของนักการศึกษาผู้คันคิดระบบและรูปแบบการจัดการเรียนการสอนต่างๆ พบว่า นักการศึกษานิยมใช่คำว่า “ระบบ ในความหมายที่เป็นระบบใหญ่ เช่น ระบบการศึกษา หรือถ้าเป็นระบบการเรียนการสอน ก็จะครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญๆ ของการเรียนการสอนในภาพรวม และนิยมใช้คำว่า “รูปแบบ” กับระบบที่ย่อยกว่า โดยเฉพาะกับ “วิธีสอน” ซึ่งเป็นองค์ประกอบย่อยที่สำคัญของระบบการเรียนการสอน ดังนั้นการนำวิธีสอนใดๆ มาจัดทำอย่างเป็นระบบตามหลักและวิธีการจัดการระบบแล้ว วิธีสอนนั้นก็จะกลายเป็น “ระบบวิธีสอน” หรือที่นิยมเรียกว่า “รูปแบบการเรียนการสอน”

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ระบบการจัดการเรียนการสอน กับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนนั้น มีความหมายเหมือนกัน แต่นิยมใช้ต่างกันในแง่ของระบบใหญ่และระบบย่อยระบบการจัดการเรียนการสอนนิยมใช้กับระบบใหญ่ซึ่งครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญของการเรียนการสอนในภาพรวม ส่วนรูปแบบการเรียนการสอนนิยมใช้ระบบที่ย่อยกว่า เช่น ระบบวิธีสอนแบบต่างๆ ซึ่งในหัวข้อต่อไปจะเสนอตัวอย่างระบบวิธีสอนต่างๆ ที่สำคัญเพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจขึ้น และช่วยให้แนวทางที่จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

3.3 กระบวนการเรียนการสอนที่ใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3.3.1 กระบวนการสืบเสาะหาความรู้

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ใน

ช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการสอนประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่างๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดคามรู้กว้างขวางขึ้น

5) ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ

การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่นๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัดซึ่งก่อให้เป็นประเด็นหรือคำถาม หรือปัญหาที่ต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ จึงเรียกว่า “Inquiry cycle” กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จึงช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลักและหลักการ ทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไปการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อาจใช้วิธีในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยรูปแบบอื่นๆ อีก ดังนี้

3.3.2 การค้นหารูปแบบ (Pattern seeking) โดยที่นักเรียนเริ่มด้วยการสังเกตและบันทึกปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ หรือทำการสำรวจตรวจสอบโดยที่ไม่สามารถควบคุมตัวแปรได้ แล้วคิดหารูปแบบจากข้อมูล เช่น จากการสังเกตผลฝรั่งในสวนจากหลายแหล่ง พบว่าฝรั่งที่ได้รับแสงจะมีขนาดโตกว่าผลฝรั่งที่ไม่ได้รับแสง นักเรียนก็สร้างรูปแบบและสร้างความรู้ได้

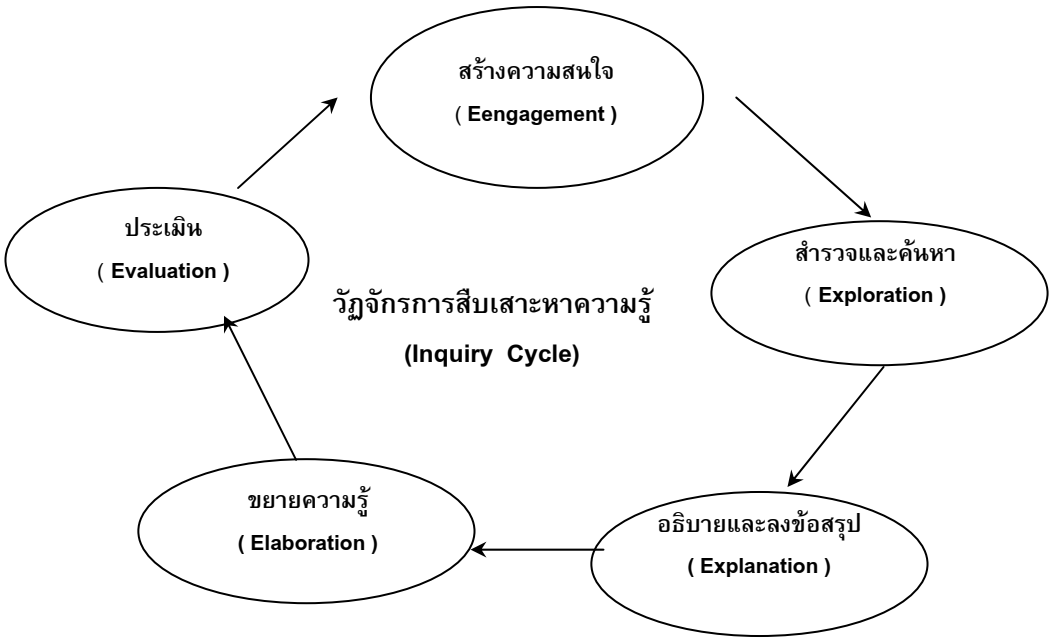
3.3.3 การจำแนกประเภทและการระบุชื่อ (Classification and identification) เป็นการจัดประเภทของวัตถุหรือเหตุการณ์ เป็นกลุ่ม หรือการระบุชื่อวัตถุหรือเหตุการณ์ที่เป็นสมาชิกของกลุ่ม เช่น เราจะแบ่งกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังเหล่านี้ได้อย่างไร วัสดุใดนำไฟฟ้าได้ดีหรือดี สารต่างๆ เหลานี้จำแนกอยู่ในกลุ่มใด

3.3.4 การสำรวจและค้นหา (Exploring) เป็นการสังเกตวัตถุหรือเหตุการณ์ในรายละเอียด หรือทำการสังเกตต่อเนื่องเป็นเวลานาน เช่น ไข่กบมีพัฒนาการอย่างไร เมื่อผสมของเหลวต่างชนิดกันเข้าด้วยกันจะเกิดอะไรขึ้น

3.3.5 การพัฒนาระบบ (Developing system) เป็นการออกแบบ ทดสอบและปรับปรุง

สิ่งประดิษฐ์หรือระบบ เช่น ท่านสามารถออกแบบสวิตช์ความดันสำหรับวงจรเตือนภัยได้อย่างไร ท่านสามารถสร้างเทคนิคหรือหามวลแห้งของแอปเปิลได้อย่างไร

3.5.6 การสร้างแบบจำลองเพื่อการสำรวจตรวจสอบ (Investigating model) เป็นการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายเพื่อให้เห็นถึงการทำงาน เช่น สร้างแบบจำลองระบบนิเวศน์



ภาพประกอบ 5 แสดงวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ : ภาคผนวก*

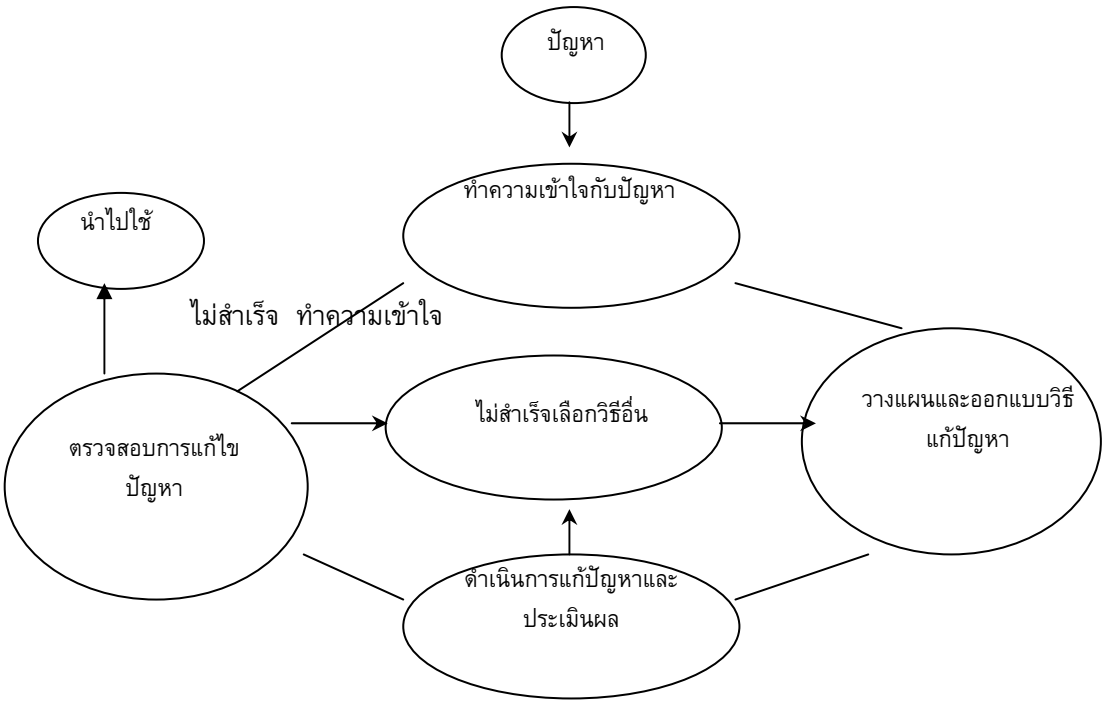
3.3.2 กระบวนการแก้ปัญหา (Problem solving process)

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีจุดมุ่งหมายประการหนึ่งคือเน้นให้นักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหาต่างๆ โดยผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติอย่างมีระบบ ผลที่ได้จากการฝึกจะช่วยให้นักเรียนสามารถตัดสินใจแก้ปัญหาต่างๆ ด้วยวีการคิดอย่างสมเหตุสมผล โดยใช้กระบวนการหรือวิธีการ ความรู้ ทักษะต่างๆ และความเข้าใจในปัญหานั้น มาประกอบกันเพื่อเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหาเพื่อให้เข้าใจได้ตรงกันถึงความหมายที่แท้จริงของปัญหา ได้มีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

“ปัญหา” หมายถึง สถานการณ์ เหตุการณ์ หรือสิ่งที่พบแล้วไม่สามารถจะใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งแก้ปัญหาได้ทันที หรือเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นแล้วไม่สามารถมองเห็นแนวทางแก้ไขได้ทันที “แบบฝึกหัด” หมายถึง สถานการณ์ เหตุการณ์ หรือสิ่งที่พบแล้วสามารถแก้ไขหรือเลือกวิธีแก้ไขได้ทันที หรือมองเห็นได้อย่างชัดเจนว่ามีวิธีแก้ไขที่แน่นอน

การแก้ไขปัญหาอาจทำได้หลายวิธี ทั้งนี้อยู่กับลักษณะของปัญหา ความรู้และประสบการณ์ของผู้แก้ปัญหานั้น

กระบวนการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอนมีความสัมพันธ์ดังแผนภาพประกอบที่ 6



ภาพประกอบ 6 แสดงกระบวนการแก้ปัญหา

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ : ภาคผนวก*

1. ทำความเข้าใจปัญหา ผู้แก้ปัญหาจะต้องทำความเข้าใจที่ถ่องแท้ในประเด็นต่างๆ คือ (1) ปัญหาถามว่าอย่างไร (2) มีข้อมูลใดแล้วบ้าง และ (3) มีเงื่อนไขหรือต้องการข้อมูลใดเพิ่มเติมอีกหรือไม่ การวิเคราะห์ปัญหาอย่างดีจะช่วยให้ขั้นตอนต่อไปดำเนินไอย่างราบรื่น การจะประเมินว่านักเรียนเข้าใจปัญหามากน้อยเพียงใด ทำได้โดยการกำหนดให้นักเรียนเขียนแสดงถึงประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

2. วางแผนแก้ปัญหา ขั้นตอนนี้จะเป็นการคิดหาวิธีวางแผนเพื่อแก้ปัญหา โดยใช้ข้อมูลจากปัญหาที่ได้วิเคราะห์แล้วในขั้นที่ 1 ประกอบกับข้อมูลและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้นและนำมาใช้ประกอบการวางแผนการทดลอง ซึ่งประกอบด้วยการตั้งสมมติฐาน กำหนดวิธีทดลองหรือตรวจสอบ และอาจรวมทั้งแนวทางในการประเมินผลการแก้ปัญหา ในกรณีที่ปัญหาต้องตรวจสอบโยการทดลองขั้นตอนนี้ก็จะเป็นการวางแผนการทดลอง ซึ่งประกอบด้วยตั้งสมมติฐาน กำหนดวิธีทดลองหรือตรวจสอบ และอาจรวมทั้งแนวทางในการประเมินผลการแก้ปัญหา

3. ดำเนินการแก้ปัญหาและประเมินผล ขั้นตอนนี้จะเป็นการลงมือแก้ปัญหาและประเมินว่าวิธีการแก้ปัญหาและผลที่ได้ถูกต้องหรือไม่ผลเป็นอย่างไร ถ้าการแก้ปัญหาทำได้ถูกต้อง ก็จะมีการประเมินต่อไปว่า วิธีการนั้นน่าจะยอมรับไปใช้ในการแก้ปัญหาอื่นๆ หรือไม่ แต่ถ้าพบว่าการแก้ไขปัญหานั้นไม่ประสบความสำเร็จ ก็จะต้องย้อนกลับไปเลือกวิธีการแก้ปัญหาอื่นๆ ที่ได้กำหนดไว้แล้วในขั้นที่ 2 และถ้ายังไม่ประสบความสำเร็จ นักเรียนจะต้องย้อนกลับไปทำความเข้าใจปัญหาใหม่ว่ามีข้อบกพร่องประการใด เช่น ข้อมูลกำหนดให้ไม่เพียงพอ เพื่อจะได้เริ่มต้นการแก้ปัญหาใหม่

4. ตรวจสอบการแก้ปัญหา เป็นการประเมินภาพรวมของการแก้ปัญหา ทั้งในด้านวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา และการตัดสินใจ รวมทั้งการนำไปประยุกต์ใช้ ทั้งนี้ในการแก้ปัญหาใดๆ ต้องตรวจสอบถึงผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมด้วย

แม้ว่าจะดำเนินตามขั้นตอนที่กล่าวมาแล้วก็ตามผู้แก้ปัญหายังต้องมีความมั่นใจว่าจะสามารถแก้ปัญหานั้นได้ รวมทั้งต้องมุ่งมั่นและทุ่มเทให้กับการแก้ปัญหา เนื่องจากบางปัญหาต้องใช้เวลาและความพยายามเป็นอย่างสูง นอกจากนี้ ถ้านักเรียนเกิดความเหนื่อยล้าจากการแก้ปัญหา ก็ควรให้นักเรียนได้มีโอกาสพักผ่อน

3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่ทำการศึกษารูปแบบการเรียนการสอนทั้งในประเทศและต่างประเทศสรุปได้ดังนี้

เจเริน และคณะ (Joroen, et al. 2002: 39-64) ได้ศึกษารูปแบบการสอนแบบ 4C: พิมพ์เขียวสำหรับการเรียนที่ซับซ้อน ประกอบด้วยส่วนประกอบพื้นฐานที่จำเป็น 4 ประการ คือ 1) การเรียนอย่างหนัก 2) การมีข้อมูลทางวิชาการประกอบการเรียน 3)การหาข้อมูลทางวิชาการให้ทันเวลา 4)การแบ่งงานให้เหมาะสมเช่นการทำวิจัยเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนเป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมสูงในการเรียนระดับสูง

ผ่องศรี เกียรติเลิศนภา (ผ่องศรี เกียรติเลิศนภา. 2536: บทคัดย่อ) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักทางการศึกษาพยาบาล เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักทางการศึกษาพยาบาล โดยดำเนินการวิจัยในรูปของการวิจัยและพัฒนา แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการศึกษาข้อมูลทางด้านรูปแบบการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นหลัก โดยศึกษาจากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาดูงานการจัดการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นหลัก และศึกษารายวิชาในหลักสูตรพยาบาลศาสตร์

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสร้างและพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักทางการศึกษาพยาบาล ดำเนินการโดยสังเคราะห์หลักการและแนวคิดพื้นฐานของการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นหลัก ซึ่งประกอบด้วยการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักได้ 6 ประการ คือ การใช้เทคนิคการสอน แบบกลุ่มย่อย ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เนื้อหาวิชาเป็นแบบบูรณาการ การเรียนรู้จากปัญหา ควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเอง และประเมินผลสัมฤทธิ์ด้วยตนเอง จากองค์ประกอบดังกล่าว นำไปสร้างเป็นกิจกรรมในกระบวนการเรียนการสอนได้ 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นเตรียมความพร้อม ขั้นสอน และขยายขอบเขตความรู้ และขั้นประเมินผล ในแต่ละขั้นตอนประกอบด้วยวัตถุประสงค์ กิจกรรมผู้เรียน และเครื่องมือที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน จากนั้นนำโครงร่างรูปแบบที่พัฒนาขึ้นไปหาคุณภาพกับผู้เชี่ยวชาญ และนำไปทดลองนำร่องกับนักศึกษาพยาบาล จำนวน 5 คน นำผลที่ได้ไปแก้ไขปรับปรุงรูปแบบให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการประสิทธิภาพของรูปแบบโดยวิธีวิจัยเชิงทดลองกับนักศึกษาพยาบาล ชั้นปีที่ 4 ปีการศึกษา 2535 วิทยาลัยคริสเตียน ในวิชาการบริหารหอผู้ป่วย ภาคทฤษฎี มีน้ำหนักรายวิชา 2 หน่วยกิต โดยแบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 18 คน ระยะเวลาในการทดลอง 7 สัปดาห์

ผลการหาประสิทธิภาพของรูปแบบพบว่า กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และกลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีความสามารถในการแก้ปัญหาไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ทุกคน ความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารณญาณของกลุ่มทดลองและกุล่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองยังไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาสถิติที่ระดับ 0.05 และความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารณญาณหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ยังไม่พบว่าสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พฤติกรรมการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักของกลุ่มทดลองผ่านเกณฑ์ที่กำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญคือร้อยละ 60 ทุกคน ซึ่งแสดงว่ารูปแบบการเรียนการสอนแบบใช้ปัญหา เป็นรูปแบบที่พัฒนาการแก้ปัญหา ของนักศึกษาพยาบาลแต่ไม่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดวิจารณญาณ ของนักศึกษาพยาบาลได้

สมชาย วรกิจเกษมสกุล (สมชาย วรกิจเกษมสกุล. 2540 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาวิจัยการพัฒนารูปแบบการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยการสื่อสารความคิดเพื่อเพิ่มทักษะในการแก้ปัญหา เป็นรูปแบบที่มีการบูรณาการทฤษฎีการเรียนรู้ หลักการทางคณิตศาสตร์ กระบวนการเรียนรู้และสื่อการสอนเป็นสื่อประสม พบว่ารูปแบบนี้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีพัฒนาการดีขึ้นทุกกลุ่มโดยเฉพาะผู้เรียนที่มีภูมิหลังทางการเรียนต่ำ และด้านเจตคติสูงขึ้นทุกกลุ่ม

วนิดา ฉัตรวิราคม (วนิดา ฉัตรวิราคม. 2546. 102 -118) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง ระบบนิเวศ รูปแบบการเรียนการสอนมี 4 ขั้น คือ การจุดประกายความคิด การวางแผน การปฏิบัติและการนำไปใช้สอน แบ่งนักเรียนเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง ปานกลางและต่ำ พบว่าทั้ง 3 กลุ่มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทั้ง 3 กลุ่มเห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้แบบนี้แปลกใหม่ดีแต่มีข้อเสียคือเพื่อนบางคนไม่ให้ความร่วมมือ

จากการศึกษาเอกสารผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ ที่เรียกว่า *วัฏจักรแห่งการคิดค้น* เป็นกระบวนการที่จัดให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาต่าง ๆอย่างเป็นระบบด้วยองค์ความรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการปฏิบัติอย่างสร้างสรรค์ด้วยความกระตือรือร้น อยู่บนหลักการพื้นฐานของกระบวนการแก้ปัญหา (Problem solving process) โดยประยุกต์มาจาก a problem – solving model from a child ‘s point of view (Qualter, et al. 1990: 58) และวัฏจักรของการสืบเสาะหาความรู้ ผู้เรียนจะได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาด้วยตนเองทำให้เข้าใจกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเป็นกระบวนการสร้างองค์ความรู้ให้เกิดขึ้นจากตัวผู้เรียนเองตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองด้วยการสร้างความเข้าใจ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่อผลิตผล (Outcome) และประสิทธิผลของการสำรวจค้นพบ ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและนำเสนอความเข้าใจ ความรู้ และความความคิดที่เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนผ่านการสื่อสาร การอภิปราย รวมทั้งการวิพากษ์วิจารณ์อย่างมีเหตุผลรูปแบบการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น หมายถึงกระบวนการที่ส่งเสริมองค์ความรู้ ทักษะทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิจารณญาณไปพร้อมกัน ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. ระบุปัญหา (Problem) หมายถึง กิจกรรมที่ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจในปัญหาให้ถ่องแท้ได้แก่

1.1 ทบทวนความรู้เดิมและหลักการที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

1.2 อะไรคือปัญหา ผู้เรียนและ/หรือผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ เหตุการณ์ผู้เรียนระบุปัญหาโดยการตั้งคำถาม

1.3 ปัญหาเกี่ยวข้องกับอะไรบ้าง ระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องและเป็นสาเหตุของปัญหา ปัญหามีความน่าสนใจอย่างไร บอกประโยชน์ที่จะได้รับจากการแก้ปัญหาและความสำคัญของปัญหา

2. พาสู่ทางแก้ (Problem plan) หมายถึง กิจกรรมการคิดหาวิธีในการแก้ปัญหาที่น่าจะเป็นไปได้ ได้แก่

2.1 ระบุวิธีที่จะแก้ปัญหามีอะไรบ้าง แต่ละวิธีมี ข้อดี-ข้อเสีย และกระบวนการอย่างไร

2.2 วิธีแก้ปัญหาใดที่ดีที่สุดเพราะอะไร มีลำดับขั้นตอนและวิธีการอย่างไร

2.3 ระบุเครื่องมือ อุปกรณ์ และระยะเวลาที่ต้องการ

3. ถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร (Problem information) หมายถึง กิจกรรมการสืบค้น ข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

3.1 สืบค้นข้อมูลและ ข่าวสาร (Data and information) จากแหล่งข้อมูล

3.2 มีข้อมูลและข่าวสารใดบ้างที่สนับสนุนหรือขัดแย้งวิธีการแก้ปัญหาตามแผน

3.3 ข้อมูลข่าวสารใดบ้างที่มีอยู่สามารถนำไปปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงแผนการแก้ปัญหา

4.จัดการปัญหา (Problem organization) หมายถึง กิจกรรมในการดำเนินการแก้ปัญหา ได้แก่

4.1 ลงมือแก้ปัญหาตามที่วางแผนไว้

4.2 บันทึก รวบรวบข้อมูล (Data) ตีความหมายของข้อมูล แสดงความสัมพันธ์ของเหตุและผลทางวิทยาศาสตร์ของข้อมูล

4.3 สรุปอ้างจากกรณีเฉพาะสู่กรณีทั่วไป

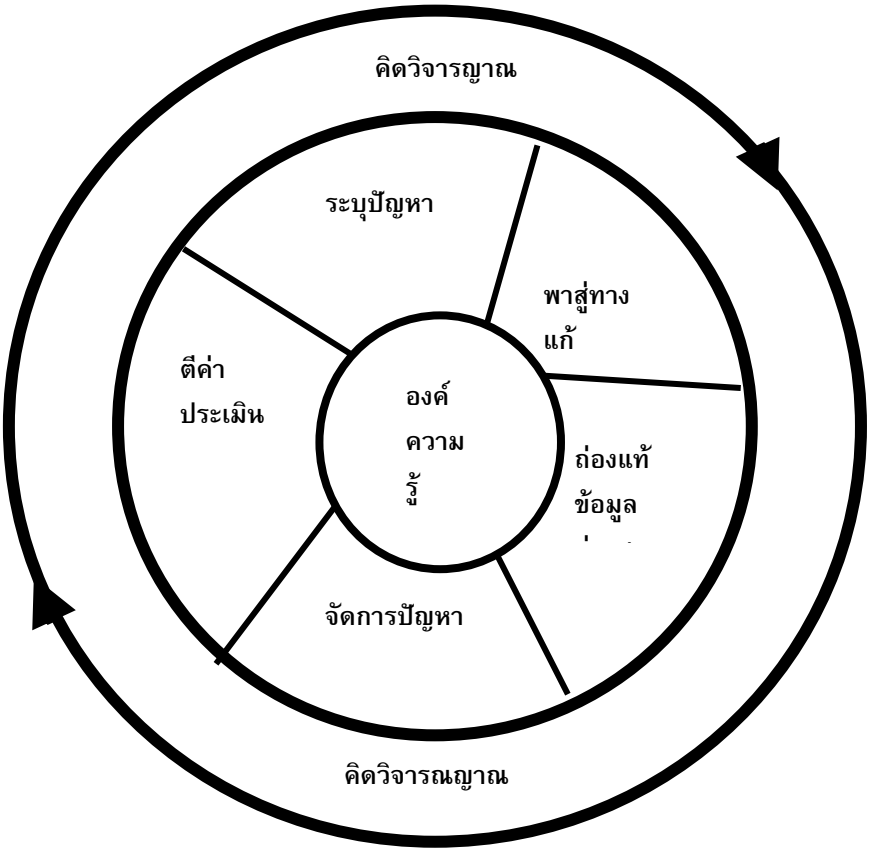
5. ตีค่าประเมิน (Problem evaluation) หมายถึง กิจกรรมประเมินผลและตรวจสอบการแก้ปัญหาด้วยตนเองและผู้อื่น ได้แก่

5.1 ประเมินผลการแก้ปัญหาว่าดีหรือไม่ดี ถูกหรือผิด เหมาะสมหรือไม่เหมาะสม เพราะอะไร มีประโยชน์หรือไม่ อย่างไร และใช้อะไรเป็นเกณฑ์ในการประเมิน ประเมินความพอใจและความภาคภูมิใจของตนเองและ/หรือกลุ่ม ในการแก้ปัญหา

5.2 ผลการแก้ปัญหาครั้งนี้นำสู่ปัญหาและความท้าทายในการแก้ปัญหาครั้งใหม่หรือไม่ อย่างไร

5.3 การนำเสนอผลของการแก้ปัญหาและการอภิปราย

วัฏจักรแห่งการคิดค้น (Thinking Exploration Cycle)



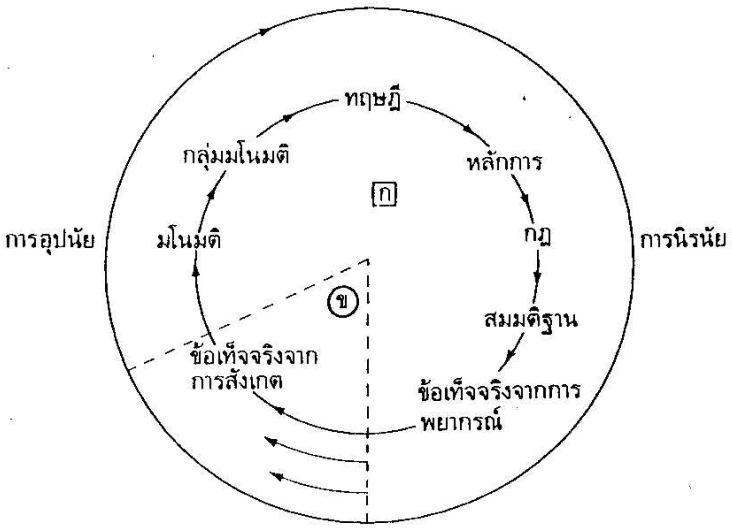
ภาพประกอบ 7 แสดงวัฏจักรแห่งการคิดค้น (Thinking Exploration Cycle)

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการจัดการเรียนรู้

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้

4.1.1 องค์ประกอบด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

มนุษย์สะสมข้อมูลต่างๆ ที่เรียกว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการแสวงหาความรู้อื่นๆ ต่อไป ลักษณะการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นลักษณะการสะสมความรู้ที่เปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อเท็จจริง มโนมติ หลักการ กฎ สมมติฐาน และทฤษฎี ที่นำไปสู่การแก้ปัญหาต่างๆ ซึ่งอธิบายได้ ดังแผนภาพในภาพที่ 7 ต่อไปนี้



ภาพประกอบ 8 แสดงกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
ที่มา : ปรีชา วงศ์ชูศิริ และคณะ. มปป. เอกสารหน่วยการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์: 221

จากภาพกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ บริเวณ ก. เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์แระเภทต่างๆ บริเวณ ข. จำกัดขอบเขต เป็นการสังเกตและได้รับข้อเท็จจริงจากการสังเกต การแสวงหาความรู้ของมนุษย์จะเริ่มที่จุดใดก็ได้ซึ่งอาจเริ่มที่ยอมรับแล้ว เช่น ทฤษฎี แล้วหาทางพิสูจน์ทฤษฎี หรือจะเริ่มจากข้อสงสัยจากข้อเท็จจริงแล้วพัฒนาไปเป็นมโนมติ ทฤษฎี หลักการ ฯลฯ โดยวิธีอุปนัยหรือโดยวิธีนิรนัยจากการพิสูจน์สมมติฐานไปสู่การพยากรณ์และเข้าสู่บริเวณ ข. ซึ่งเป็นข้อเท็จจริงจากการสังเกต ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงไม่ใช่ความรู้จริงที่แน่นอนและเปลี่ยนแปลงไม่ได้ และยังต้องมีการแสวงหาความรู้ใหม่ได้เรื่อยๆ ต่อไป เพื่อให้มองเห็นภาพรวมขององค์ประกอบด้านเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะแบ่งออกเป็น 6 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. ข้อเท็จจริงวิทยาศาสตร์ (Scientific facts)
2. มโนมติ (Concepts)
3. หลักการ (Principles)
4. กฎ (Law)
5. สมมติฐาน (Hypotheses)
6. ทฤษฎี (Theories)

วิธีการที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นคว้าหาความรู้ซึ่งเป็นความรู้ที่ตนยอมรับหรือจะเป็นพื้นฐานเพื่อการศึกษาค้นคว้าต่อไป

4.1.2 จุดมุ่งหมายทางการศึกษาของเบนจามิน บลูม (Benjamin Bloom)

เบนจามิน บลูม (Benjamin Bloom) ได้พัฒนาจุดมุ่งหมายทางการศึกษาขึ้นในช่วงทศวรรษที่ 6 ของศตวรรษที่ 20 (1950 – 1959) ประกอบด้วยจุดมุ่งหมาย 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัยและด้านทักษะพิสัย สำหรับจุดมุ่งหมายทางการศึกษา ด้านพุทธิพิสัย ซึ่งจะมีลักษณะเป็นกระบวนการทางปัญญาที่เป็นลำดับขั้นและจะค่อยๆ เพิ่มความซับซ้อนขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงขั้นสุดท้ายทั้งหมด 6 ขั้น ดังนี้

1. ความรู้ ความจำ (Knowledge)
2. ความเข้าใจ (Comprehension)
3. การนำไปใช้ (Application)
4. การวิเคราะห์ (Analysis)
5. การสังเคราะห์ (Synthesis)
6. การประเมินค่า (Evaluation)

ตลอดจนระยะเวลาที่ผ่านมาจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูมได้รับการยอมรับและมีการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง เช่น การนำไปใช้ในชั้นเรียนในฐานะเครื่องมือสำหรับวางแผนการเรียนการสอน การตรวจสอบความสอดคล้องของจุดประสงค์การสอนกลยุทธการสอนและการประเมินผล หรือ การนำไปจำแนกความแตกต่างระหว่างความคิดระดับสูงกับความคิดระดับต่ำ เป็นต้น จุดมุ่งหมายทางการศึกษาของบลูม ถือได้ว่าเป็นจุดมุ่งหมายทางการศึกษาที่มีความสำคัญที่สุดรูปแบบหนึ่ง ที่มีการนำมาประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายในทุกระดับของระบบการศึกษาในโรงเรียนและในทุกสาขาวิชา

จุดอ่อนและข้อจำกัดของจุดมุ่งหมายทางการศึกษาของบลูม ซึ่งเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องทางการศึกษาได้นำจุดมุ่งหมายทาการศึกษาของบลูมไปใช้ในระยะเวลาที่ผ่านมา ได้พบจุดอ่อนและข้อจำกัดของจุดมุ่งหมายดังกล่าวหลายๆ ประการ เช่น โลริน แอนดอร์สัน (Lorin Anderson) ได้นำเสนอข้อค้นพบได้ว่า จุดมุ่งหมายทางการศึกษาของบลูมแบบเดิมซึ่งได้แบ่งออกเป็นกระบวนการทางปัญญาเรียงตามลำดับทั้ง 6 ขั้นนั้นทำให้เกิดความเข้าใจว่า ขั้นตอนดังกล่าวไม่สามารถทับซ้อนหรือเหลื่อมล้ำกันได้ และการที่ผู้เรียนจะสามารถบรรลุถึงกระบวนการทางปัญญาในระดับที่ซับซ้อนหรือสูงขึ้นได้นั้น จะต้องบรรลุกระบวนการทางปัญญาที่อยู่ในระดับต่ำกว่าทั้งหมดเสียก่อน ก็เป็นมาตรฐานที่เข้มงวดเกินไป ซึ่งในเรื่องนี้ ออร์เมล (Ormell) ได้พบว่า บางครั้งสิ่งที่ต้องการสำหรับกระบวนการทางปัญญาในขั้นความรู้ ความจำ ยังมีความซับซ้อนมากกว่าสิ่งที่ต้องการในกระบวนการทางปัญญาในขั้นการวิเคราะห์หรือการประเมินค่า นอกจากนี้ ไครเซอร์ (Kreitzer) ได้อ้างว่า ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างจุดมุ่งหมายทางการศึกษานี้ได้ยอมรับว่า พวกเขาไม่สามารถให้คำจำกัดความเพื่อจำแนกความแตกต่างระหว่างพฤติกรรมในกระบวนการทางปัญญาของระดับขั้นต่างๆ ได้อย่างชัดเจน และไครเซอร์เองก็ได้พบว่ากระบวนการทางปัญญาในขั้นการประเมินค่าไม่ได้มีความซับซ้อนกว่ากระบวนการทางปัญญาในขั้นของการสังเคราะห์ และใน

บางครั้งการสังเคราะห์ก็มีความเกี่ยวเนื่องกับการประเมินค่าด้วย

การปรับปรุงจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูม จากข้อค้นพบดังกล่าวในช่วงระหว่าง 1990-1999 เดวิด แครทโวทล์ (David Krathwohl) ซึ่งเป็นหนึ่งในคณะที่ได้ร่วมสร้างจุดมุ่งหมายการศึกษาเดิม และโลริม แอนเดอร์สัน (Lorin Anderson) ลูกศิษย์คนหนึ่งของบลูมได้รวบรวมนักจิตวิทยา นักทฤษฎีหลักสูตร นักวิจัยทางด้านการเรียนการสอน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านวัดและประเมินผล เพื่อปรับปรุงจุดหมายการศึกษาด้านพุทธิพิสัย ของบลูมส่วนตัวของบลูมเองนั้น ไม่สามารถเข้ามีส่วนร่วมด้วยเนื่องจากป่วย และได้เสียชีวิตไปก่อนที่จะมีการตีพิมพ์จุดมุ่งหมายการศึกษาฉบับปรับปรุงไม่นานนักในปี 2001

ผลของการปรับปรุงจุดหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยใหม่นี้ ได้เกิดการปรับเปลี่ยนที่สำคัญทั้งในส่วนโครงสร้างและคำศัพท์ที่ใช้เป็นชื่อของกระบวนการทางปัญญา ซึ่งสามารถเปรียบเทียบกับจุดมุ่งหมายฉบับเดิมได้ ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงการเปรียบเทียบกระบวนการทางปัญญาที่ใช้คำศัพท์เดิมและคำศัพท์ใหม่

คำศัพท์เดิม	**คำศัพท์ใหม่**
1. ความรู้ (Knowledge)	1. จำ (Remembering)
2. ความเข้าใจ (Comprehension)	2. เข้าใจ (Understanding)
3. การนำไปใช้ (Application)	3. ประยุกต์ใช้ (Applying)
4. การวิเคราะห์ (Analysis)	4. วิเคราะห์ (Analyzing)
5. การสังเคราะห์ (Synthesis)	5. คิดสร้างสรรค์ (Creating)
6. การประเมินค่า (Evaluation)	6. ประเมินค่า (Evaluating)

ลำดับขั้นของกระบวนการทางปัญญาในจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูมที่ปรับปรุงใหม่ ยังคงมีลำดับขั้น 6 ขั้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ ดังนี้

1) จำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถในการระลึกได้ แสดงรายการได้ บอกได้ ระบุ บอกชื่อได้ ตัวอย่างเช่น ผู้เรียนสามารถบอกความหายของทฤษฎีได้

2) เข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมาย ยกตัวอย่าง สรุป อ้างอิง ตัวอย่างเช่น ผู้เรียนสามารถอธิบายแนวคิดของทฤษฎีได้

3) ประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถในการนำไปใช้ ประยุกต์ใช้แก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาได้

4) วิเคราะห์ (Analysing) หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบ อธิบายลักษณะ การจัดการ ตัวอย่างเช่น ผู้เรียนสามารถบอกความแตกต่างระหว่าง 2 ทฤษฎีได้

5) ประเมินค่า (Evaluating) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบ วิจารณ์ตัดสิน ตัวอย่างเช่น ผู้เรียนสามารถตัดสินคุณค่าของทฤษฎีได้

6) คิดสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ (Design) วางแผน ผลิต ตัวอย่างเช่น ผู้เรียนสามารถนำเสนอทฤษฎีใหม่ที่แตกต่างไปจากทฤษฎีเดิม

การเปลี่ยนแปลงในการนิยามคำศัพท์การปรับปรุงจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูม ได้มีการปรับปรุงในเรื่องของการใช่คำศัพท์และการนิยามคำศัพท์ใหม่ โดยสามารถสรุปการเปลี่ยนแปลงได้ ดังนี้

1) ความแตกต่างระหว่างคำศัพท์เดิมกับคำศัพท์ใหม่ก็คือ ชื่อของกระบวนการทางปัญญาทั้ง 6 ขั้นนั้น จะเปลี่ยนจากการใช้คำนามเป็นคำกริยา เนื่องจากจุดมุ่งหมายทางการศึกษาที่ปรับปรุงใหม่นี้ต้องการที่สะท้อนให้เห็นถึงการคิด และการคิดเป็นกระบวนการของการกระทำ ดังนั้นจุดมุ่งหมายทางการศึกษาที่ปรับปรุงใหม่นี้ จึงใช้คำกริยาเพื่ออธิบายกระบวนการทางปัญญาในลักษณะของการกระทำ

2) คำอธิบายหรือคำนิยามของกระบวนการทางปัญญาในแต่ละลำดับขั้น จะถูกแทนที่ด้วยคำกิริยา และมีการปรับปรุงคำอธิบายหรือคำนิยามในบางลำดับขั้นด้วย

3) ในขั้นของความรู้ (Knowledge) ได้ถูกเปลี่ยนชื่อใหม่เนื่องจาก ความรู้คือผลลัพธ์หรือผลผลิตของการคิด ไม่ใช่รูปแบบของการคิด ดังนั้นคำว่าความรู้จึงแทนที่ด้วยคำว่า “จำ” (Remembering)

4) กระบวนการทางปัญญาในขั้นความเข้าใจ (Comprehension) และการสังเคราะห์ (Synthesis) ได้ถูกนำเข้าไปรวมไว้ในขั้น “เข้าใจ” (Understanding) และ “คิดสร้างสรรค์” (Creating) ตามลำดับ เพื่อให้สามารถสะท้อนธรรมชาติของการคิดที่นิยามไว้ในแต่ละลำดับขั้น

การเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างของจุดมุ่งหมายการทางการศึกษานอกจากการปรับปรุงในส่วนของการใช้คำศัพท์แล้ว การปรับปรุงจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของ บลูม ยังได้มีการปรับเปลี่ยนในส่วนของโครงสร้างด้วย ดังนี้

จากจุดมุ่งหมายทางการศึกษาเดิมที่มีเพียงหนึ่งมิติ ได้มีการปรับเปลี่ยนให้กลายเป็น 2 มิติ ดังที่ได้แสดงไว้ในตาราง 2 พร้อมทั้งมีการเพิ่มเข้ามาของผลผลิตของการคิดซึ่งเป็นแบบของความรู้ที่หลากหลาย ประกอบด้วยความรู้ในด้าน ข้อเท็จจริง (Fact) ความคิดรวบยอด (Concept) กระบวนการ (Procedure) และอภิปัญญา (Meta-cognitive)

ความหมายของมิติด้านความรู้มีดังนี้

1) ความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบพื้นฐานที่ผู้เรียนต้องรู้เพื่อปรับให้เข้ากับศาสตร์หรือเนื้อหาวิชา หรือเพื่อการแก้ปัญหา เช่น ความรู้ในเรื่องคำศัพท์ (Terminology) ความรู้ในเรื่องรายละเอียดและองค์ประกอบต่างๆ

2) ความรู้ในความคิดรวบยอด (Conceptual knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบพื้นฐานต่างๆ ที่อยู่ภายในโครงสร้างขนาดใหญ่ที่ทำให้องค์ประกอบพื้นฐานเหล่านั้นสามารถทำงานด้วยกันได้ เช่น ความรู้ในเรื่องของการจัดประเภทหมวดหมู่ และการจัดลำดับขั้น ความรู้ในเรื่องของหลักการ ความรู้ในเรื่องของทฤษฎี แบบแผนและ

โครงสร้าง

3) ความรู้ในกระบวนการ (Procedural knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับวิธีการที่จะทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง วิธีการเสาะแสวงหาความรู้ และบรรทัดฐานสำหรับการใช้ทักษะ ลำดับขั้นการแก้ปัญหา เทคนิคและวิธีการต่างๆ เช่นความรู้ในเรื่องของทักษะเฉพาะอย่างและลำดับขั้นการแก้ปัญหา ความรู้ในเรื่องของเทคนิคและวิธีการเฉพาะอย่าง ความรู้ในเรื่องของเกณฑ์สำหรับการพิจารณาเลือกใช้กระบวนการที่เหมาะสม

4) ความรู้ในอภิปัญญา (Meta-cognitive knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางปัญญาหรือกระบวนการเรียนรู้ของคน ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการข้อมูล ข่าวสาร (Information processing) และความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางปัญญาหรือกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง เช่น ยุทธวิธีการเรียนรู้ หรือการได้มาซึ่งความรู้ ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการใช้ปัญญา รวมไปถึงการใช้เนื้อหาและเงื่อนไขที่เหมาะสม คือรู้ว่าเวลาใด เหตุผลใดที่จะใช้ความรู้ในเรื่องนั้นๆ ความรู้เกี่ยวตนเอง คือ รู้ถึงจุดอ่อน จุดแข็งของตนเอง รู้ว่าตนเองรู้อะไร และมีความรู้ในระดับไหน

กระบวนการทางปัญญาในขั้นต่างๆ มีการเรียงลำดับในลักษณะของการเพิ่มความซับซ้อนขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นกระบวนการทางปัญญาในขั้นของการสังเคราะห์ (คิดสร้างสรรค์) และการประเมินค่า จะสลับลำดับกัน

การเปลี่ยนแปลงในจุดเน้นของจุดมุ่งหมายทางการศึกษา เป้าหมายลำดับแรกการปรับปรุงจุดมุ่งหมายทางการศึกษา ครั้งนี้คือ การนำจุดมุ่งหมายไปใช้ในการปฏิบัติจริง ซึ่งหมายความว่าจุดมุ่งหมายทางการศึกษาที่ได้ปรับปรุงจะเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับการวางแผนหลักสูตร การจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ตาราง 2 แสดงมิติของความรู้และมิติของกระบวนการทางปัญญา

	มิติของกระบวนการทางปัญญา					
มิติของความรู้	จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	คิดสร้างสรรค์
ความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual Knowledge)						
ความรู้ในกระบวนการ (Procedural Knowledge)						
ความรู้ในอภิปัญญา (Meta-cognitive Knowledge)						

การปรับปรุงจุดมุ่งหมายทางการศึกษาครั้งนี้ต้องการขยายขอบเขตของผู้ที่เกี่ยวข้องให้กว้างขึ้น เนื่องจากจุดมุ่งหมายทางการศึกษาเดิมถูกมองว่า เป็นเครื่องมือที่ใช้ได้ดีในกลุ่มของผู้เรียนวัยเด็กเท่านั้น ส่วนจุดมุ่งหมายทางการศึกษาที่ได้ปรับใหม่สามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวางมากขึ้นในทุกระดับผู้เรียน เช่น ระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาหรือสูงกว่านี้ และมีการปรับปรุงจุดมุ่งหมายทางการศึกษาครั้งนี้ จะเน้นไปที่การอธิบายถึงพฤติกรรมในกระบวนการทางปัญญาแต่ละขั้น ดังที่ปรากฏในตาราง 3

แนวทางการนำจุดมุ่งหมายทางการศึกษาไปใช้ในการจัดการศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ให้อยู่ในด้านใดด้านหนึ่งของ 3 ของมิติด้านการเรียนรู้คือ ความรู้ในข้อเท็จจริง (Factual Knowledge) ความรู้ในเรื่องความคิดรวบยอด (Conceptual Knowledge) ความรู้ในเรื่องกระบวนการ (Procedural Knowledge) และในขณะเดียวกันก็อยู่ภายในระดับใดระดับหนึ่งใน 5 ระดับของมิติด้านกระบวนทางปัญญาในระดับใดระดับหนึ่ง คือ เข้าใจ นำไปใช้ วิเคราะห์ ประเมินค่า และสรรค์สร้าง

ตาราง 3 แสดงคำสำคัญและพฤติกรรมของการกระบวนการทางปัญญาทั้ง 6 ขั้น

กระบวนการทางปัญญา	คำสำคัญ	พฤติกรรมและผลผลิต
จำ (Remembering) - จำ (Remembering) ความรู้ที่มีอยู่ในความจำ	- ระบุ (Identifying)	- สามารถเล่าเหตุการณ์หรือเรื่องราวได้ - บอกได้ว่ามีสัตว์อะไรอยู่ในเรื่องบ้าง
- ระลึกได้ (Recalling) สามารถเรียนความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปนานแล้วกลับมา	- ระลึกได้ (Retrieving)	- เขียนรายการข้อมูลที่อยู่ในความทรงจำได้ - ท่องบทกวีที่ชื่นชอบได้

ตาราง 3 (ต่อ)

กระบวนการทางปัญญา	คำสำคัญ	พฤติกรรมและผลผลิต
เข้าใจ (Understanding) - แปลความหมาย (Interpreting) การเปลี่ยนจากรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง	- อธิบาย - นำเสนอ - แปล - ถอดความ	- แสดงความคิดหลักของข้อความนี้
- ยกตัวอย่าง (Exemplifying) การค้นหาแนวคิดหรือทฤษฎี	- ยกตัวอย่าง - วาดภาพประกอบ	- แสดงภาพประกอบความหมายของสิ่งนี้
- การสรุปอ้างอิง (Inferring) การย่นย่อประเด็นหลัก	- สรุป - เติมคำ - ทำนาย	- ใช้ตัวอย่างที่กำหนดให้แล้วสรุปอ้างอิงไปยังหลักการหรือทฤษฎี
เข้าใจ (Understanding) (ต่อ) - เปรียบเทียบ(Comparing) การค้นหาความสอดคล้องระหว่างสองแนวคิด	- เปรียบเทียบ - จับคู่ - แสดงแผนผัง	- เขียนเรื่องสั้นแสดงลำดับขั้นตอนของเหตุการณ์
ประยุกต์ใช้ (Applying) - นำไปใช้ (Executing) ประยุกต์ใช้ความรู้ในงานที่ไม่ใช่งานประจำ	- ดำเนินการให้สำเร็จ	- เขียนสรุปรายงานประจำเดือน
-นำไปใช้ (Implementing) ประยุกต์ใช้ในงานที่ไม่ใช่งานประจำ	- ใช้	- เขียนเอกสารเกี่ยวกับหัวข้อที่น่าสนใจ
วิเคราะห์ (Analysing) - บอกความแตกต่าง (Differentiating) ปรียบเทียบความแตกต่างของสิ่งต่างๆ ของสิ่งที่กำหนด	- จำแนก - บอกความแตกต่าง - คัดเลือก - จุดเน้น	- บอกความแตกต่างระหว่างจำนวนตรรกะ และ อตรรกะด้วยหลักคณิตศาสตร์
- จัดการ (Organising) กำหนดสถานการณ์ที่เหมาะสมหรือหน้าที่ภายในโครงสร้าง	- สรุปความ - ปะติดปะต่อเรื่องราว	- สร้างตารางนำเสนอข้อมูล - เขียนแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของ หลายสิ่ง

ตาราง 3 (ต่อ)

กระบวนการทางปัญญา	คำสำคัญ	พฤติกรรมและผลผลิต
- คุณลักษณะ (Attributing) กำหนดจุดที่พบเหตุความลำเอียง คุณค่า หรือแนวโน้มของสิ่งที่สนใจศึกษา	- หาสิ่งเหมือน	- เขียนชีวประวัติของบุคคลที่สนใจศึกษา
ประเมินค่า (Evaluating) - ตรวจสอบ (Checking) ค้นหาความไม่สอดคล้องหรือความขัดแย้งภายในกระบวนการหรือผลผลิต	- ค้นหา - ทดสอบ	- เขียนข้อเสนอแนะเพื่อให้เกิดการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง
ประเมินค่า (Evaluating) วิจารณ์ (Critiquing) ค้นหาความไม่สอดคล้องระหว่างผลผลิตและเกณฑ์ภายนอก ค้นหาความเหมาะสมของกระบวนการที่มีปัญหา (เช่น ตัดสินว่า 2 วิธีการนี้วิธีการใดดีที่สุด)	- ตัดสิน	- ตัดสินวิธีการ 2 วิธีว่าวิธีไหนช่วยแก้ปัญหาได้ดีที่สุด
คิดสร้างสรรค์ (Creating) ทำให้เกิดขึ้น(Generating) การได้ทางเลือกหรือสมมติฐานที่อยู่บนพื้นของกฎเกณฑ์หรือเหตุผล	- สมมติฐาน	- จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นสามารถตั้งสมมติฐานได้อย่างไร
วางแผน (Planning) การดำเนินการตามกระบวนการจะได้รับผลสำเร็จ	- ออกแบบ	- ออกแบบสร้างบ้านในฝัน - เขียนบทละครโทรทัศน์
ผลผลิต (Producing)	- ก่อตั้ง - สร้าง	- นำเสนอแนวคิดใหม่ๆ - ประดิษฐ์ชิ้นงานที่สนใจ

4.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4.2.1 ความหมายและความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้แอนเดอร์สัน (Anderson. 1969: 3332 A) กล่าวว่ากระบวนการนี้ว่าเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการเสาะแสวงหาความรู้ ความหมายที่สำคัญของกระบวนการ คือ วิถีทางของกระบวนการในการหาความรู้ กระบวนการนี้เกิดสลับซับซ้อนในแต่ละบุคคลทำให้เกิดพัฒนาการทางด้านสติปัญญา

พจน์ สะเพียรชัย (2517: 49-51) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ พฤติกรรมของคน ที่แสดงออกถึงความสามารถในด้านทักษะ การสังเกต การวัดการบันทึกข้อมูลและการสื่อความหมาย การจัดกระทำกับข้อมูล การสร้างสมมติฐาน การออกแบบและดำเนินการทดลอง การคิดคำนวนและทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2520: 123) วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีกฎเกณฑ์และระเบียบวิธีการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ต้องมีการค้นคว้าทดลองเพื่อหาข้อเท็จจริงและพิสูจน์กฎเกณฑ์บางอย่าง วิธีการศึกษาจึงเปรียบเสมือนเครื่องมือที่จะใช้ในการค้นคว้าให้ได้ข้อสรุปจากการทดลอง วิทยาศาสตร์จึงไม่เพียงแต่เป็นแหล่งสะสมความรู้เท่านั้น แต่ยังรวมวิธีการที่ใช้แก้ปัญหาและทำให้เกิดความงอกงามทางสติปัญญาอีกด้วย ในขณะที่ทำการศึกษาค้นคว้า ผู้ทำการทดลองย่อมมีโอกาสฝึกฝนทั้งในด้านการปฏิบัติและพัฒนาความนึกคิดไปด้วย พฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความนึกคิดอย่างมีระบบเหล่านี้เรียกว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ละเอียด ถิระอนันต์ (ละเอียด ถิระอนันต์. 2525: 8) ได้กล่าวว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมหรือวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้หรือค้นหาคำตอบของปัญหา เป็นองค์ประกอบหนึ่งของวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาปัจจุบันเห็นว่ามีความจำเป็นที่ต้องฝึกผู้เรียนนำไปใช้ได้อย่างคล่องแคล่ว และเกิดความชำนาญในการเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมกับเรื่องราวที่ต้องการศึกษา หรือปัญหาที่ต้องการแก้ไขและหาคำตอบ หรืออาจกล่าวในอีกนัยหนึ่งไว้ว่า จุดมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์จะต้องหมายรวมถึงการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วย นักการศึกษาหลายท่านได้ยืนยันในทำนองเดียวกันว่า โดยอาศัยกระบวนการดังกล่าวทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ตลอดจนค้นหาความรู้ใหม่ๆ เชิงวิทยาศาสตร์ได้อยู่เสมอ อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้อย่างกว้างขวางแม้กับวิชาการแขนงอื่นด้วย

โชติ เพชรชื่น (โชติ เพชรชื่น. 2527: 16) ได้กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความชำนาญ ความคล่องแคล่วในการคิดและปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

4.2.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สมาคมเพื่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ของอเมริกา หรือ AAAS (American Association for The Advancement of Science) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการ โดยแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ดังนี้

4.2.2.1 ทักษะเบื้องต้น (Basic process skill) แบ่งออกเป็น 8 ทักษะ ดังนี้ การสังเกต การวัด การใช้จำนวนเลข การจัดจำพวก การสื่อความหมาย การใช้ความสัมพันธ์เกี่ยวกับมิติและเวลา

4.2.2.2 ทักษะขั้นบูรณาการ (Integrated process skill) แบ่งออกเป็น 5 ทักษะ ดังนี้ การให้นิยามปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การสร้างสมมติฐาน การประมวลผลและตีความหมายข้อมูล การออกแบบการทดลอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2524:1-16) และ (ทบวงมหาวิทยาลัยของรัฐ. 2525: 583-129) ได้กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะ และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ระบุความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะทั้ง 13 ทักษะ ดังนี้

1. การสังเกต

1.1 ชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้ โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง

1.2 บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณ

1.3 บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2. การวัด

2.1 เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด

2.2 บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้

2.3 บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง

2.4 ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนัก และอื่นๆ ได้ถูกต้อง

2.5 ระบุหน่วยตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

3. การจำแนกประเภท

3.1 เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่างๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้

3.2 เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้

3.3 บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา

4.1 ชี้บ่งรูป 2 มิติ จากวัตถุหรือรูป 3 มิติที่กำหนดให้ได้

4.2 วาดรูป 2 มิติ จากวัตถุหรือรูป 3 มิติ

4.3 บอกชื่อของรูปและรูปทรงทางเลขาคณิตได้

4.4 บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติได้

4.5 บอกตำแหน่งหรือทิศทางของวัตถุหนึ่งได้

4.6 บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่งได้

4.7 บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพที่ปรากฏในกระจกว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้

4.8 บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณสิ่งต่าง ๆ กับเวลา

5. การคำนวณ

5.1 การนับ ได้แก่ นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้ ตัดสินว่าสิ่งของในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน

5.2 การคำนวณ (บวก ลบ คูณ หาร) ได้แก่ บอกวิธีคำนวณได้ คิดคำนวณได้ถูกต้อง แสดงวิธีคิดคำนวณได้

5.3 การหาค่าเฉลี่ย

6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

6.1 เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม

6.2 บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้

6.3 ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้

6.4 การเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจดีขึ้นได้

6.5 บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสมกระทัดรัดจนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

6.6 บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของสถานที่จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

7. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล

อธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

8. การพยากรณ์

8.1 การพยากรณ์ทั่วไป คือทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้

8.2 การพยากรณ์จากข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ การทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้ ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

9. การตั้งสมมติฐานคือ การหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต

ความรู้และประสบการณ์เดิม

10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ คือ การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่างๆ ให้สังเกตได้และวัดได้

11. การกำหนดและควบคุมตัวแปรคือ การชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

12. การทดลอง คือ การกำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมด้วย ระบุอุปกรณ์ และ/หรือสารเคมีที่ใช้ในการทดลองได้ ปฏิบัติการทดลอง และใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสมและบันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

13. การตีความหมายข้องมูลและลงข้อสรุปคือการแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและคุณสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้และบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอยู่ในข้อมูล

4.3 แนวคิดเกี่ยวกับความคิดวิจารณญาณ

4.3.1 ความหมายของความสามารถในการคิดวิจารณญาณ

ความสามารถในการคิดวิจารณญาณ หรือการคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้น ในภาษาไทย นักวิชาการ นักการศึกษา นักจิตวิทยา และนักปรัชญา ให้คำเรียกที่แตกต่างกันแต่มีความหมายใกล้เคียงกัน ได้แก่ ความคิดเชิงวิพากษ์ ความคิดวิพากษ์วิจารณ์ การคิดไตร่ตรอง ความคิดเชิงเหตุผล เป็นต้น (อรพรรณ ลือบุญธวัชชัย. 2543: 4- 6) และมีผู้ให้ความหมายตามแนวคิดความเชื่อไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

ดิวอี้ (Dewey. 1933) ให้ความหมายของความสามารถในการคิดวิจารณญาณว่าเป็นการคิดอย่างใคร่ครวญ ไตร่ตรอง โดยเริ่มต้นจากสถานการณ์ที่มีความยุ่งยาก และสิ้นสุดด้วยสถานการณ์ที่มีความชัดเจน

เอนนิส (Ennis. 1985: 45) ให้ความหมายของความสามารถในการคิดวิจารณญาณว่าเป็นการคิดอย่างไตร่ตรอง (Reflective thinking และคิดอย่างมีเหตุผลเพื่อใช้ในการตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อ หรือควรทำ จากความหมายดังกล่าว เอนนิส ให้ข้อสังเกตว่า ได้รับเอากิจกรรมการคิดสร้างสรรค์ไว้ด้วย ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน การตั้งคำถาม การค้นหาทางเลือก (Alternative) และการวางแผนเพื่อการทดลอง รวมทั้งเป็นความหมายที่นำไปสู่กิจกรรมการปฏิบัติ (Practical activity) เป็นการปรับจากแนวคิดเดิมที่มองว่า “ความสามารถในการคิดวิจารณญาณเป็นการประเมินความถูกต้องของข้อความ” (Ennis. 1989: 4; citing in Ennis. 1962. Harvard Educational Review: 82)

สเติร์นเบิร์ก (Sternberg. 1986: 2) ความหมายของความสามารถในการคิดวิจารณญาณว่า ประกอบด้วยกระบวนการทางความคิด (Mental process) กลวิธี และการแสดงออกของบุคคลในการแก้ไขปัญหา ตัดสินใจ และการเรียนรู้แนวคิดใหม่ๆ (New concept)

ลิปแมน (Lipman. 1988: 39) ให้ความหมายว่า เป็นทักษะความชำนาญ และการคิดในความสามารถตอบสนอง (Responsible thinking) ที่ช่วยส่งเสริมให้เกิดการตัดสินใจที่ดี โดยเชื่อมั่นในหลักเกณฑ์ (Criteria) มีการตรวจสอบความถูกต้องด้วยตนเอง (Self – correcting) และมีความไวต่อสภาวะแวดล้อม (Sensitive to context) ต่อมาได้สรุปความหมายให้กระชับว่า ความสามารถในการคิดวิจารณญาณ เป็นการคิดที่มีการตรวจสอบความถูกต้องด้วยตนเอง มีความไวต่อสภาวะแวดล้อมและเชื่อมั่นในหลักเกณฑ์เพื่อใช้สำหรับการตัดสินใจ (Liprnan. 1991: 113)

นอริส (Norris. 1985: 40) สรุปความหมายว่า ความสามารถในการคิดวิจารณญาณ เป็นการตัดสินใจอย่างมีเหตุผลว่าอะไรควรทำ หรืออะไรควรเชื่อ

วิลคินสัน (Wilkinson: 1992: 24) ให้ความหมายของคิดวิจารณญาณ เป็นกิจกรรมในด้านความนึกคิดอย่างมีเป้าหมาย เพื่อให้เกิดผลของความคิด (Production) การประเมิน (Evaluation) และการตัดสินใจ (Judgement)

เคอร์ฟิส (Kurfiss. 1988: 2) ให้ความหมายว่า ความสามารถในการคิดวิจารณญาณ เป็นการใช้เหตุผลในการตอบคำถาที่ไม่มีคำตอบที่แน่นอน และอาจจะไม่มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่จะนำมาใช้ได้ จึงเป็นการสืบค้นอย่างมีจุดมุ่งหมายที่จะค้นคว้าเกี่ยวกับสถานการณ์ ปรากฏการณ์ คำถามหรือปัญหา เพื่อนำไปสู่การตั้งสมมุติฐานหรือข้อสรุป ที่ได้จากการบูรณาการข้อมูลที่ใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด และสามารถแสดงเหตุผลได้อย่างน่าเชื่อถือ

แมคเพค (Siegel. 1988: 22; citing in McPeck. 1981. Critical Thinking and Education: 6, 9) กล่าวถึงความสามารถในการคิดวิจารณญาณ สรุปได้ว่า เป็นการไตร่ตรองข้อสงสัย (Reflective Skepticism) อย่างเหมาะสมในปัญหาที่อยู่ภายใต้ขอบเขตของการพิจารณา (ให้ความสำคัญของความรู้ในเนื้อหา เพื่อใช้ในความสามารถในการคิดวิจารณญาณ) รวมทั้งต้องมีความชอบ (Pro-pensity) และทักษะในกิจกรรมที่เกี่ยวกับการไตร่ตรองข้อสงสัย ในแนวคิดดังกล่าวเน้นความสำคัญของเนื้อหาสาระของความรู้ และความพอใจ หรือคุลักษณะของบุคคลที่จะทำกิจกรรม และมีความเชื่อบนพื้นฐานของเหตุผล (Siegel. 1988: 22 -23)

แบนด์แมน และแบนด์แมน (Bandman and Bandman. 1995: 7) ให้ความหมายเป็นการตรวจสอบด้ายเหตุผลในเรื่องของความนึกคิด การสรุปอ้างอิง (Inference) ข้อตกลงเบื้อต้น หลักการข้อโต้แย้ง ข้อสรุป หัวข้อ (Issue) ข้อความ (Statement) ความเชื่อและการกระทำ การตรวจสอบดังกล่าว ครอบคลุมการให้เหตุผลในทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งรวมทั้งกระบวนการพยาบาล (Nursing Process) การตัดสินใจ และการให้เหตุผลในประเด็นที่ยังไม่ได้ข้อสรุป

จากการรวบรวมความหมายของ ความสามารถในการคิดวิจารณญาณที่ผู้ให้ไว้อย่างมากมาย และมีความหลากหลายตามความเชื่อ จากผู้เชี่ยวชาญที่ศึกษาค้นคว้าในเรื่องความสามารถในการคิดวิจารณญาณมาเป็นเวลานาน ผู้วิจัยรวบรวมและสรุปความหมายได้ดังนี้ ความสามารถในการคิดวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดอย่างมีจุดมุ่งหมาย สามารถเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่าง ประยุกต์ใช้ความรู้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับสถานการณ์ ตีความหมายของข้อมูล แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลทางวิทยาศาสตร์

สรุปอ้างจากกรณีเฉพาะสู่กรณีทั่วไป ตัดสิน และการแก้ปัญหา ซึ่งความสามารถเหล่านี้ต้องผ่านการคิดอย่างมีเหตุผล คิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์และประเมินค่าโดยใช้เกณฑ์เฉพาะบางอย่างด้วยการไตร่ตรองอย่างรอบคอบ และสามารถตรวจสอบความคิดได้ด้วยตนเอง

4.3.2 ความสามารถและคุณลักษณะของผู้มีความคิดวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นลักษณะอย่างหนึ่งของการคิด มีผู้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการคิดวิจารณญาณ รวมทั้งกล่าวถึงความสามารถ และคุณลักษณะของผู้ที่มีความสามารถในการคิดวิจารณญาณโดยทั่วไป ผู้วิจัยศึกษา และรวบรวมสรุปได้ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงคุณลักษณะของผู้ที่มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ผู้เชี่ยวชาญ	**ความสามารถและคุณลักษณะผู้มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ**
วัตสันและเกลเซอร์ (Watson and Glaser, 1964: 11)	1. จำแนกระดับความน่าจะเป็นของข้อสรุปที่คาดคะเนจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ 2. จำแนกได้ว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้นที่ต้องยอมรับก่อนโต้แย้งหรืออธิบายข้อความอื่น 3. จำแนกได้ว่าข้อสรุปใดเป็นผลจากความสัมพันธ์ของสถานการณ์ที่กำหนดให้ 4. จำแนกได้ว่าข้อสรุปใดเป็นลักษณะหรือคุณสมบัติทั่วไปที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ 5. จำแนกได้ว่าการอ้างเหตุผลใดหนักแน่นน่าเชื่อถือหรือไม่หนักแน่นเมื่อพิจารณาความสำคัญและความเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา
เดรสเซลและเมย์ฮิว (Beyer, 1985: 273; citing in Dressel and Mayhew, 1954)	1. มีความชัดเจนในประเด็นปัญหา 2. ยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น 3. สามารถประเมินสถานการณ์ และความสามารถต่างๆ ได้แก่ 3.1 รับรู้ในสิ่งที่เหมือนกัน 3.2 รับรู้อคติและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์ในการแสดงออก 3.3 แยกระหว่างข้อมูลที่สามารถพิสูจน์ได้กับที่พิสูจน์ไม่ได้ 3.4 แยกสิ่งที่เกี่ยวข้องกับที่ไม่เกี่ยวข้องออกจากกันได้

ตาราง 4 (ต่อ)

ผู้เชี่ยวชาญ	ความสามารถและคุณลักษณะผู้มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ
	3.5 แยกระหว่างสิ่งที่สำคัญ กับสิ่งที่บังเอิญเกิดขึ้นได้ 3.6 รับรู้เกี่ยวกับความพอเพียงของข้อมูล 3.7 พิจารณาข้อเท็จจริงที่ใช้อยู่ทั่วไป 3.8 ตรวจสอบความสม่ำเสมอ 4. การเลือกสมมติฐาน 5. สรุปได้อย่างสมเหตุสมผลและตัดสินความถูกต้องของการสรุปตามหลักเหตุผล
เอนนิส (Ennis, 1985: 46)	**ด้านคุณลักษณะ** 1. การค้นหาความชัดเจนของข้อความที่เป็นความรู้ใหม่ 2. การค้นหาเหตุผล 3. การพยายามที่จะได้รับความรู้หรือข้อมูลที่ดี 4. การใช้แหล่งอ้างอิงข้อมูลที่เชื่อถือได้ 5. ให้ความสนใจปัญหา หรือสถานการณ์ทั้งหมด 6. พยายามสนใจสิ่งที่สอดคล้องกับประเด็นหรือจุดสำคัญ 7. จดจำเกี่ยวกับความรู้ที่เป็นพื้นฐาน 8. การค้นหาทางเลือก
เอนนิส (Ennis, 1985: 46)	**ด้านคุณลักษณะ** 9. เป็นผู้ที่เปิดใจกว้าง ได้แก่ 9.1 ยอมรับฟังความคิดเห็นของบุคคลอื่น 9.2 ใช้เหตุผลในการค้นหาข้อตกลง 9.3 ไม่ตัดสินใจ ถ้ายังขาดข้อมูลหรือเหตุผลอย่างเพียงพอ 10. มีแนวคิด และสามารถเปลี่ยนแปลงแนวคิดได้ เมื่อมีข้อมูล หรือเหตุผลเพียงพอ 11. ค้นหาความถูกต้องเท่าที่จะหาความรู้หรือข้อมูลได้ 12. จัดการตามลำดับขั้นตอนในแต่ละส่วนของสิ่งที่มีความซับซ้อน 13. มีความไวต่อความรู้สึก ระดับความรู้และความคิดของบุคคลอื่น

ตาราง 4 (ตาราง)

ผู้เชี่ยวชาญ	ความสามารถและคุณลักษณะผู้มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ
	ด้านความสามารถ 1. มีความชัดเจนขั้นพื้นฐาน 1.1 ตั้งคำถาม และกำหนดเกณฑ์ในการตัดสินคำตอบที่ได้ 1.2 วิเคราะห์ข้อคิดเห็น 1.3 ถามคำถามได้อย่างท้าทาย 2. การสนับสนุนขั้นพื้นฐาน 2.1 ตัดสินความน่าเชื่อถือของข้อมูลได้ 2.2 สังเกตและตัดสินรายงานจากการสังเกตได้ 3. การสรุปอ้างอิง 3.1 การใช้เหตุผลเชิงนิรนัย (Deductive) 3.2 การให้เหตุผลเชิงอุปนัย (Inductive) 3.3 การตัดสินใจ และการตัดสินเกี่ยวกับคุณค่า 4. ความชัดเจนขั้นสูง 4.1 การให้ความหมายของคำ 4.2 แสดงความชัดเจนของข้อตกลงเบื้องต้น
เอนนิส (Ennis, 1985: 46)	**ด้านความสามารถ** 5. ด้านกลวิธี และเทคนิค 5.1 ตัดสินใจทำกิจกรรมและอธิบายเหตุผลได้ 5.2 การมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคล
รัสเซล (Beyer, 1985: 297-303 citing in Russel, 1956)	1. เปิดใจยอมรับความคิดใหม่ๆ 2. ไม่โต้แย้งในเรื่องใดๆ ถ้ายังไม่ทราบรายละเอียดข้อมูลกับเรื่องนั้น 3. ตัดสินความถูกต้องของข้อความ 4. จำแนกสารสนเทศ คำกล่าวอ่างหรือเหตุผลที่สัมพันธ์กับประเด็นปัญหาได้ 5. ค้นหาความลำเอียงได้ 6. บอกข้อตกลงเบื้องต้นที่แฝงอยู่ได้ 7. บอกข้อโต้แย้งที่เป็นปัญหาและคุลมเครือ 8. บอกเหตุผลที่ไม่เป็นไปตามหลักตรรกวิทยาหรือผิด

ตาราง 4 (ต่อ)

ผู้เชี่ยวชาญ	ความสามารถและคุณลักษณะผู้มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ
	หลักการให้เหตุผล 9. จำแนกข้ออ้างที่เป็นเหตุผล และข้ออ้างที่ไม่เป็นเหตุผล 10. ตัดสินความหนักแน่นของการอ้างเหตุผล
ฮาร์นาเต็ค (Harnadek, 1989 : 21)	1. เปิดใจยอมรับความคิดใหม่ๆ 2. ไม่โต้แย้งในเรื่องใดๆ ถ้ายังไม่ทราบรายละเอียดข้อมูลกับเรื่องนั้น 3. ทราบว่าเมื่อไรที่จำเป็นต้องได้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องนั้น 4. จำแนกข้อสรุปที่อาจจะเป็นจริงกับข้อสรุปที่ต้องเป็นจริง 5. ยอมรับว่าคนเราเข้าใจความหมายของความแตกต่างกัน 6. พยายามหลีกเลี่ยงความผิดพลาดในการให้เหตุผล 7. พยายามถามทุกสิ่งที่ไม่เข้าใจ 8. จำแนกความคิดด้วยอารมณ์ออกจากความคิดด้วยเหตุผลเชิงตรรกวิทยา
ฮาร์นาเต็ค (Harnadek, 1989: 21)	9. พยายามสร้างคำใหม่ๆ เพื่อจะได้เข้าใจเมื่อผู้อื่นกล่าวถึงตลอดจนเสนอความคิดของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจชัดเจน
เอนนิส (มลิวัลย์ สมศักดิ์. 2540: 45-47; อ้างอิงจาก Ennis, 1991: 158-180) (ต่อ)	**ด้านคุณลักษณะ** 1. พูด เขียน หรือการสื่อความเข้าใจโดยที่ความหมายชัดเจน 2. กำหนดประเด็นปัญหาที่แน่นอน 3. พิจารณาสถานการณ์รวมทั้งหมด 4. แสวงหาเหตุผลและให้เหตุผล 5. เป็นผู้ที่มีความรู้ทันสมัยอยู่เสมอ 6. มองหาทางเลือกหลายๆ ทาง 7. แสวงหาความถูกต้องแม่นยำให้มากที่สุดตามที่สถานการณ์ต้องการ 8. ตระหนักถึงความเชื่อพื้นฐานของตนเอง 9. เปิดใจกว้างพิจารณาทัศนะอื่นๆ นอกเหนือจาก 10. ไม่ด่วนตัดสินใจกรณีที่หลักฐานและเหตุผลไม่เพียงพอ

ตาราง 4 (ต่อ)

ผู้เชี่ยวชาญ	ความสามารถและคุณลักษณะผู้มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ
	11. ยืนยันจุดยืนหรือเปลี่ยนจุดยืนเมื่อมีหลักฐานและเหตุผลพอเพียง 12. ใช้ความสามารถในการคิดวิจารณญาณของตนเอง **ด้านความสามารถ** 1. บอกได้ชัดเจนว่าประเด็นนั้นเป็นการอ้างเหตุผลปัญหาหรือข้อสรุป 2. วิเคราะห์การให้เหตุผลได้ 3. ถามหรือตอบคำถามเกี่ยวกับความชัดเจนและความถูกต้องตามกฎหมาย 4. ให้นิยาม หรือแนวคิดที่มีความเหมายกำกวม 5. ชี้ให้เห็นความคิดที่ซ่อนอยู่เบื้องหลังที่ไม่อาจจะแสดงให้ชัดเจน
เอนนิส (มลิวัลย์ สมศักดิ์. 2540: 45-47; อ้างอิงจาก Ennis, 1991: 158-180)	**ด้านความสามารถ** 6. วินิจฉัยความน่าเชื่อถือของที่มาของแนวคิดและเหตุผลต่างๆ ได้ 7. สังเกตและวินิจฉัยรายงานการสังเกตได้ 8. ตัดสินใจด้วยการใช้กฎต่างๆ ได้และประเมินการวินิจฉัยนั้นได้ 9. คิดด้วยเหตุผลจากข้อมูลมีอยู่แล้วสรุปเป็นกฎเกณฑ์และประเมินค่ากระบวนการคิดหาเหตุผลที่นำไปสู่ข้อสรุปได้ 10. วินิจฉัยตัดสินค่านิยมต่างๆ และประเมินการวินิจฉัยตัดสินคุณค่าของค่านิยมนั้นได้ 11. พิจารณาและให้เหตุผลโดยอาศัยหลักฐาน เหตุผลข้อสันนิษฐานแนวคิดที่เป็นจุดยืนของข้อความที่ตนเองไม่เห็นด้วย หรือ ยังมีข้อสงสัย 12. ผสมผสานความสามารถและพฤติกรรมอื่นๆ ในการตัดสินใจเป็นที่ยอมรับ

ตาราง 4 (ต่อ)

ผู้เชี่ยวชาญ	ความสามารถและคุณลักษณะผู้มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ
เอนนิส (มลิวัลย์ สมศักดิ์. 2540: 45-47; อ้างอิงจาก Ennis, 1991: 158-180) (ต่อ)	**ด้านคุณลักษณะ** 1. ดำเนินการตามระเบียบแบบแผนที่เหมาะสมกับสถานการณ์ เช่น ทำตามขั้นตอนต่างๆ ของการแก้ปัญหา สังเกตการคิดของตนเองและใช้เกณฑ์ที่เหมาะสมในการคิด 2. ไวต่อความรู้สึก ระดับความรู้ และความเป็นผู้รู้ของบุคคลอื่น 3. ใช้วิธีพูดที่เหมาะสมในการอภิปรายและเสนอความเห็น 4. ใช้หรือมีปฏิกิริยาต่อแนวความคิดหรือความเชื่อที่ผิดๆ ด้วยกิริยาที่เหมาะสม

จากการศึกษาผู้วิจัยได้กำหนดความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการเปรียบเทียบ หมายถึง ความสามารถในการบอกความเหมือนและความแตกต่าง (Comparing and contrasting) ของสิ่งของ ข้อมูลและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

2. ความสามารถในการประยุกต์ใช้ หมายถึง การนำความรู้ มโนมติทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับสถานการณ์ (Applying concept)

3. ความสามารถในการตีความหมายของข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการอธิบายความ แปลผลข้อมูล จากการบรรยายเป็นแผนภาพ แผนผัง แผนที่ ตีความหมายจาก ตาราง กราฟ และอื่นๆได้ (Interpreting Illustration)

4. ความสามารถในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล หมายถึง ความสามารถเชื่อมโยงข้อมูล เหตุการณ์ ที่มีความสัมพันธ์แบบเหตุและผลในทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยการทดลองและการอ้างอิง (Relating cause and effect)

5. ความสามารถในการสรุปหลักการ หมายถึง ความสามารถในการระบุ บ่งชี้ลักษณะร่วมจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้า ทดลอง และจากแบบจำลอง(Making generalization)

6. ความสามารถในการตัดสิน หมายถึง บงชี้ถูก-ผิด ดี-ไม่ดี เหมาะสม-ไม่เหมาะสม ภายใต้ข้อมูลที่มีอยู่และสามารถระบุเกณฑ์ที่ใช้ได้ (Making judgment)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์

ยัง (Young. 1970 : 53) ได้ทำการศึกษาการใช้อุปกรณ์การสอนสำหรับการพัฒนาความคิดแบบสืบเสาะหาความรู้ สอนให้ผู้เรียนรู้จักคิดอย่างอิสระ จัดเหตุการณ์ให้ผู้เรียนคาดหวังและเร่งเร้าให้ผู้เรียนอยากรู้อยากเห็น ผู้เรียนต้องพยายามหาคำอธิบายสำหรับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างขัดแย้งโดยเปรียบเทียบผลระหว่างสิ่งที่ได้ใช้ความคิดแบบสืบเสาะหาความรู้หลายทางด้วยกัน โดยทดลอง 2 กลุ่ม เป็นผู้เรียนเกรด 4 จำนวน 71 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม อีก 2 กลุ่ม เป็นกลุ่มทดลอง และทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์โดยสอบก่อนและหลัง ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองสามารถอธิบายปัญหาที่ตั้งขึ้นได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติส่วนอย่างอื่นแตกต่างกันอย่างไรมีนัยสำคัญทางสถิติ

โอลาลินอย (Olalinoye. 1978: 4348-A) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลการสอน 3 แบบ คือ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีการชี้แนะแนวทาง (Guided Inquiry) การสอนปกติ (Traditional) และแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้ดำเนินการเอง (Inquiry Role Approach) ในวิชาฟิสิกส์โดยให้กลุ่มควบคุมได้รับการสอนปกติ กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับการสอนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีการชี้แนะแนวทาง และกลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับการสอน แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้ดำเนินการเอง พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งสามกลุ่มไม่แตกต่างกัน

เดวิส (Davis. 1979: 4164-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนสืบเสาะหาความรู้โดยการชี้แนะแนวทางในการค้นพบ (Guided Inquiry Discovery Approach) กับการสอนแบบครูบอกให้รู้ตามตำรา (Expository – Text Approach) ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ปี ค.ศ. 1975 ควินและจอร์จ (Quinn and George. 1975: 289-296) ได้ทำการวิจัยเพื่อที่จะประเมินผลวิธีการสอนการสร้างสมมติฐานของเด็กระดับประถมศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นมาตราส่วนวัดคุณภาพของสมมติฐาน (hypothesis quality scale) ซึ่งสร้างโดยผู้วิจัย และเครื่องมือนี้มีค่าความเชื่อมั่น 0.94 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นผู้เรียนเกรด 6 ของโรงเรียนคาทอลิค (Catholic School) ในเขตที่มีสถานภาพทางสังคมต่ำ 2 ห้องเรียนและจากโรงเรียนคาทอลิคในเขตที่มีสถานภาพทางสังคมสูง 2 โรงเรียนทำการศึกษาโดยแบ่งผู้เรียนเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีสถานภาพทางสังคมสูง และกลุ่มที่มีสถานภาพทางสังคมต่ำ ในแต่ละกลุ่มแยกเป็นกลุ่มควบคุม ซึ่งไม่ได้สอนการสร้างสมมติฐาน และกลุ่มทดลองซึ่งสอนการสร้างสมมติฐานจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (analysis of covariance) พบว่าผู้เรียนที่ได้รับการสอนการตั้งสมมติฐาน จะมีทักษะในการตั้งสมมติฐานที่มีคุณภาพดีกว่าพวกที่ไม่ได้รับการสอน และความสามารถในการตั้งสมมติฐานมีความสัมพันธ์กับสภาพทางสังคม สติปัญญา คะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียน ความสามารถในการอ่านและเพศ กล่าวคือ ผู้เรียน

ที่มาจากครอบครัวที่มีฐานทางเศรษฐกิจดี จะมีทักษะในการตั้งสมมติฐานดีกว่าผู้เรียนที่มาจากครอบครัวที่มีฐานะทางเศรษฐกิจต่ำ ผู้เรียนที่มีสติปัญญาดี มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนสูง มีความสามารถในการอ่านสูงจะมีทักษะในการตั้งสมมติฐานได้ดีกว่าผู้เรียนที่มีสติปัญญาไม่ดี มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนต่ำ มีความสามารถในการอ่านน้อย และพบว่าผู้เรียนที่สีสถานภาพทางสังคมต่ำ จะมีทักษะในการตั้งสมมติฐานต่ำกว่าผู้เรียนชาย แต่ผู้เรียนหญิงที่มีสถานภาพทางสังคมสูง มีทักษะในการตั้งสมมติฐานดีกว่าผู้เรียนชาย

เซลิม (Selim. 1982 : 3001-A) ได้ศึกษาผลของการเรียนด้านการปฏิบัติการแบบค้นพบ (discovery laboratory) ต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ โดยการจัดกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม กลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม กลุ่มตัวงอย่างเป็นนักศึกษาเทอมที่ 3 ซึ่งเรียกวิชาแคลคูลัส ที่จะใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนวิชาฟิสิกส์ เมื่อทำการทดสอบทักษะทุกด้าน ผลปรากฏว่าแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน หลังจากทำการสอนจึงทำการทดสอบทักษะอีกครั้งหนึ่งผลการวิจัยพบว่า เพศชายมีทักษะในการแก้ปัญหาสูงกว่าเพศหญิง การปฏิบัติการแบบค้นพบมีผลในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน แต่ไม่มีผลแตกต่างต่อผู้เรียนในด้านอื่น

ปี ค.ศ. 1978 สตีเวน และแอทวูด (Stevens and Atwood. 1978 : 303-308) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์ กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่างคือ ผู้เรียนเกรด 7 จำนวน 345 คน เกรด 8 จำนวน 196 คน และเกรด 9 จำนวน 529 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (The Test of Science Process) และแบบวัดความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์ (Science Interest Inventory) จากผลการทดสอบค่าความแตกต่างของคะแนนก่อนการสอนและหลังการสอนของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสนใจวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่าผู้เรียนทั้ง 3 ระดับมีคะแนนจากการทดสอบ 2 ครั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าผู้เรียนมีความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์สูง จะมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงด้วย นั่นคือคะแนนความสนใจวิชาวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงด้วย นั่นคือคะแนนความสนใจวิชาวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

โทบิน และคาไพ (Tobin and Capie. 1982: 113-121) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางด้านเหตุผล การควบคุมตำแหน่ง ความผูกพันทางวิชาการ และผลสัมฤทธิ์ทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการผลปรากฏว่า ผู้เรียนจำนวน 2 ใน 9 ของกลุ่มตัวอย่างที่มีความสามารถทางด้านเหตุผล มีความสัมพันธ์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้

พาดิลลา และคนอื่นๆ (Padilla and others. 1983: 239-246) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดอย่างมีระบบ (Formal thinking) ของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาและมัธยมปลาย ผลปรากฏว่าทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์สูงกับความคิดในเชิงตรรก (Logical thinking) และมีข้อเสนอแนะว่าการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อาจมีอิทธิพลต่อความสามารถในการคิดอย่างมีระบบ

ในปีเดียวกันนี้ ฮามิดลห์ (Hamidah. 1983: 19-22) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้เรียนชั้นมัธยมปลายของมาเลเซียที่มีความสามารถสูง พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กับทักษะกระบวนการเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

รอสส์ (Ross. 1988: 193-204) ได้ศึกษาปฏิสัมพันธ์ในการวัดผลของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยใช้แบบทดสอบที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับเพศหญิง และเพศหญิงก็จะมีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าเพศชายในเนื้อหาที่เกี่ยวกับเพศหญิง ผลจากการศึกษาปรากฏว่าเพศชายและเพศหญิง ไม่แตกต่างกันในผลสัมฤทธิ์ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับเพศ

ชาร์แมนน์ (Scharmann. 1989: 715-726) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของพัฒนาการของการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาพบว่าการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ใน 1 ภาคเรียน จะทำให้พัฒนาการในการรับความรู้พื้นฐานทางด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

กาญจนา ลาภรวย (กาญจนา ลาภรวย. 2532: 75) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 7 ทักษะ คือการสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ต่างกัน โดยการสอนสาธิตแบบไม่ชี้แนวทางเป็นกลุ่มทดลองและการสอนสาธิตแบบชี้แนวทาง พบว่าผู้เรียนกลุ่มทดลอง มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนียสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

มะลิวรรณ สีระจิตต์ (มะลิวรรณ สีระจิตต์ 2533: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดไร่ขิงวิทยา จังหวัดนครปฐม ปีการศึกษา 2533 จำนวน 80 คน กลุ่มทดลอง 40 คน ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้สถานการณ์ประกอบการอภิปรายระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน กลุ่มควบคุม 40 คน ได้รับการสอนตามแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยใช้สถานการณ์ประกอบการอภิปรายระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนและการสอนตาคู่มือครูแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมแตกตางกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อรุณี เมฆาธร (อรุณี เมฆาธร. 2535: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสอนดยการฝึกแบบสืบเสาะหาความรู้กับ

ผู้เรียนที่เรียนตามคู่มือครูผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้รูปแบบการสอนโดยการฝึกแบบสืบเสาะหาความรู้กับที่เรียนตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างไรมีนัยสำคัญทางสถิติ

อนันนต์ เลขวรรณวิจิตร (อนันนต์ เลขวรรณวิจิตร. 2538: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการสอบแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้วิดีทัศน์วิชาวิทยาศาสตร์ คหกรรม และศิลปหัตถกรรมสำหรับผู้เรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้วีดีทัศน์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวของสสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทั้งสองกลุ่มที่ได้รับความสามารถในการแก้ปัญหาใกล้เคียงกัน

จิต นวนแก้ว (จิต นวนแก้ว. 2543) ศึกษาการพัฒนาความสามารถด้านการคิดขั้นสูงในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 30 คน โดยใช้เทคนิคการส่งเสริมการคิดขั้นสูง 18 เทคนิค คือ การระดมสมอง การระบุลักษณะสำคัญและการจัดทำรายการ การสังเคราะห์ลักษณะ การโต้วาทีกลุ่ม การเปรียบเทียบ Synaptics การคิดแปลกแยก การสรุปอ้างอิง การยอมรับข้อสรุป การนิรนัย การประเมินข้อโต้แย้ง การลงข้อสรุป กระบวนการคิดประเมินผล กระบวนการคิดตัดสินใจ การสุ่ม การลองผิดลองถูก การทำปัญหาให้ง่ายลง การสร้างตารางและการแก้ปัญหาแบบหลายขั้นตอน ผลการทดลอง พบว่า นักเรียนมีความสามารถด้านการคิดขั้นสูงโดยรวม และคิดแต่ละประเภท คือ การคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการคิดวิจารณญาณ การคิดประเมินผล การคิดตัดสินใจ และการคิดแก้ปัญหา หลังทดลองสูงขึ้น

ภัทรภรณ์ ภัทรโยธิน (ภัทรภรณ์ ภัทรโยธิน. 2545: บทคัดย่อ) ได้พัฒนาหลักสูตรรายวิชาการศึกษาผู้ใหญ่เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิจารณญาณด้วยรูปแบบประสานวิธีเชิงพุทธ (Co-CIBS) ประกอบด้วย 4 ขั้น คือ ขั้นตั้งจิตหมั่น ขั้นช่วยกันรวบรวม ขั้นร่วมกันรับรู้ และขั้นหมั่นดูเสาะหา - -พาสู่ผล พบว่าหลังเรียนผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิจารณญาณเพิ่มขึ้น จุดเด่นของรูปแบบนี้คือ เป็นการส่งเสริมความสามารถทางคิดวิจารณญาณไปพร้อกับคุณธรรมและจริยธรรมในวิชาชีพ

เกศณีย์ ไทยถานันดร์ (เกศณีย์ ไทยถานันดร์. 2547: บทคัดย่อ) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมปีที่ 3 ที่เรียนกิจกรรมวิทยาศาสตร์ประกอบการเขียนผังมโนมติ พบว่าหลังเรียนนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิจารณญาณเพิ่มขึ้น

และสาวิตรี เครือใหญ่ (สาวิตรี เครือใหญ่. 2548: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้และสอนที่เน้นการเรียนแบบร่วมมือ พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิจารณญาณต่ำกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนสอนที่เน้นการเรียนแบบร่วมมือ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยสรุปว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นลักษณะการสะสมความรู้ที่เปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อเท็จจริง มโนมติ หลักการ กฎ สมมติฐาน และทฤษฎี ที่นำไปสู่การแก้ปัญหาต่างๆ วิธีการที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นคว้าหาความรู้ซึ่งเป็นความรู้ที่ตนยอมรับหรือจะเป็นพื้นฐานเพื่อการศึกษาค้นคว้าต่อไป

การคิดอย่างมีวิจารณญาณมีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหา (Problem Solving) คือ การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นทักษะสำคัญของการแก้ปัญหา และการแก้ปัญหาส่วนใหญ่ต้องใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

แสดงว่าการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ต้องใช้ทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เมื่อใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณย่อมเป็นการส่งเสริมให้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มมากขึ้น

6. เอกสารเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดและการประเมิน

6.1 สรุปแนวคิดและหลักการประเมินผู้เรียนในระดับอุดมศึกษา

6.1.1 การประเมินผู้เรียนอย่างมีประสิทธิผล จำเป็นต้องกำหนดผลการเรียนรู้ที่ต้องการให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนไว้อย่างชัดเจน ออกแบบการสอนที่สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ พร้อมทั้งบูรณาการการประเมินไว้ในการสอน กระบวนการประเมินจะต้องมีความหมาย ยุติธรรมสำหรับผู้เรียนทุกคน สามารถประเมินจะต้องมีความหลากหลาย ยุติธรรมสำหรับผู้เรียนทุกคน สามารถประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนที่เป็นตัวแทนได้อย่างเพียงพอ มีการกำหนดเกณฑ์สำหรับตัดสินผลการปฏิบัติของผู้เรียน สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน รวมทั้งมีระบบการให้เกรดบนพื้นฐานของข้อมูลการประเมินที่ครอบคลุมทั้งผลการสอบและผลการปฏิบัติ

6.1.2 การปฏิรูปด้านการประเมิน ช่วยให้ผู้สอนเกิดการเปลี่ยนแปลง นำไปสู่การกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ที่เหมาะสมมากขึ้นสำหรับผู้เรียน นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดการพัฒนาบุคลากรครู กระตุ้นให้เกิดปฏิรูปหลักสูตร รวมทั้งการปรับปรุงการเรียนการสอน

6.1.3 ในการกำหนดวิธีการประเมินให้สอดคล้องกับเป้าหมายของการเรียนรู้ จำเป็นต้องพิจารณาคุณภาพเชิงเทคนิคของการประเมินให้รอบคอบและครอบคลุม เพื่อให้ผลการประเมินมีความน่าเชื่อถือ

6.1.4 การประเมินทุกๆ วิธี สามารถประเมินได้เพียงการสุ่มตัวอย่างเนื้อหาที่ครูสอนและผู้เรียนได้เรียนรู้ ถ้าการสุ่มเนื้อหานั้นเป็นตัวแทนที่ดีของเนื้อหาทั้งหมดและคุณภาพเชิงเทคนิคของการประเมนอยู่ในระดับสูงก็สามารถอ้างอิงได้ว่าผู้เรียนซึ่งทำได้ดีในการประเมินนั้น จะสามารถทำได้ดีในเนื้อหาส่วนที่เหลือซึ่งไม่ได้นำมาประเมิน

6.1.5 ถ้าผู้สอนทำการสอนเนื้อหาเพื่อการสอบ โดยไม่คำนึงถึงเนื้อหาส่วนที่เหลือในบริบทนั้น ก็ไม่สามารถอ้างอิงไปถึงได้และประโยชน์ของการประเมินในฐานะที่เป็นเครื่องมือวัดความรู้อย่างกว้างขวางในบริบทของการเรียนรู้นั้นก็จะสูญหายไป

6.1.6 ทฤษฎีใหม่ของการประเมิน (Alternative approach) มีลักษณะเป็นพหุมิติ เน้นสติปัญญา และความแตกต่างระหว่างบุคคล เชื่อว่าบุคคลสามารถเรียนรู้วิธีการเรียนรู้ กระบวนการคิดของบุคคลเกี่ยวกับความรู้ที่เกิดภายในตนเองและความรู้ความคิดซึ่งเกิดได้โดยธรรมชาติ หรือโดยการสอนโดยตรง กระบวนการทางสมองของบุคคลขึ้นกับบริบททางสังคมและวัฒนธรรม และถูกหล่อหลอมให้มีปฏิสัมพันธ์กับสภาวะแวดล้อม

6.1.7 การประเมินแนวใหม่ (Alternative assessment) มีคุณลักษณะที่สำคัญ คือ

6.1.7.1 มุ่งเน้นการบูรณาการระหว่างการประเมินและการสอนเข้าด้วยกัน

6.1.7.2 ผู้เรียนจะมีลักษณะตื่นตัว มีส่วนร่วมในกระบวนการประเมิน สามารถประเมินตนเองและสะท้อนกลับ

6.1.7.3 การประเมินจะมีหลายรูปแบบและแทรกอยู่ในการเรียนการสอน

6.1.7.4 ผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติเหมือนชีวิตจริง น่าสนใจ มีความหมายท้าทาย มีการลงมือกระทำ มีการแสวงหา โดยคาดหวังให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะและความสามารถที่จะใช้ในชีวิตจริงหรือสถานการณ์จริง (Authentic situation)

6.1.7.5 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวางเกณฑ์และมาตรฐาน ซึ่งจะมีการประเมินทั้งกระบวนการและผลผลิต

- ผู้เรียนสามารถทำรายงานผลการเรียนรู้ของตนเอง โดยเขียนบันทึก (Journal) และใช้แฟ้มสะสมงาน (Portfolio) ไว้พิจารณาความก้าวหน้าของตนเอง

6.1.7.6 คะแนนที่นำมาประเมินจะมีลักษณะเป็น Profile ไม่ใช่คะแนนตัวเดียว

6.2 ข้อเสนอแนะในการวัดและประเมินผู้เรียนระดับอุดมศึกษาสู่การปฏิบัติ

เนื่องจากผู้สำเร็จการศึกษาในระดับอุดมศึกษา จะต้องเป็นผู้ใหญ่ที่พร้อมในชีวิตทุกประการ ไม่ว่าจะเป็นความพร้อมในงานอาชีพระดับสูง ความพร้อมในการดำรงชีวิตในฐานะสมาชิกของสังคมทุกระดับ และความพร้อมในการพัฒนาสังคมและการนำสังคม ดังนั้นการประเมินผู้เรียนจึงต้องประเมินบุคคลโดยรอบด้านดังนี้

6.2.1 องค์ประกอบของการวัดและการประเมิน ประกอบด้วย ความรู้ ความคิดในระดับสูง (Cognitive and Meta Cognitive Competencies) ความรู้สึก ความซาบซึ้ง (Affective competencies) การปฏิบัติและคุณลักษณะต่างๆ (Psychomotor competencies) โดยพิจารณาความมีวุฒิภาวะทางอารมณ์ (Emotional maturity) ร่วมด้วย ผลการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษาที่ควรวัดและประเมิน ประกอบด้วย

6.2.1.1 ผลการเรียนรู้เฉพาะวิชา คือ ความรู้ลึก รู้รอบในวิชาที่เรียนหรือในโปรแกรมที่เลือกเรียน

6.2.1.2 ผลการเรียนรู้ที่เป็นทักษะในการสื่อสารเฉพาะบุคคล

1) การสื่อสารที่มีประสิทธิผล เน้นการพูดและการเขียน

2) ทักษะในการจัดระบบ – ระเบียบ ความรู้ – ข้อมูล ทฤษฎี

3) ทักษะในการรวบรวมความรู้ – ข้อสนเทศ เน้นทักษะการฟัง – การอ่าน การวิเคราะห์และเลือกใช้ข้อมูลความรู้อย่างเหมาะสม

4) ทักษะในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5) ทักษะในการทำงานและการเรียนรู้โดยลำพังตนเอง

6) ทักษะในการทำงานกลุ่ม

7) ทักษะในการคิดคำนวณและแปลความตัวเลข

6.2.1.3 ผลการเรียนรู้ที่เป็นความสามารถทั่วไปทางวิชาการ

1) ความสามารถในการใช้ข้อมูลยืนยันความคิด

2) ความสามารถในการวิเคราะห์

3) ความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารณญาณ

4) ความสามารถในการสังเคราะห์ความรู้กับความคิดของเอง เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ ทั้งนี้คุณธรรมจริยธรรมและจรรยาบรรณวิชาชีพ จะสอดแทรกอยู่ในผลการเรียนรู้ทั้ง 3 ประการนี้ อย่างเป็นธรรมชาติ (Authentic)

6.2.2 การวัดและการประเมินต้องเน้นทั้งกระบวนการและผลงาน โดยวัดอย่างต่อเนื่องให้เห็นภาพที่ชัดเจน ทุกแง่ทุกมุม ทุกระยะ ในสภาพการเรียนรู้ที่แท้จริง (Authentic assessment)

6.2.3 ระบบการประเมินจะต้องเน้นการประเมินโดยพิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียน ความประพฤติ การสังเกตพฤติกรรมการเรียน การร่วมกิจกรรมและการทดสอบควบคู่ไปในกระบวนการเรียนการสอน

6.2.4 เทคนิคการประเมินใช้เทคนิคที่หลากหลาย เน้นการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่ใช้การปรึกษาหารือหรือค้นคว้าด้วยตนเองเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต

6.2.5 เน้นปฏิสัมพันธ์ของผู้เกี่ยวข้องโดยรอบตัวของผู้เรียน

6.2.6 กลยุทธ์ของการวัดและการประเมิน มุ่งให้การประเมินตนตามเป้าหมายของหลักสูตร การประเมินเพื่อนำหรือก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรและการเรียนรู้และการประเมินในบริบทเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

6.2.7 การกำหนดแนวทางการประเมิน เน้นการมีส่วนร่วม การให้มีประสบการณ์ความสำเร็จ การเรียนรู้ร่วมกัน และการเรียนรู้อย่างสันติสุข

6.3 ข้อเสนอในการพัฒนาระบบการวัดและการประเมินผู้เรียนระดับอุดมศึกษาในประเทศไทย

6.3.1 การปฏิรูปการศึกษาให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด จำเป็นต้องพิจารณาโดยองค์รวม ตั้งแต่เป้าหมายการจัดการศึกษาของประเทศ ในการกำหนดคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของคนไทย การจัดหลักสูตรให้สนองตอบเป้าหมายการจัดการศึกษา การจัดกระบวนการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับเป้าหมายของหลักสูตร โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จัดกิจกรรมต่างๆ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลและการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพและที่สำคัญจะต้องวางแผนการวัดและการประเมินควบคู่ไปกับการวางแผนการสอน

6.3.2 การพัฒนาด้านการวัดและการประเมิน จำเป็นต้องดำเนินการควบคู่ไปกับการพัฒนาหลักสูตรและกระบวนการเรียนการสอน และยังสามารถใช้การประเมินนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงด้านหลักสูตรและการเรียนการสอน

6.3.3 การวัดและการประเมินผู้เรียนระดับอุดมศึกษา นอกจากจะมุ่งเน้นในการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนและการตัดสินผลการเรียนของผู้เรียนแล้ว จำเป็นต้องให้ความสำคัญต่อการกำหนดมาตรฐานการศึกษา การกำหนดวิธีการและเครื่องมือวัดที่มีคุณภาพเชิงเทคนิคเพื่อสามารถนำไปใช้ในการประเมินคุณภาพการจัดการศึกษาของสถาบันอุดมศึกษาและใช้เป็นเครื่องมือในการวัดและการประเมิน เพื่อการเทียบระดับและการเทียบโอนผลการเรียนระหว่างการศึกษาในระบบการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยสามารถเชื่อมโยงกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.3.4 ระบบการวัดและการประเมินผู้เรียนระดับอุดมศึกษาในประเทศไทยจะสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิผล จำเป็นต้องอาศัยพลังขับเคลื่อนโดยยุทธศาสตร์ 6 ประกาศ ดังนี้

6.3.4.1 ยุทธศาสตร์ด้านผู้สอน

การสื่อสารสร้างความรู้และความเข้าใจในกลุ่มอาจารย์ผู้สอนในเรื่องระบบการวัดและการประเมินผู้เรียนตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 เพื่อให้อาจารย์ผู้สอนมีความตระหนักและมีเจตคติที่ดีต่อการนำไปปฏิบัติสามารถจุดประกายให้ผู้เรียนเปลี่ยนเจนคติและยอมรับการเรียนการสอน และการประเมินแนวใหม่ รวมทั้งสามารถประเมินตนเอง และใช้ผลการประเมินเพื่อปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนและการประเมินผู้เรียน

6.3.4.2 ยุทธศาสตร์ด้านผู้เรียน

การปรับเปลี่ยนเจตคติของผู้เรียนให้เกิดการยอมรับในการเรียนการสอนและการประเมินแนวใหม่ เพื่อนำไปสู่การปรับพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียนให้มีส่วนร่วมในการกำหนดเกณฑ์หรือมาตรฐานในการประเมิน สามารถประเมินตนเองเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ และมีส่วนร่วมในการประเมินผู้สอน

6.3.4.3 ยุทธศาสตร์ด้านบริหาร

การสร้างความเข้าใจและความตระหนักแก่ผู้บริหารสถาบันอุดมศึกษาใน

ความสำคัญของการปฏิรูปด้านการวัดและการประเมินผู้เรียน ตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 เพื่อเป็นแรงผลักดันที่สำคัญให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นรูปธรรมภายในสถาบันการศึกษา ซึ่งรวมถึงการให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ แหล่งความรู้ เทคโนโลยี และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ตลอดจนยกย่องชมเชย ผู้สอนที่ปฏิบัติตนเองด้านการเรียนการสอนและการประเมินผู้เรียน

6.3.4.4 ยุทธศาสตร์ด้านสังคม/ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

การให้สังคมผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเข้ามามีส่วนร่วมในการกำหนดมาตรฐานวิชาชีพ มีส่วนร่วมในการประเมินสถานศึกษา หลักสูตรผู้สำเร็จการศึกษาและการบริหารจัดการในสถาบันอุดมศึกษา รวมถึงการเป็นแหล่งการเรียนรู้ สำหรับการศึกษาระดับอุดมศึกษา

6.3.4.5 ยุทธศาสตร์ด้านนโยบายและการจัดการระดับชาติ

การกำหนดให้การปฏิรูปด้านการเรียนการสอน และการวัดและการประเมินแนวใหม่เป็นวาระแห่งชาติ ซึ่งจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทั้งผู้สอนและผู้เรียนรวมถึงการจัดแหล่งความรู้ช่วยเหลือสนับสนุนผู้สอน การจัดสรรทรัพยากร เงินทุนวิจัยที่มุ่งเน้นการปฏิรูปด้านการเรียน การสอน และการวัด และการประเมินผล การติดตาม กำกับตรวจสอบ และการยกย่องเชิงชูเกียรติผู้สอนที่มีผลงานด้านการปฏิรูปการเรียนการสอนและการวัดและการประเมินผู้เรียน

6.3.4.6 ยุทธศาสตร์ด้านการประเมินคุณธรรมและจริยธรรม

การประเมินด้านคุณธรรมและจริยธรรม จำเป็นต้องกำหนดนิยามของคุณธรรม จริยธรรม ที่ต้องการปลูกฝังให้เกิดในตัวผู้เรียนในระดับอุดมศึกษาอย่างชัดเจนรวมทั้งมีการวางแผนการปลูกฝังคุณธรรมจริยธรรมแก่ผู้เรียน ซึ่งสามารถกระทำได้หลายวิธี ได้แก่ การสอนโดยตรงในรายวิชา การบูรณาการไว้ในการสอนรายวิชาต่างๆ ผ่านทางกิจกรรมในชั้นเรียน นอกชั้นเรียนการสนับสนุนส่งเสริมงานด้านกิจการนักศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม การพัฒนาระบบอาจารย์ที่ปรึกษาให้เป็นที่พึ่งแก่ศึกษาได้และที่สำคัญที่สุด คือ ผู้สอน จะต้องประพฤติตนเป็นแบบอย่างที่ดีแก่นักศึกษา สำหรับแนวทางในการประเมินด้านคุณธรรมจริยธรรมของผู้เรียนนั้น ควรให้ผู้สอนกับผู้เรียนร่วมกันกำหนดคุณธรรมจริยธรรมที่พึงประสงค์ รวมกันกำหนดเกณฑ์การประเมิน ตลอดจนการกำหนดเครื่องมือหรือวิธีการที่จะใช้ในการประเมินคุณธรรม จริยธรรม

6.4 องค์ประกอบของการวัดและประเมิน

องค์ประกอบของการวัดและการประเมิน ประกอบด้วย ความรู้ความคิดต่างๆ (Cognitive & metacognitive) ความรู้สึก ความซาบซึ้ง (Affective) และการปฏิบัติและคุณลักษณะต่างๆ (Psychomotor) โดยเน้นกระบวนการและผลงานที่กระทำทั้งในระหว่างเรียนและภายหลังการเรียนประเมินย่อยและสรุปรวม เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนทุกแง่มุม ทุกระยะ ในสภาพการเรียนรู้ที่แท้จริงหรือสภาพจำลองที่คล้ายจริง

6.5 ระบบการประเมินการเรียนรู้

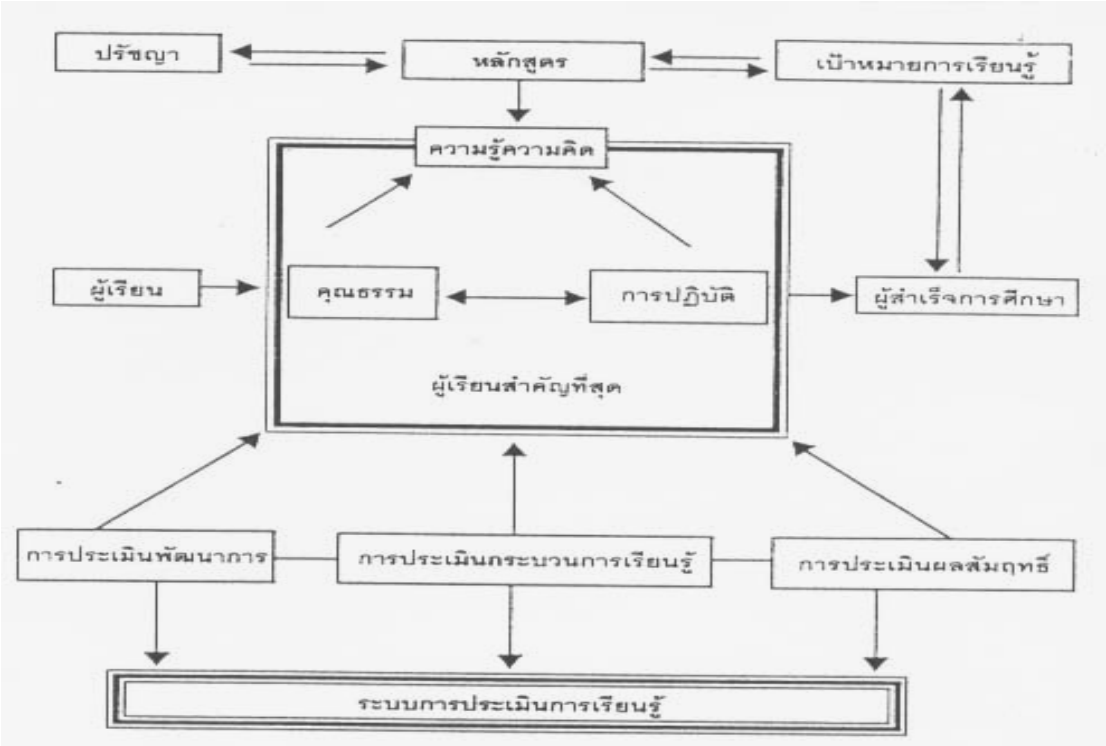
ในการเรียนรู้ที่ศูนย์กลางของการเรียนรู้อยู่ที่ผู้เรียน ซึ่งจะต้องมีความพร้อมในระดับหนึ่งเพียงพอที่จะให้กระบวนการเรียนรู้เข้าไปทำปฏิกิริยาภายในตัวบุคคลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตามเป้าหมายของการเรียนรู้ การประเมินผลการเรียนรู้จึงมีลักษณะสำคัญ 4 ประการ คือ

6.5.1 การประเมินพัฒนาการ มีเป้าหมายเพื่อพิจารณาผลการเรียนรู้ได้เพิ่มพูนขึ้นในลักษณะใด ผู้เรียนสามารถพัฒนาศักยภาพของตนเพียงใด มีจุดเด่น จุดด้อยตรงไหน ควรให้การส่งเสริมเพิ่มเติมอย่างไร

6.5.2 การประเมินกระบวนการเรียนรู้ มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาปรับปรุงทั้งผู้เรียนและผู้สอน ปรับเทคนิควิธีสอน ปรับวิธีดำเนินการ ประเมินพฤติกรรมผู้เรียนทั้งส่วนบุคคลและพฤติกรรมกลุ่ม เน้นการอยู่ร่วมกันในสังคม การเพิ่งพาอาศัย ช่วยเหลือร่วมมือกัน

6.5.3 การประเมินผลสัมฤทธิ์ มีเป้าหมายที่จะตรวจสอบผลผลิตของการศึกษาโดยส่วนรวม ตรวจสอบผลงาน ผลการปฏิบัติงาน เพื่อให้รางวัลหรือเกียรติบัตรคำยกย่อง ชมเชย การแสดงถึงการเป็นผู้ผ่านการยอมรับและมาตรฐานของการศึกษา

6.5.4 การประเมินการเรียนรู้ตามอัธยาศัยที่ถือว่าเป็นการศึกษาตลอดชีวิตของเอกัตบุคคล ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเองตามความสนใจ ความถนัด โดยศึกษาจากแหล่งความรู้ต่างๆ รวมทั้งบุคคล สภาพแวดล้อมและธรรมชาติ เช่น การเรียนรู้จากครอบครัว ชุมชน ท้องถิ่น ภูมิปัญญาและปราชญ์ชาวบ้าน การเรียนรู้โดยการปฏิบัติจริงเพื่อให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตและสืบสานให้ยั่งยืนตลอดจนเชื่อมโยงสู่สากล การประเมินจึงมีเป้าหมายที่ผู้เรียนจะต้องพิจารณาตามความพอใจของตนเองเป็นสำคัญ และสามารถประเมินได้จากการบันทึกเรื่องราว การรวบรวมสิ่งที่ตนเองเรียนรู้ จัดหมวดหมู่จัดระบบไว้ในแฟ้มสะสมงาน (Portfolio) จัดแสดงผลงานการรวบรวมความรู้ของตนเองเป็นนิทรรศการ หรือพิพิธภัณฑ์ส่วนบุคคล ในกรณีที่ต้องการเทียบเทียบโอนหน่วยกิตหรือเข้าศึกษาต่อสถาบันการศึกษาต้องมีเกณฑ์ในการเทียบโอนความรู้และมีแบบตัววัดมาตรฐานเพื่อใช้ในการตรวจสอบนอกจากนั้นในการตรวจสอบคุณธรรมจริยธรรมทำได้โดยการให้เขียนเรียงความการสัมภาษณ์และใช้หนังสือรับรองจากบุคคลที่เกี่ยวข้อง



ภาพประกอบ 9 แสดงระบบการประเมินการเรียนรู้

6.6 เทคนิคการวัดประเมิน

เทคนิคการวัดประเมินในระดับอุดมศึกษา ประกอบด้วย การประเมินจากการสอบ การเสนอรายงาน การบันทึกการร่วมกิจกรรม การบันทึกประเมินตนเองในการปฏิบัติและฝึกวิชาชีพ และการนำเสนอเพื่อการสร้างองค์ความรู้ ใช้เทคนิคการนิเทศการตรวจและปรับปรุงโครงการและการสอบจากบทนิพนธ์ในลักษณะต่างๆ กัน

แนวคิดบางประการเกี่ยวกับเทคนิคการวัดและประเมินดังนี้

6.6.1. การสอบ

โดยปกติวิสัย การสอบเป็นการข่มขวัญผู้เรียนอย่างยิ่ง จนกระทั่งหลายครั้งผู้เรียนไม่สามารถแสดงศักยภาพของตนได้อย่างเต็มที่ เหตุเพราะความหวาดหวั่น วิตกกังวล จากการประยุกต์สภาพการทำงานจริงของมนุษย์ที่มีโอกาสปรึกษาหารือเพื่อร่วมงาน ตำรับตำราหรือแหล่งอ้างอิงอื่นๆ ดังนั้น การสอบอาจมีลักษณะดังนี้

1) Buddy Exam. เพื่อนคู่คิด

2) Open book Exam.

การสอบสองลักษณะนี้ แบบทดสอบจะต้องเป็นการประยุกต์ใช้ในระดับของการพัฒนาระบบ (Enhance systems, ดูภาคผนวก) ผู้เรียนจะต้องใช้ความสามารถและความคิดขั้นสูงในการเรียนเรียงคำตอบ

3) Inclass – Takehome Exam.

การสอบแบบนี้ สามารถใช้กับแบบทดสอบปรนัยได้ โดยให้สอบในเวลาตามปกติ ไม่เปิดตำรา เก็บกระดาษคำตอบแล้วให้แบบทดสอบนักศึกษาไปตอบมาภายใน 1 สัปดาห์ โดยจะไปถามหรือปรึกษาหารือใครก็ได้ ผลของการสอบ คือ คะแนนจากการสอบในและนอกห้องเรียนรวมกันแล้วหารด้วยสอง นักศึกษามีโอกาสไปศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม (ได้ความรู้เพิ่มขึ้น) นั่นคือการเรียนที่แท้จริง (Authentic learning) ส่วนคะแนนตามเทคนิคการให้คะแนน ลำดับที่คะแนนจะไม่ต่างจากเดิมมากนัก แต่จะมีรางวัลให้กับความตั้งใจหาความรู้เพิ่มในการตอบครั้งหลัง

4) Oral Exam. มักจะเป็นการสอบตามปริญญานิพนธ์หรือบทนิพนธ์ที่สำคัญเพื่อรับปริญญา การสอบนี้มุ่งวัดความสามารถในการสื่อสารผลงานของตนในผู้อื่นเข้าใจ แสดงภูมิปัญญาและภูมิธรรมของตนเอง การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองซึ่งจะประมวลความคิดและจุดเด่นของนักศึกษาในการที่จะก้าวสู่อาชีพต่อไป

6.6.2 การปฏิบัติงาน

การปฏิบัติงานในขณะเรียนและการปฏิบัติงานในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพนอกจากจะมีการนิเทศ การดูแลให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด โดยใช้การบันทึกการสังเกตการณ์ สัมภาษณ์ และการบันทึกพฤติกรรมเป็นหลักฐานการประเมินยังมีการบันทึกอีกลักษณะหนึ่ง ที่สามารถประเมินผู้เรียนได้ทุกด้าน ทั้งด้านความรู้ ความคิด เจตคติ ทักษะการปฏิบัติ และยังสามารถประเมินสุขภาพจิตของผู้เรียนได้อีกด้วย การบันทึกลักษณะนี้ เป็นการบันทึกโดยอิสระ

การบันทึกย่อย (Log) เป็นการบันทึกโดยอิสระ การบันทึกนี้จะสะท้อนให้เห็นถึงความรู้ ความคิด เจตคติของผู้เรียน ตลอดจนลักษณะนิสัย คุณธรรมจริยธรรมของผู้บันทึกได้เป็นอย่างดี หากมีการปรับหรือการตอบโต้ (Interactive) ระหว่างผู้เรียนและผู้สอนอย่างสม่ำเสมอและสร้างสรรค์ กล่าวคือ ซึ่งแสดงถึงความมีน้ำใจระหว่างกัน พร้อมทั้งการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของผู้เรียนได้หลายๆ ด้าน

6.6.3 การทำโครงการและโครงงาน

จะต้องมีระบบการให้คำปรึกษาและการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนและผู้สอนอย่างสม่ำเสมอ มีการบันทึกทุกครั้งที่ให้คำปรึกษา พร้อมการปรับปรุงแก้ไขงาน

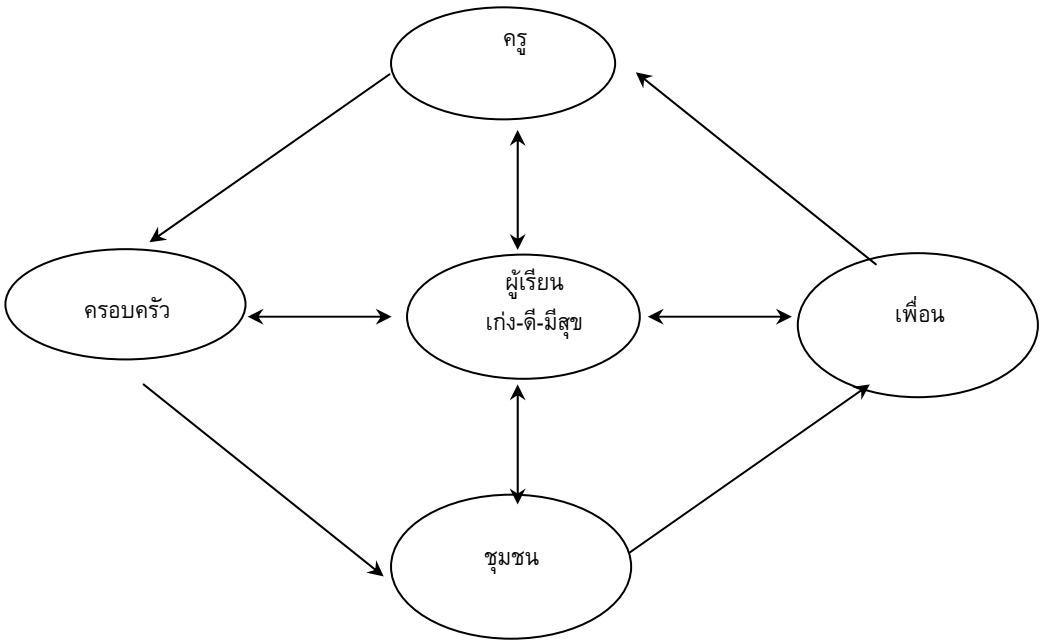
6.6.4 การฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

เน้นให้ผู้เรียนบูรณาการการเรียนรู้ในสาขาวิชาเอกไปใช้ในการปฏิบัติงานอาชีพในอนาคต (Situation or work sample) และการศึกษาปัญหาสภาพจริงของการประยุกต์ความรู้และหลักวิชาเข้าสู่งานอาชีพ (Authentic work experience) การวัดและประเมินจะมาจากการนิเทศของผู้สอนและหน่วยงานที่ไปฝึกงาน การมีมนุษย์สัมพันธ์ ความขยันหมั่นเพียร ฯลฯ และภายหลังการฝึกงาน ประเมินการจัดนิทรรศการหรือการสัมมนาโดยกลุ่มผู้เรียนจัดขึ้น

6.7 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้

การเรียนรู้เกิดขึ้นภายในตัวบุคคลแต่ละคนด้วยตนเอง แต่ผู้เกี่ยวข้องจะมีส่วนช่วยส่งเสริม ปรับปรุง พัฒนาและแก้ไขให้เกิดผลดีที่สุดตามความพอใจของบุคคล (Self satisfactory)

ซึ่งเป็นเป้าหมายของการศึกษา แต่มนุษย์ต้องอยู่ร่วมกันในสังคม บุคคลที่เป็น “ผู้มีการศึกษา” ควรจะคำนึงถึงสังคมแวดล้อมด้วยนั่นคือ บุคคลที่เป็น “ผู้มีการศึกษา” ควรจะคำนึงถึงสังคมแวดล้อมด้วยนั่นคือ นอกจากจะสนองความต้องการของตนเอง สนองความต้องการด้านอาชีพ ความเป็นอยู่ที่มั่นคงแล้วยังต้องช่วยเหลือจุนเจือ สร้างสรรค์สังคม ไม่ทำลายสังคมอีกด้วย



ภาพประกอบ 10 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างและภายในสังคมมนุษย์

6.8 ข้อเสนอเกี่ยวกับผลการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษาที่ควรวัดประเมิน

ผลการเรียนรู้ (Learning Outcomes) ที่สำคัญ ซึ่งนักศึกษาควรได้รับจากการเข้ามาเรียนในระดับอุดมศึกษา และควรวัดและประเมินได้คือ

6.8.1 ผลการเรียนรู้เฉพาะวิชา (Subject Specific Outcomes: SSO) เป็นผลการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในลักษณะที่เป็นความรู้ลึก-รู้รอบในวิชาที่เรียนหรือในโปรแกรมวิชาที่เลือกเรียน

6.8.2 ผลการเรียนรู้ที่เป็นทักษะในการสื่อสารเฉพาะบุคคล (Personal Transferable Skills: PTS) ในการเรียนรู้นั้นผู้เรียนควรจะได้มีการพัฒนาทักษาในการเรียน การถ่ายโอนความรู้ สื่อสาร ที่สำคัญ มี 7 ประการดังนี้

6.8.2.1 การสื่อสารที่มีประสิทธิผล (Effective communication) โดยเฉพาะในเรื่องการพูดและการเรียน (Speaking and writing) ด้วยการที่ผู้เรียนพัฒนาทักษะในการถ่ายโอนความรู้ ความเข้าใจ ความคิดที่ตนได้เรียนรู้มาสู่ผู้อื่น เช่น การอธิบายข้อความรู้ การอภิปราย

หน้าชั้น การตอบคำถามปากเปล่า การอภิปรายกลุ่ม การวิเคราะห์วิจารณ์ด้วยการพูด ส่วนการเขียนนั้นตั้งแต่การเขียนอธิบายความรู้สั้นๆ การตอบคำถาม การเขียนรายงาน การเขียนบทความ การเขียนบทวิจารณ์ การเขียนรายงานการวิจัย หรือวิทยานิพนธ์

6.8.2.2 ทักษะในการจัดระบบ-ระเบียบ (Organization) คือผู้เรียนต้องพัฒนาทักษะในการจัดระบบระเบียบความรู้-ข้อมูล ทฤษฎี ฯลฯ ที่ได้เรียนรู้มาจากแหล่งความรู้ที่หลากหลาย (มิใช่จากผู้สอนแหล่งเดียว) ถ้าผู้เรียนสามารถจัดระบบได้ ความรู้จะไม่เลือนหาย การโยงความสัมพันธ์ของข้อความรู้จะเกิดขึ้น

6.8.2.3 ทักษะในการรวบรวมความรู้-ข้อสนเทศ (Gather information) โดยเฉพาะเน้นทักษะการฟัง-การอ่าน (Listening and reading) ผู้เรียนต้องสามารถแสวงหาความรู้ด้วยการฟัง-การอ่าน สามารถวิเคราะห์ข้อมูล และเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม

6.8.2.4 ทักษะในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (Use IT) เนื่องจากข้อมูลสารสนเทศในปัจจุบัน มีอยู่ในสื่ออิเล็กทรอนิกส์มากมาย ผู้เรียนควรใช้ IT เป็นเครื่องมือในการแสวงหารวบรวมข้อมูล-ข้อสารสนเทศให้ได้

6.8.2.5 ทักษะในการทำงานและการเรียนรู้โดยลำพังตนเอง (Act independently) โดยที่ไม่ต้องรอให้ใครสั่ง หรือรอให้เกิดวิกฤตก่อน

6.8.2.6 ทักษะในการทำงานเป็นกลุ่ม (Work in teams) คือมีทักษะในการทำงานและใช้ชีวิตร่วมกับผู้อื่นในหลายๆ กลุ่ม ทั้งกลุ่มที่ชอบ/ไม่ชอบ และทำได้หลายบทบาท ในการทำงานกลุ่ม ซึ่งผู้เรียนมักจะไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควรจนคนไทยถูกวิจารณ์ว่าทำงานเป็นทีมไม่เป็น

6.8.2.7 ทักษะในการคิดคำนวณ/การอ่านและแปลความหมายตัวเลข (Numeric) เป็นสื่อในการคิดคำนวณเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจ

6.8.3 ผลการเรียนรู้ที่เป็นความสามารถทั่วไปทางวิชาการ (Generic Academic Outcomes : GAO) เป็นความสามารถที่พัฒนาขึ้นจากการได้รับการเรียนรู้ อันเป็นผลการเรียนรู้ที่มีความสำคัญยิ่งได้แก่

6.8.3.1 ความสามารถในการใช้ข้อมูลความรู้ยืนยันความคิด (Make use information)

6.8.3.2 ความสามารถในการวิเคราะห์ (Analyze)

6.8.3.3 ความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารณญาณ (Think critically) ซึ่งสามารถวิพากษ์วิจารณ์อย่างมีเหตุผล ใช้สติปัญญาได้ดี

6.8.3.4 ความสามารถในการสังเคราะห์ความรู้กับความคิดของตน เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ (Synthesize idea and information)

6.9 คะแนนจุดตัด

คะแนนจุดตัด (cut – off score) เป็นคะแนนที่ใช้สำหรับเป็นเกณฑ์ในการนำผลการสอบของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ไปเปรียบเทียบว่านักเรียนมีคะแนนสูงหรือต่ำกว่าคะแนนจุดตัดถ้าคะแนนผลการสอบสูงกว่าคะแนนจุดตัด แสดงว่านักเรียนมีความรอบรู้ (Master) สมควรที่จะผ่านเรียนจุดประสงค์การเรียนใหม่ต่อไป แต่ถ้าคะแนนผลการสอบต่ำกว่าคะแนนจุดตัดก็แสดงว่านักเรียนไม่รอบรู้ (Nonmaster) จะต้องกลับมาเรียนซ่อมเสริมในจุดมุ่งหมายในการเรียนนั้นอีก ดังนั้นคะแนนจุดตัดจะเป็นจุดที่กำหนดความสามารถขั้นต่ำ (Minimal Competence) ของความต้องการในการเรียนรู้ (Minimum requirement) บางครั้งเรียกว่าการกำหนดมาตรฐาน (Standard setting)

การกำหนดคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ถือว่าสำคัญมาก ถ้ากำหนดคะแนนจุดตัดสูงไปก้จะทำให้นักเรียนบางคนที่เรียนรู้ในเรื่องนั้นแล้วสอบไม่ผ่านเกณฑ์จะต้องกลับไปเรียนซ่อมเสริมในเรื่องเดิมทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน ซึ่งจะเป็นเหตุให้การเรียนในห้องมีปัหาขึ้น แต่ถ้ากำหนดคะแนนจุดตัดต่ำเกินไปก็จะทำให้นักเรียนที่ยังเรียนไม่รอบรู้สอบผ่านได้เมื่อไปเรียนในจุดประสงค์ใหม่ก็ทำให้นักเรียนเรียนไม่รู้เรื่อง เกิดความข้องคับใจในการเรินทำให้การเรียนการสอนมีปัญหาขึ้นเช่นกัน

ในการกำหนดคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบในแต่ละครั้งนั้น จะทำให้เกิดการตัดสินผู้สอบออกเป็น 4 ลักษณะดังนี้

ผลการสอบ

สถานภาพจริง (True Status)	ไม่รอบรู้	รอบรู้
รอบรู้	ความคลาดแบบ**ไม่ยอมรับ**	การตัดสินที่ถูกต้อง
ไม่รอบรู้	การตัดสินใจที่ถูกต้อง	ความคลาดเคลื่อนแบบ**ยอมรับ**

คะแนนจุดตัด

จากตารางจะมีลักษณะที่เกิดจากการกำหนดคะแนนจุดตัด 4 ลักษณะด้วยกันดังนี้

1. ลักษณะที่เกิดจากผลการทำแบบทดสอบอิงเกณฑ์แล้วตัดสินว่านักเรียนสอบไม่ผ่านทั้ง ๆ ที่ตามสภาพจริงแล้วเป็นผู้มีความรู้ จึงเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น เรียกว่า ความคลาดเคลื่อนแบบไม่ยอมรับ(Error of rejection) หรือความผิดพลาดแบบลบ (False negative) คือเป็นผู้ไม่รอบรู้แบบไม่จริง

2. ลักษณะที่เกิดจากผลการทำแบบทดสอบอิงเกณฑ์แล้วตัดสินว่านักเรียนสอบผ่านเกณฑ์ทั้ง ๆ ที่ตามสภาพจริงแล้วเป็นผู้ไม่มีความรู้ จึงเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น เรียกความคลาดเคลื่อนแบบยอมรับ (Error of acceptance) หรือความผิดพลาดแบบบวก (False positive) คือเป็นผู้รอบรู้แบบไม่จริง

3. ลักษณะที่เกิดจากผลการทำแบบทดสอบอิงเกณฑ์แล้วตัดสินว่า นักเรียนสอบผ่านเกณฑ์และสถานะภาพจริงเป็นผู้มีความรู้ แสดงว่าการตัดสินผลการสอบครั้งนี้ถูกต้อง (Correct Decision) ไม่มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น

4. ลักษณะที่เกิดจากผลการทำแบบทดสอบอิงเกณฑ์แล้วตัดสินว่านักเรียนสอบไม่ผ่านเกณฑ์และสถานภาพจริงเป็นผู้ไม่มีความรู้ แสดงว่าการตัดสินผลการสอบครั้งนี้ถูกต้อง (Correct decision) ไม่มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น

จากลักษณะ 4 ประการดังกล่าวนั้น การตัดสินผลการสอบของแบบทดสอบอิงเกณฑ์หลังจากกำหนดคะแนนจุดตัดแล้ว ต้องการการตัดสินที่ถูกต้องคือ แบบที่ 3 กับแบบที่ 4 ส่วนแบบที่ 1 และแบบที่ 2 นั้นไม่ต้องการให้เกิดหรือเกิดน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ดังนั้น ในการกำหนดคะแนนจุดตัดที่เหมาะสมคือจุดที่ทำให้ผลการตัดสินแบบ 1 กับ แบบ 2 (ความผิดพลาดแบบลบกับความผิดพลาดแบบบวกจึงมีค่าน้อยที่สุดหรือมีค่าเป็นศูนย์

6.9.1 วิธีกำหนดคะแนนจุดตัด (Standard – Setting Method)

การกำหนดคะแนนจุดตัดนั้น แฮมเบลตันและไอก์เนอร์ (Berk. 1980 : 103-107 : Citing Hambleton and Eignor . 1979b) ได้แบ่งวิธีหาคะแนนจุดตัดออกเป็น 3 วิธี คือ การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีพิจารณา (Empirical methods) การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีเชิงประจักษ์ (Empirical methods) และการกำหนดคะแนนจุดตัด แบบผสม (Combination method) ในแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังนี้

6.9.1.1 การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีการพิจารณา

วิธีนี้เป็นการกำหนดคะแนนจุดตัดโดยให้ผู้เชี่ยวชาญเปนผู้พิจารณาตัดสินจากเนื้อหาและข้อสอบแต่ละข้อ แล้วคำนวณหาค่าคะแนนจุดตัด ซึ่งมีผู้เสนอหาคะแนนจุดตัดหลายวิธีแต่ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีของนีเดลสกี วิธีกของแองกอฟฟ์ และวิธีของอีเบล ดังนี้

1) วิธีของนีเดลสกี (Nedelsdy. 1954) เป็นวิธีให้ผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาวิชาเป็นผู้พิจารณาตัวเลือกของแบบทดสอบเลือกตอบแต่ละข้อว่า ตัวเลือกใดที่คิดว่านักเรียนที่มีความสมารถต่ำที่สดุ (Lowest D Student) จะไม่เลือกตอบ นำตัวเลือกที่เหลือมาหาค่าความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะเลือกตอบ เช่นข้อสอบมี 5 ตัวเลือกและผู้เชี่ยวชาญคิดว่านักเรียที่มีความสามารถต่ำที่สุดจะไม่เลือกตอบ 2 ตัวเลือก แล้วตัวเลือกที่เหลือ 3 ตัวเลือกนำมาหาค่าความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะเลือกตอบมีค่า 1/3 หรือ 0.33

2) วิธีของแองกอฟฟ์ (Angoff. 1971)เป็นวิธีที่กำหนดคะแนนจุดนัดของผู้เชี่ยวชาญในการสอนวิชานั้นโดยพิจารณาข้อสอบแต่ละข้อว่า ผู้ที่มีความรู้มีค่าความน่าจะเป็น (โอกาสที่จะตอบถูก) ในการตอบถูกข้อนั้นอย่างน้อยเท่าไร แล้วหาค่าเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญเหล่านั้นเป็นคะแนนจุดตัด

3) วิธีของดีเบล (Ebel's technique. 1972) วิธีนี้เป็นการใช้การพิจารณาจากลักษณะความยากง่ายและความเกี่ยวข้องในเนื้อหาของแบบทดสอบอิงเกณฑ์เป็นหลักในการพิจารราคามสำเร็จที่คาดหวังไว้ในข้อสอบ

6.9.2 การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีเชิงประจักษ์

วิธีนี้เป็นการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยคะแนนจากการทดสอบนักเรียน ซึ่งมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น วิธีของลิวิงตัน (Livingston. 1975, 1976) วิธีทฤษการตัดสินใจ (Decision Theoretic Approach) ของแกลส (Glass, 1978) วิธีของฮวิน (Huynh. 1980) วิธีของครายวอลล์ (Krie-wall. 1972) วิธีหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเดาตอบและการสุ่มข้อสอบ (Errors due to Guessing and Item samping)

1) วิธีของเบอร์กเป็นวิธีที่พิจารณาคะแนนเกณฑ์ของแบบทดสอบก่อน โดยนำเอาคะแนนแจกแจงความถี่ระหว่างกลุ่มที่ยังไม่ได้เรียนและกลุ่มที่เรียนเนื้อหานั้นแล้วมาสร้างกราฟเพื่อพิจารณาจุดตัดของกราฟ แล้วกำหนดเกณฑ์แบบทดสอบเป็นเกณฑ์พยากรณ์ เห็นได้ว่าการแจกแจงของคะแนนทั้งสองกลุ่ม คือกลุ่มที่เรียนแล้ว (ได้รับการสอน) กับกลุ่มที่ยังไม่ได้เรียน (ไม่ได้รับการสอน) ทำให้เกิดจุดตัดซึ่งถือเป็นคะแนนพยากรณ์ในที่นี้คือ 4 คะแนน และเกิดลักษณะกลุ่มนักเรียนเป็น 4 กลุ่มดังนี้คือ กลุ่มรอบรู้จริง (True masters : TM) กลุ่มไม่รอบรู้จริง (True nonmaster : TN) กลุ่มรอบรู้ไม่จริง (False masters : FM) และกลุ่มไม่รอบรู้ไม่จริง (False Nonmasters : FN) นอกจากนี้ ถ้าเราย้ายคะแนนจุดตัดให้สูงขึ้นก็จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนแบบหนึ่ง (Type I error) เพิ่มขึ้น นั่นคือ เป็นการเพิ่มจำนวนคนที่ไม่รอบรู้ไม่จริง (FN) ให้มาขึ้น และทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนแบบสอง (Type II error) ลดลงนั่นคือการลดจำนวนคนที่รอบรู้ไม่จริง (FM)ให้น้อยลง ในทางกลับกัน ถ้าเราย้ายคะแนนจุดตัดให้ลดลงก็จะลดจำนวนคนที่ไม่รอบรู้ไม่จริง (FN) แต่เพิ่มจำนวนคนที่รอบรู้ไม่จริง (FM) แสดงว่าจำนวนนักเรียนที่จำแนกออกเป็น 4 กลุ่ม จะมากหรือน้อยในแต่ละลักษณะย่อมขึ้นอยู่กับผลการสอบและการกำหนดคะแนนจุดตัด

เห็นได้ว่าการแจกแจงของคะแนนทั้งสองกลุ่ม คือกลุ่มที่เรียนแล้ว (ได้รับการสอน) กับกลุ่มที่ยังไม่ได้เรียน (ไม่ได้รับการสอน) ทำให้เกิดจุดตัดซึ่งถือเป็นคะแนนพยากรณ์ในที่นี้คือ 4 คะแนน และเกิดลักษณะกลุ่มนักเรียนเป็น 4 กลุ่มดังนี้คือ กลุ่มรอบรู้จริง (True masters : TM) กลุ่มไม่รอบรู้จริง (True nonmaster : TN) กลุ่มรอบรู้ไม่จริง (False masters : FM) และกลุ่มไม่รอบรู้ไม่จริง (False Nonmasters : FN) นอกจากนี้ ถ้าเราย้ายคะแนนจุดตัดให้สูงขึ้นก็จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนแบบหนึ่ง (Type I error) เพิ่มขึ้น นั่นคือเป็นการเพิ่มจำนวนคนที่ไม่รอบรู้ไม่จริง (FN) ให้มาขึ้น และทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนแบบสอง (Type II error) ลดลงนั่นคือการลดจำนวนคนที่

รอบรู้ไม่จริง (FM)ให้น้อยลง ในทางกลับกัน ถ้าเราย้ายคะแนนจุดตัดให้ลดลงก็จะลดจำนวนคนที่ไม่รอบรู้ไม่จริง (FN) แต่เพิ่มจำนวนคนที่รอบรู้ไม่จริง (FM) แสดงว่าจำนวนนักเรียนที่จำแนกออกเป็น 4 กลุ่ม จะมากหรือน้อยในแต่ละลักษณะย่อมขึ้นอยู่กับผลการสอบและการกำหนดคะแนนจุดตัด ดังนั้นเพื่อให้ได้คะแนนจุดตัดที่เหมาะสมจะต้องพิจารณาดังนี้

1) การพิจารณาคะแนนจุดตัดโดยใช้ความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจ (Probability of Decisions)

ในการหาคะแนนจุดตัดซึ่งจะเป็นคะแนนพยากรณ์ได้ดีนั้นจะต้องมีการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ (Outcome Probabilities) จากตารางแสดงการจำแนกนักเรียนออกเป็น 4 พวก ดังกล่าวแล้ว คือ

ความน่าจะเป็นของการรอบรู้จริง : P(TM)

ความน่าจะเป็นของการรอบรู้ไม่จริง :P(FM)

ความน่าจะเป็นของการไม่รอบรู้จริง : P(TN)

ความน่าจะเป็นของการไม่รอบรู้ไม่จริง : P(FN)

ซึ่งความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ทั้งสี่นี้สามารถหาได้จากสัดส่วนของจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่ม (Cell frequencies) ต่อจำนวนนักเรียนทั้งหมด (Total sample) ดังนี้

$P(TM) = TM / (M + N)$

$P(FM) = FM / (M + N)$

$P(TN) = TN / (M + N)$

$P(FN) = FN / (M + N)$

เมื่อ TM แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มรอบรู้จริง

FM แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มรอบรู้ไม่จริง

TN แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มไม่รอบรู้จริง

FN แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มไม่รอบรู้ไม่จริง

M + N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด (M + N = TM + FN + FM + TN)

จากความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ดังกล่าวแล้วนั้น สารมาถนำมาหาความน่าจะเป็นของผู้รอบรู้ในประชากร (Probability or incidence of mastery in population : BR) และความน่าจะเป็นของการพยากรณ์ว่ารอบรู้ในประชากร (Probability of Predicted Masters in population : SR) ซึ่งหาได้จากสูตร

BR = P(FN) + P(TM)

SR = P(TM) + P(FM)

ดังนั้น ความน่าจะเป็นของผู้ไม่รอบรู้ในประชากร = 1 – BR

ความน่าจะเป็นของการพยากรณ์ว่าไม่รอบรู้ = 1 – SR

1) คะแนนจุดตัดที่เหมาะสมเป็นค่าที่ตัดสินใจจากการทดลองหาความน่าจะเป็นของเหตุการณ์หรือของแต่ละกลุ่มซึ่งคะแนนจุดตัดที่เหมาสมนั้นจะต้องสามารถพยากรณ์การรอบรู้ของนักเรียนได้สอดคล้องกับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก นั่นคือ จะต้องให้มีกลุ่มที่รอบรู้จริงและไม่รอบรู้จริงมีจำนวนมากที่สุด หรือทำให้กลุ่มที่รอบรู้ไม่จริง และไม่รอบรู้ไม่จริงมีจำนวนน้อยที่สุด ดังนั้นคะแนนจุดตัดที่เหมาะสมจึงต้องพิจารณาจากคามน่าจะเป็น 2 แบบ โดยให้ค่าความน่าจะเป็นแต่ละแบบมีลักษณะดังนี้

ความน่าจะเป็นของการตัดสินใจที่ถูก (Probability of correct decision) มีค่าสูงสุด นั่นคือ จะต้องมีค่า P(TM) + P(TN) สูงสุด

ความน่าจะเป็นของการตัดสินใจที่ผิด (Probability of incorrect decision)มีค่าต่ำสุด นั่นคือ จะต้องมีค่า P(FM) + P(FN) ต่ำสุด

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น มีขั้นตอนในการดำเนินการดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

ขั้นที่ 2 ออกแบบโมดูลการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

ขั้นที่ 3 หาประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นโดยการศึกษานำร่องศึกษา

ขั้นที่ 4 การนำโมดูลการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นไปทดลองใช้

ขั้นที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

มีจุดมุ่งหมาย เพื่อ

1. ศึกษาสภาพปัญหาความต้องการและจำเป็นในการพัฒนาโมดูลการเรียนรู้
2. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาโมดูลการเรียนรู้

วิธีดำเนินการ มีดังนี้

1. ศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการและความจำเป็นในการพัฒนาโมดูลการเรียนรู้ มีการศึกษาหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในด้านต่างๆ ดังนี้

1.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับประชากร กลุ่มประชากรที่ใช้ศึกษาครั้งนี้คือ ผู้เรียนระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งลงทะเบียนเรียนในวิชาเคมีวิเคราะห์ 2 (CH 351) ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 และใช้ประชากรทั้งหมดจำนวน 83 คน ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

1.2 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโมดูลการเรียนรู้รายวิชาเคมีวิเคราะห์ 2 (CH 351) คำอธิบายรายวิชา สาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับ ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับโครมาโทกราฟี เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ โครมาโทกราฟีแบบของเหลวแบบสมรรถนะสูงและการประยุกต์ใช้รวมทั้งเทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบแก๊สและการประยุกต์ใช้

1.3 ศึกษาเอกสาร ตำรา ที่ใช้ประกอบการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ เรื่องเทคนิคการแยก การกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล ผู้วิจัยจึงได้จัดสาระการเรียนรู้เป็น 7 หน่วยการเรียนดังนี้

หน่วยที่ 1 ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับโครมาโทกราฟี
หน่วยที่ 2 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ
หน่วยที่ 3 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง
หน่วยที่ 4 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์
หน่วยที่ 5 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบของเหลวแบบสมรรถนะสูง
หน่วยที่ 6 การประยุกต์ใช้โครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง
หน่วยที่ 7 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบแก๊สและการประยุกต์ใช้

1.4 ศึกษาเกี่ยวกับ การจัดการเรียนรู้ด้วยระบบออนไลน์ ผู้วิจัยได้ศึกษาจากการวิเคราะห์เอกสารและงานวิจัย ได้เลือกใช้ระบบจัดการที่เรียกว่า Moodle คือ ระบบจัดการเรียนรู้ หรือ Learning Management System (LMS) หรือระบบจัดการคอร์ส Course Management System (CMS) Moodle ย่อมาจาก Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment ช่วยให้ผู้ใช้สร้างออนไลน์คอร์สได้ง่ายและรวดเร็ว คอร์สนั้นอาจประกอบไปด้วยเอกสารประกอบการเรียนรู้ซึ่งอาจอยู่ในรูปเอกสารเวิร์ด รูปแบบตารางรูปภาพ แผนผัง แผนภูมิ วีดีโอ เสียง เว็บเพจ เอกสาร pdf และรูปแบบอื่นๆ อีกมากมายและมีชุดกิจกรรมมากมายสำหรับผู้เรียนประกอบไปด้วยชุดกิจกรรมต่างๆ ที่ระบบ e-learning ที่ดีจำเป็นต้องมี ได้แก่ แหล่งข้อมูลสำหรับจัดการเนื้อหาบทเรียน แบบทดสอบที่สามารถสร้างแบบทดสอบได้หลายรูปแบบ การบ้าน แบบฝึกหัด บทเรียนสำเร็จรูป ห้องปฏิบัติการ ห้องสนทนา กระดานเสวนา บทสนทนา บันทึกความก้าวหน้า อภิธานศัพท์ แบบสำรวจ โพลล์และยังมีโมดูลอื่นที่พัฒนาโดยผู้ใช้โปรแกรมและนำมาเผยแพร่อัน ได้แก่ โมดูลนัดหมาย นัดหมาย บันทึกการเข้าเรียน เว็บเวิร์ก (Web work) เว็บเควส (Web quest) หนังสือ เพื่อเป็นการสนับสนุนการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ เป็นโปรแกรมที่ใช้ง่ายทั้งสำหรับอาจารย์ นักเรียน ผู้ดูแลระบบ อีกทั้งง่ายต่อการติดตั้งและอัพเกรด หรือแม้แต่พัฒนาโมดูลใหม่เพราะโปรแกรมนี้พัฒนาขึ้นด้วยภาษา PHP ซึ่งเป็นภาษาที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ สามารถย้ายหัวข้อต่างๆ จากแห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่งในรายวิชาได้ง่าย และที่สำคัญ Moodle เป็นซอฟท์แวร์เสรี (Open source) คือสามารถใช้เผยแพร่และสามารถแก้ไขและพัฒนาข้อผิดพลาดต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วโดย ผู้ใช้สามารถเห็นโค้ดที่ใช้เขียนโดยไม่มีค่าใช้จ่าย

ขั้นที่ 2 ออกแบบโมดูลการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

จุดมุ่งหมาย เพื่อ

1. กำหนดลักษณะของโมดูลการเรียนรู้
2. จัดลำดับกรอบการสอน

วิธีดำเนินการ มีดังนี้

1. แนวทางในการพัฒนาโมดูล

การจัดการเรียนรู้เป็นไปตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ ในมาตรา 22 การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ มาตรา 23 การจัดการศึกษา ทั้งการศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัย ต้องเน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ และบูรณาการตามความเหมาะสมของแต่ละระดับการศึกษาในเรื่องต่อไปนี้และในมาตรา 23 (2) ความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์เรื่องการจัดการ การบำรุงรักษาและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลยั่งยืน
มาตรา 24 การจัดกระบวนการเรียนรู้ ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการดังต่อไปนี้

(1) จัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล

(2) ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา

ด้านสาระการเรียนรู้ตามรายวิชาเคมีวิเคราะห์ 2 (CH 351) ที่มีคำอธิบายรายวิชาทฤษฎีและเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการแยกสาร เช่น การกลั่น การสกัด และโครมาโทรกราฟีและมีจุดประสงค์เพื่อให้ความเข้าใจหลักการและทฤษฎีทางเคมีวิเคราะห์ ด้านเทคนิคการแยกโดยใช้การตกตะกอน การกลั่น การสกัด และโครมาโทกราฟีชนิดต่าง ๆรวมถึงการประยุกต์

2. เป้าหมายของโมดูลการเรียนรู้

2.1 เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีองค์ความรู้วิชาเฉพาะเรื่องโครมาโทกราฟี

2.2 เพื่อให้ผู้เรียนใช้สามารถทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แสวงหาองค์ความรู้โดยอาศัยได้ด้วยตนเอง

2.3 เพื่อให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาข้อมูลและองค์ความรู้

2.4 เพื่อให้ผู้เรียนใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้น เป็นกระบวนการในการเรียนรู้และได้แก้ปัญหาต่าง ๆอย่างเป็นระบบ

3. หลักการโมดูล

3.1 เป็นโมดูลการเรียนรู้ที่มุ่งให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นคว้าหาคำตอบของปัญหาด้วยตัวผู้เรียน และสืบค้นแหล่งข้อมูลและแก้ปัญหาอย่างมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3.2 เป็นโมดูลการเรียนรู้ที่มีความยืดหยุ่น ทั้งด้านเนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ สถานที่และเวลาในการจัดการเรียนรู้

4. จุดมุ่งหมายของโมดูล

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการโครมาโทกราฟีและการประยุกต์ใช้
2. เพื่อให้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. เพื่อพัฒนาความสามารถในความสามาถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์
4. เพื่อให้ใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้น ในการเรียนรู้

5. สาระการเรียนรู้

หน่วยที่ 1 ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น เกี่ยวกับโครมาโทกราฟี
หน่วยที่ 2 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ
หน่วยที่ 3 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง
หน่วยที่ 4 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์
หน่วยที่ 5 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบของเหลวแบบสมรรถนะสูง
หน่วยที่ 6 การประยุกต์ใช้โครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง
หน่วยที่ 7 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบแก๊สและการประยุกต์ใช้

6. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. นำหลักการและทฤษฎีไปอธิบายปรากฏการณ์ทางโครมาโทกราฟีได้
2. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพของคอลัมน์ได้
3. จำแนกชนิดของเทคนิคโครมาโทกราฟี
4. เปรียบเทียบหลักการของเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษและ แบบเยื่อบางได้
5. อธิบายหลักการของเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์และแบบแลกเปลี่ยนไอออนได้
6. ประยุกต์ใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์และแบบแลกเปลี่ยนไอออนได้
7. ประยุกต์ใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแยกตามขนาดได้
8. อธิบายหลักการและรายละเอียดของส่วนประกอบของเครื่องมือHPLC ได้
9. อธิบายหลักการและรายละเอียดของส่วนประกอบของเครื่องมือ GC ได้
10. ประยุกต์ใช้เทคนิคเทคนิค HPLC เพื่อวิเคราะห์ทางคุณภาพและปริมาณของสารตัวอย่างได้
11. ประยุกต์ใช้เทคนิคเทคนิค GC เพื่อวิเคราะห์ทางคุณภาพและปริมาณของสารตัวอย่างได้
12. บรรยายรายละเอียดหรือวาดแผนผัง แผนภาพแสดงตำแหน่งองค์ประกอบของเครื่องมือทางโครมาโทรกราฟีจนสื่อความหมายได้
13. อธิบายความหมายของโครมาโทแกรมที่ได้จากการศึกษา หรือที่กำหนดให้ได้
14. อภิปรายข้อมูลที่ได้จากการศึกษา, ค้นคว้าทางอินเตอร์เนต หรือสถานการณ์ที่

กำหนดให้ได้

15. ทำนายผลที่อาจจะเกิดขึ้นได้โดยอาศัย ข้อมูล หลักการและทฤษฎีทางโครมาโทกราฟีได้

16. ระบุคำตอบของปัญหาก่อนการศึกษาค้นคว้าได้อย่างมีเหตุผล

17. กำหนดคำสำคัญหรือขอบเขตในเรื่องที่ทำการศึกษาค้นคว้าได้

18. เลือกสภาวะและเครื่องมือที่เหมาะสมกับการแยกสารตัวอย่างที่กำหนดให้ ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีได้

19. ระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีได้

20. อธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆที่มีต่อการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณได้ถูกต้อง

21. เปรียบเทียบข้อมูลจากการศึกษาค้นคว้าหรือในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

22. เลือกใช้เทคนิคและเครื่องมือทางโครมาโทกราฟีได้อย่างเหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนดให้

23. ถ่ายทอดความคิดในรูปแบบ ความเรียง แผนภาพ แผนผัง หรือตารางได้

24. เชื่อมโยงเหตุและผลที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ที่กำหนดได้

25. บ่งชี้หลักการหรือลักษณะร่วม ของข้อมูลในสถานการณ์ที่กำหนดได้

26. บ่งชี้ถูก-ผิด ดี-ไม่ดี เหมาสม-ไม่เหมาะสม ในสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่ามีเหตุผล

27. แสดงความคิดเห็นและวิพากย์วิจารณ์ในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

7. หน่วยการเรียนรู้

ประกอบด้วย 7 หน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

หน่วยที่ 1 ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น เกี่ยวกับโครมาโทกราฟี

เนื้อหาสาระ ประกอบด้วย หลักการเบื้องต้นของการแยกทฤษฎีโครมาโทกราฟี ได้แก่ ทฤษฎีเพลต และทฤษฎีอัตรา และการจำแนกวิธีทางโครมาโท กราฟี

หน่วยที่ 2 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

เนื้อหาสาระ ประกอบด้วย หลักการวัฏภาคนิ่งและวัฏภาคเคลื่อนที่ กลไกการแยก เทคนิควิธี การตรวจหาและการคำนวณค่า และการประยุกต์ใช้

หน่วยที่ 3 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง

เนื้อหาสาระ ประกอบด้วย หลักการวัฏภาคนิ่งและวัฏภาคเคลื่อนที่กลไกการแยก เทคนิควิธี การตรวจหาและการคำนวณ และการประยุกต์ใช้

หน่วยที่ 4 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์

เนื้อหาสาระ ประกอบด้วย หลักการวัฏภาคนิ่งและวัฏภาคเคลื่อนที่กลไกการแยก เทคนิควิธี โครมาโทกราฟี และการประยุกต์ใช้

หน่วยที่ 5 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบของเหลวแบบสมรรถนะสูง

เนื้อหาสาระ ประกอบด้วย หลักการวัฏภาคนิ่งและวัฏภาคเคลื่อนที่ กลไกการแยก และส่วนประกอบของเครื่องมือ

หน่วยที่ 6 การประยุกต์ใช้โครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง

เนื้อหาสาระ ประกอบด้วย การวิเคราะห์เชิงปริมาณ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และการประยุกต์ใช้

หน่วยที่ 7 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบแก๊สและการประยุกต์ใช้

เนื้อหาสาระ ประกอบด้วย หลักการวัฏภาคนิ่งและวัฏภาคเคลื่อนที่ กลไกการแยก ส่วนประกอบของเครื่องมือ และการประยุกต์ใช้

8. แนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น เป็นการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในเวบไซต์ www.analychem.com โดยใช้ระบบการจัดการเรียนรู้ที่เรียกว่า Moodle จัดให้มีการเรียนรู้สัปดาห์ 9 สัปดาห์ ๆ ละ 3 ชั่วโมง รวม 27 ชั่วโมง ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนเป็นตามวัฏจักรแห่งการคิดค้น ดังนี้

วัฏจักรแห่งการคิดค้น หมายถึง กระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมองค์ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบ ด้วยขั้นตอนดังนี้

1. ระบุปัญหา (Problem) หมายถึง กิจกรรมที่ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจในปัญหาให้ถ่องแท้ ได้แก่

1.1 ทบทวนความรู้เดิมและหลักการที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

1.2 วิเคราะห์ปัญหา ผู้เรียนและ/หรือผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ เหตุการณ์ ผู้เรียนระบุปัญหาโดยการตั้งคำถาม

2. พาสู่ทางแก้ (Problem plan) หมายถึง กิจกรรมการคิดหาวิธีในการแก้ปัญหาที่น่าจะเป็นไปได้ ได้แก่

2.1 ระบุวิธีที่จะแก้ปัญหามีอะไรบ้าง แต่ละวิธีมีข้อดี-ข้อเสียและกระบวนการอย่างไร

2.2 วิธีแก้ปัญหาใดที่ดีที่สุดเพราะอะไร มีลำดับขั้นตอนและวิธีการอย่างไร

2.2. ระบุเครื่องมือ อุปกรณ์ และระยะเวลาที่ต้องการ

3. ถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร (Problem information) หมายถึง กิจกรรมการสืบค้นข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

3.1 สืบค้นข้อมูลและ ข่าวสาร (Data and information) จากแหล่งข้อมูล

3.2 ตรวจสอบว่ามีข้อมูลและสารสนเทศใที่สนับสนุนหรือขัดแย้งวิธีการแก้ปัญหาตามแผน

3.3 ข้อมูลข่าวสารใดบ้างที่มีอยู่สามารถนำไปปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงแผนการแก้ปัญหา

4. จัดการปัญหา (Problem organization) หมายถึง กิจกรรมในการดำเนินการแก้ปัญหา ได้แก่

4.1 ลงมือแก้ปัญหาตามที่วางแผนไว้

4.2 บันทึก รวบรวบข้อมูล (Data) ตีความหมายของข้อมูล แสดงความสัมพันธ์ องเหตุและผลของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4.3 สรุปอ้างจากกรณีเฉพาะสู่กรณีทั่วไป

5. ตีค่าประเมิน (Problem evaluation) หมายถึง กิจกรรมประเมินผลและตรวจสอบการแก้ปัญหาด้วยตนเองและผู้อื่น ได้แก่

5.1 ประเมินผลการแก้ปัญหาว่าดีหรือไม่ดี ถูกหรือผิด เหมาะสมหรือไม่เหมาะสม เพราะอะไร มีประโยชน์หรือไม่ อย่างไร และใช้อะไรเป็นเกณฑ์ในการประเมิน ประเมินความพอใจและความภาคภูมิใจของตนเองและ/หรือกลุ่ม ในการแก้ปัญหา

ระหว่างการเรียนรู้แต่ละหน่วยการเรียนผู้เรียนจะทำการบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ของตนเองในทุกๆหน่วยการเรียนรู้

9. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ด้วยโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น โดยจะการวัดและประเมิน 3 ระยะ ได้แก่

1. ก่อนเรียน เป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ และด้านความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนการเรียนรู้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น โดยใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบและแบบเขียนตอบ

2. ระหว่างเรียน เป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนในระหว่างการเรียนรู้ เป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ และด้านความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนรู้จบในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ของโมดูลการเรียนรู้ใช้แบบทดสอบแบบเขียนตอบ

3. หลังเรียน เป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ และด้านความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์หลังการเรียนรู้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นโดยใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบและแบบเขียนตอบชุด

เดียวกันกับข้อสอบก่อนเรียน

10. ผลการสร้างแบบทดสอบและแบบประเมิน ได้แบบทดสอบทดสอบดังรายระเอียดดังนี้

1. แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ใช้ข้อสอบชุดเดียวกัน มีรายละเอียดดังนี้

1.1 แบบทดสอบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก ครอบคลุมจุดประสงค์และสาระการเรียนรู้แต่ละโมดูลการเรียนรู้ ที่วัดเฉพาะด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีข้อสอบ 10 ข้อ 10 คะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน

1.2 แบบทดสอบเขียนตอบ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดโดยรวมในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ มี 5 สถานะการณ์ แต่ละสถานการณ์มีคำถามย่อย 1-2 ข้อ ประเมินโดยใช้เกณฑ์รูบริคส์ มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระหว่างระดับที่ 0-4 ดังนี้

มากที่สุด	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 4
มาก	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 3
ปานกลาง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 2
น้อย	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 1
ไม่มีหรือไม่ปรากฏ	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0

การแปลความหมาย ใช้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักคะแนน โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ

ค่าเฉลี่ย	4.00-3.51	หมายถึง	มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	3.50-2.51	หมายถึง	มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มาก
ค่าเฉลี่ย	2.50-1.51	หมายถึง	มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.50-0.51	หมายถึง	มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ น้อย
ค่าเฉลี่ย	0.50-0.00	หมายถึง	มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ น้อยที่สุด

2. แบบทดสอบระหว่างเรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดหลังการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้มีทั้ง 7 หน่วยๆละ 1 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีคำถามย่อย 2-3 ข้อ ใช้วัดโดยรวมทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านผลสัมฤทธิ์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ ประเมินโดยใช้เกณฑ์รูบริคส์ มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระหว่างระดับที่ 0-4 ดังนี้

มากที่สุด	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 4
มาก	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 3
ปานกลาง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 2
น้อย	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 1
ไม่มีหรือไม่ปรากฏ	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0

การแปลความหมาย ใช้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักคะแนน โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ

ค่าเฉลี่ย 4.00-3.51 หมายถึง มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.50-2.51 หมายถึง มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มาก
ค่าเฉลี่ย 2.50-1.51 หมายถึง มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50-0.51 หมายถึง มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ น้อย
ค่าเฉลี่ย 0.50-0.00 หมายถึง มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ น้อยที่สุด

11. ผลการหาคุณภาพของโมดูลการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

1. ประเมินคุณภาพร่างโมดูลการเรียนรู้ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และผู้สอนวิชาเคมีวิเคราะห์ เพื่อประเมินความเหมาะสม และสอดคล้องขององค์ประกอบของโมดูลการเรียนรู้ ในขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาข้อบกพร่องของโมดูลการเรียนรู้ จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ แล้วพิจารณาปรับปรุงแก้ไขให้มีความเหมาะสมมาก เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินโมดูลการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของโมดูลการเรียนรู้ ประเมินโดยใช้เกณฑ์รูบริคส์ ที่ มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ระหว่างระดับ 1-5 ดังนี้

มากที่สุด ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 5
มาก ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 4
ปานกลาง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 3
น้อย ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 2
น้อยที่สุด ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 1

การแปลความหมาย ใช้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักคะแนน โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ

ค่าเฉลี่ย 5.00-4.51 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 4.50-3.51 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย 3.50-2.51 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 2.50-1.51 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.50-1.00 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ได้ผลการประเมินความเหมาะสม และค่าสถิติเบื้องต้น ดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความเหมาะสมของโครงร่างโมดูลการเรียนรู้

ข้อ	ประเด็นการประเมิน	$\overline{X}$	SD	ระดับความเหมาะสม
1	สภาพปัญหาและความจำเป็นมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับสภาพสังคมปัจจุบัน	4.80	0.45	มากที่สุด
2	สภาพปัญหาและความจำเป็นมีเหตุผลควรพัฒนาโมดูลการเรียนรู้	4.80	0.45	มากที่สุด
3	หลักการของโมดูลการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง	4.80	0.45	มากที่สุด
5	หลักการของโมดูลการเรียนรู้มีแนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานรองรับ	4.80	0.45	มากที่สุด
6	เป้าหมายของโมดูลการเรียนรู้มีความเป็นไปได้	4.40	0.89	มาก
7	เป้าหมายของโมดูลการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.60	0.55	มากที่สุด
8	เป้าหมายของโมดูลการเรียนรู้มีประโยชน์สำหรับผู้เรียน	4.80	0.45	มากที่สุด
9	จุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้มีความชัดเจนและเป็นไปได้	4.60	0.55	มากที่สุด
10	จุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.60	0.55	มากที่สุด
11	จุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้เหมาะสมกับการสร้างเสริมคุณลักษณะที่คาดหวังให้เกิดกับผู้เรียน	4.60	0.55	มากที่สุด
12	เนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับของอุดมศึกษา	4.60	0.55	มากที่สุด
13	เนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้ครอบคลุมความรู้ที่ผู้เรียนควรได้รับ	4.60	0.89	มากที่สุด
14	เนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้มีการจัดเรียงลำดับที่เหมาะสม	4.80	0.45	มากที่สุด
15	เนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้เหมาะสมกับการนำไปใช้ปฏิบัติได้จริง	4.40	0.89	มาก

ตาราง 5 (ต่อ)

ข้อ	ประเด็นการประเมิน	$\overline{X}$	SD	ระดับความเหมาะสม
16	การกำหนดหน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.60	0.89	มากที่สุด
17	หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 หลักการเบื้องต้นของโครมาโทกราฟีมีความเหมาะสม	4.40	0.89	มาก
18	หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ มีความเหมาะสม	4.80	0.45	มากที่สุด
19	หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง(TLC) มีความเหมาะสม	4.80	0.45	มากที่สุด
20	หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 โครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) มีความเหมาะสม	4.60	0.55	มากที่สุด
21	หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 การประยุกต์ใช้โครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูงมีความเหมาะสม	4.60	0.89	มากที่สุด
22	หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 โครมาโทกราฟีแบบแก๊ส (GC) มีความเหมาะสม	4.60	0.55	มากที่สุด
23	หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 การประยุกต์ใช้โครมาโทกราฟีแบบแก๊สมีความเหมาะสม	4.60	0.55	มากที่สุด
24	กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมที่จะนำไปสู่การบรรลุจุดมุ่งหมายโมดูล	4.60	0.55	มากที่สุด
25	ระยะเวลาที่ในการเรียนโมดูลมีความเหมาะสม	4.40	0.89	มาก
26	กิจกรรมการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนมีเหมาะสม	4.80	0.45	มากที่สุด
27	การใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นในกิจกรรม มีความเหมาะสม	4.60	0.50	มากที่สุด
28	กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมที่จะนำไปสู่การบรรลุจุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้	4.40	0.55	มาก
29	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเป็นไปได้	4.60	0.75	มากที่สุด
30	สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้	4.80	0.55	มากที่สุด

ตาราง 5 (ต่อ)

ข้อ	ประเด็นการประเมิน	$\overline{X}$	SD	ระดับความเหมาะสม
31	การจัดวางรูปแบบระบบออนไลน์ เหมาะสมกับเนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้	4.80	0.45	มากที่สุด
32	ความสัมพันธ์ของคำบรรยายกับภาพหรือภาพเคลื่อนไหว เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเสริมสร้างความรู้ให้แก่ผู้เรียน	4.60	0.65	มากที่สุด
33	ความถูกต้องของภาษา	4.60	0.55	มากที่สุด
34	การใช้สีสัน ขนาดตัวอักษรและภาพ เหมาะสม	4.40	0.45	มาก
35	การประเมินผลของโมดูลการเรียนรู้ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการประเมิน	4.80	0.50	มากที่สุด
36	การประเมินผลโมดูลการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง	4.60	0.89	มากที่สุด
37	การประเมินผลโมดูลการเรียนรู้มีความเหมาะสมในการตรวจสอบการบรรลุจุดมุ่งหมายของโมดูลกา เรียนรู้	4.60	0.55	มากที่สุด
38	รูปแบบของโมดูลการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.60	0.89	มากที่สุด

จากตาราง 5 ผลการประเมินความเหมาะสมของแต่ละองค์ประกอบของโครงร่างโมดูลการเรียนรู้พบว่า มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.40 – 4.80 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าตั้งแต่ 0.45 – 0.89 แสดงว่าทุกองค์ประกอบของโครงร่างโมดูลการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากและมากที่สุด

ตอนที่ 2 ผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของโมดูลการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่สอดคล้อง เพื่อการปรับปรุงโมดูลการเรียนรู้นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาแปลงเป็นคะแนนดังนี้

มีความเห็นว่า สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น+1
มีความเห็นว่า ไม่แน่ใจ ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0
มีความเห็นว่า ไม่สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น-1

ตาราง 6 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง และการแปลความหมายค่าดัชนีความสอดคล้องของโครงร่างโมดูลการเรียนรู้

ข้อ	ประเด็นประเมิน	IOC	ความหมาย
1	สภาพปัญหาและความจำเป็น กับหลักการของโมดูลการเรียนรู้	0.80	สอดคล้อง
2	สภาพปัญหาและความจำเป็น กับเป้าหมายของโมดูลการเรียนรู้	1.00	สอดคล้อง
3	สภาพปัญหาและความจำเป็น กับจุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้	1.00	สอดคล้อง
4	หลักการของโมดูลการเรียนรู้ กับจุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้	0.80	สอดคล้อง
5	หลักการของโมดูลการเรียนรู้ กับกิจกรรมการเรียนรู้ของโมดูลการเรียนรู้	0.60	สอดคล้อง
6	หลักการของโมดูลการเรียนรู้ กับการประเมินผลโมดูลการเรียนรู้	0.60	สอดคล้อง
7	เป้าหมาย กับจุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้	1.00	สอดคล้อง
8	จุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้ กับเนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้	0.80	สอดคล้อง
9	จุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้ กับกิจกรรมการเรียนรู้ขอโมดูลการเรียนรู้	0.80	สอดคล้อง
10	จุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้ กับการประเมินผลโมดูลการเรียนรู้	1.00	สอดคล้อง
11	เนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้ กับกิจกรรมการเรียนรู้ของโมดูลการเรียนรู้	0.80	สอดคล้อง
12	เนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้ กับสื่อประกอบของโมดูลการเรียนรู้	1.00	สอดคล้อง
13	เนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้ กับการประเมินผลโมดูลการเรียนรู้	0.80	สอดคล้อง
14	กิจกรรมการเรียนรู้ของโมดูลการเรียนรู้ กับสื่อการสอนออนไลน์	1.00	สอดคล้อง

จากตาราง 6 การประเมินความสอดคล้องของโครงร่างโมดูลการเรียนรู้พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง มีค่าระหว่าง 0.60 – 1.00 แสดงว่าโครงร่างโมดูลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกันทุกประเด็น

ตอนที่ 3 ผลการแสดงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความเห็นดังนี้ การจัดลำดับสาระการเรียนรู้ ในโครงร่างโมดูลการเรียนรู้ ผู้วิจัยจัดให้หน่วยการเรียนที่ 2 ประกอบด้วยสาระการเรียนรู้ เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษและแบบเยื่อบาง ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าควรแยกออกเป็น 2 หน่วยการเรียน ส่วนที่ผู้วิจัยจัดสาระการเรียนรู้เป็น หน่วยที่ 5 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบแก๊สและหน่วยที่ 6 การประยุกต์ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าควรรวมเป็น 1 หน่วยการเรียน และได้แนะนำเรื่องการใช้ภาษาในการเรียบเรียงเนื้อหาให้เข้าใจง่ายขึ้น ภาพที่ใช้ประกอบต้องระบุแหล่งที่มาให้ครบถ้วน

12. การตรวจหาคุณภาพของแบบทดสอบ

1. แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เป็นแบบทดสอบชุดเดียวกัน มีรายละเอียดดังนี้

1.1 แบบทดสอบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก ใช้วัดเฉพาะด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สร้างข้อสอบ 20 ข้อ 20 คะแนน นำไปทดสอบกับผู้เรียนกับผู้เรียนจำนวน 40 คน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตที่เคยเรียนเรื่องโครมาโทรกราฟีแล้ว นำมาหาความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก จากโปรแกรมสำเร็จรูป TAP (Test Analysis Program version 6.65) เลือกมา 10 ข้อ และหาค่าความเที่ยงตรง โดยผู้วิจัยนำแบบทดสอบ นำไปให้อาจารย์ประจำวิชาของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญจากภายนอก 1 ท่าน รวม 3 ท่าน ประเมิน ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ความถูกต้องของแนวการตอบ และ ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่สอดคล้อง เพื่อการปรับปรุงโมดูลการเรียนรู้นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาแปลงเป็นคะแนนดังนี้

มีความเห็นว่า	สอดคล้อง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น +1
มีความเห็นว่า	ไม่แน่ใจ	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0
มีความเห็นว่า	ไม่สอดคล้อง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น -1

ดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 7 แสดงค่าความยากง่าย อำนาจจำแนกและเที่ยงตรง ของข้อสอบแบบเลือกตอบ

ข้อ	ความยากง่าย (P)	อำนาจจำแนก (r)	เที่ยงตรง	ความหมาย
1	0.55	0.33	1.00	ใช้ได้
2	0.78	0.47	1.00	ใช้ได้
3	0.53	0.79	1.00	ใช้ได้
4	0.60	0.60	0.66	ใช้ได้
5	0.72	0.36	0.66	ใช้ได้
6	0.65	0.33	0.66	ใช้ได้
7	0.75	0.40	1.00	ใช้ได้
8	0.55	0.84	1.00	ใช้ได้
9	0.47	0.60	1.00	ใช้ได้
10	0.80	0.27	1.00	ใช้ได้

จากตาราง 7 แบบทดสอบแบบเลือกตอบอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างง่าย (ค่าความยากง่ายในช่วง 0.47- 0.80 และดัชนีความยากง่ายเฉลี่ยเป็น 0.486) แบบทดสอบสามารถจำแนกกลุ่มผู้เรียนได้เนื่องจาก ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.27-0.84 ($P \geq 0.20$) และแบบทดสอบแบบเลือกตอบให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ประเมิน พบว่าทุกข้อใช้ได้ ($IOC \geq 0.5$) แล้วนำแบบทดสอบแบบเลือกตอบชุดนี้หาความเชื่อมั่นของข้อสอบแบบเลือกตอบทั้งฉบับได้ค่าความเชื่อมั่นเ เท่ากับ 0.483 (คำนวนจากสูตร KR 20)

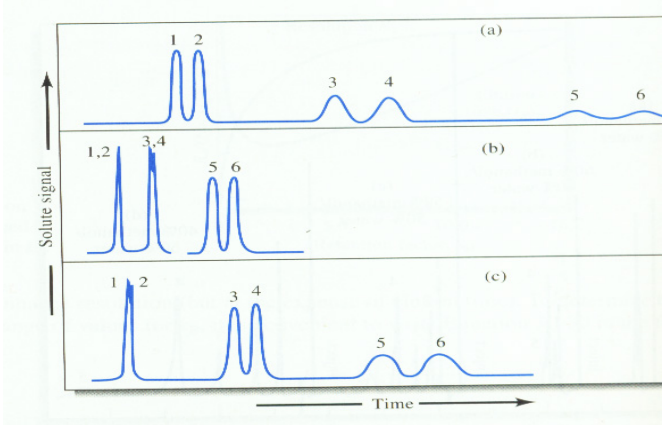
1.2 แบบทดสอบเขียนตอบ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดโดยรวมในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ มี 5 สถานะการณ์ แต่ละสถานการณ์มีคำถามย่อยรวม 11 ข้อ ประเมินโดยใช้เกณฑ์รูบริคส์ มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระหว่างระดับที่ 0-4

1) การประเมินความเที่ยงตามเนื้อหาและโครงสร้างผู้วิจัยนแบบทดสอบไปให้อาจารย์ประจำวิชาของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญจากภายนอก 1 ท่าน รวม 3 ท่าน ประเมิน ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ ไที่ยงตรง ไม่แน่ใจ ไม่ที่ยงตรง เพื่อการปรับปรุงโมดูลการเรียนรู้ นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาแปลงเป็นคะแนนดังนี้

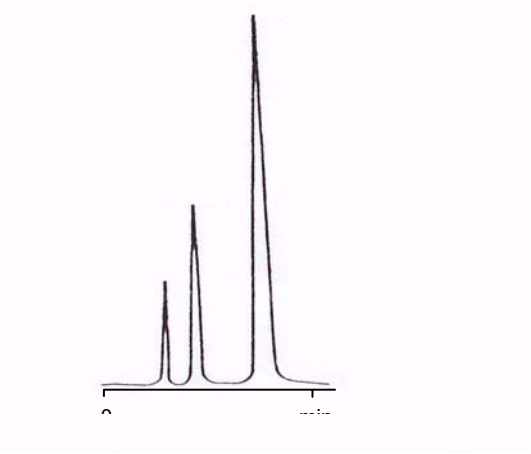
มีความเห็นว่า	เที่ยงตรง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น	+1
มีความเห็นว่า	ไม่แน่ใจ	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น	0
มีความเห็นว่า	ไม่เที่ยงตรง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น	-1

ในตาราง 8 ข้อสอบแบบเขียนตอบก่อนเรียนและหลังเรียนทุกข้อมีความเที่ยงความตามเนื้อหาและเชิงโครงสร้าง

ตาราง 8 แสดงค่าความเที่ยงตรง และ IOC ของข้อสอบแบบเขียนตอบก่อนและหลังเรียน

ข้อ	คำถาม / ประเด็นที่พิจารณา	ความเที่ยงตรง		ความหมาย
		ตามเนื้อหา	เชิงโครงสร้าง	
	สถานการณ์ที่ 1. การแยกองค์ประกอบของสารผสม 6 ชนิด 1,2,3,4,5,6 ในสภาวะที่แตกต่างกัน (a) (b) และ (c) ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพ 			
1.	แต่ละสภาวะที่แตกต่างกัน (a) (b) และ (c) เหมาะสมสำหรับแยกสารแต่ละคู่อย่างไร	1.0	1.0	เที่ยงตรง
2.	ผู้เรียนคิดว่ามีความเป็นไปได้ในการหาสภาวะที่เหมาะสมเพียงสภาวะเดียวในการแยกองค์ประกอบทั้ง 6 ชนิดในสารผสม หรือไม่ เพราะเหตุใด	1.0	1.0	เที่ยงตรง
	สถานการณ์ที่ 2. ให้ผู้เรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ “ เทคนิคคอลัมน์แบบเปิดใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง (TLC) และเทคนิค TLC ใช้ประโยชน์ได้มากกว่า เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ”			
3.	ข้อความข้างต้นถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด	1.0	1.0	เที่ยงตรง
4.	ให้เปรียบเทียบหลักการของเทคนิคทั้งสามว่ามีความเหมือนหรือความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง	0.66	0.66	เที่ยงตรง

ตาราง 8 (ต่อ)

ข้อ	คำถาม / ประเด็นที่พิจารณา	ความเที่ยงตรง		ความหมาย
		ตามเนื้อหา	เชิงโครงสร้าง	
4.	ให้เปรียบเทียบหลักการของเทคนิคทั้งสามว่ามีความเหมือนหรือความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง	0.66	0.66	เที่ยงตรง
	สถานการณ์ที่ 3. ให้ผู้เรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม “น้ำกระด้างคือน้ำที่มีเกลือของแคลเซียม แมกนีเซียมและ เหล็กอยู่มากเราสามารถแก้ไขได้ด้วยการทำเทคนิคการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange)ไปใช้ขจัดความกระด้างของน้ำได้”			
5.	ผู้เรียนจะเลือกใช้เรซินชนิดแอนไอออนหรือแคตไอออน เพราะเหตุใด	0.66	0.66	เที่ยงตรง
6.	ค่า pH ของสารละลายมีผลอย่างไรต่อการแยกด้วย	0.66	0.66	เที่ยงตรง
7.	เทคนิคไอออนเอกซ์เชนจ์ผู้ผลิตเครื่องกรองน้ำแนะนำว่าเมื่อใช้เครื่องกรองน้ำประมาณ1-2 เดือนให้นำเรซินไปแช่ในน้ำเกลือแกง เพราะเหตุใด	1.0	1.0	เที่ยงตรง
	สถานการณ์ที่ 4. ยาแก้ปวดมีส่วนผสมของแอสไพริน คาเฟอีน และฟีนาเซติน ถ้าต้องการวิเคราะห์หาปริมาณของแอสไพรินในยาแก้ปวดด้วยเทคนิค HPLC เมื่อวิเคราะห์ครั้งแรกได้โครมาโทแกรมดังรูป 			

ตาราง 8 (ต่อ)

ข้อ	คำถาม / ประเด็นที่พิจารณา	ความเที่ยงตรง		ความหมาย
		ตามเนื้อหา	เชิงโครงสร้าง	
8.	ผู้เรียนจะต้องทำอย่างไรจึงจะทราบว่าพีกใดเป็นของแอสไพริน	1.0	1.0	เที่ยงตรง
9.	ให้ผู้เรียนอธิบายวิธีการหาปริมาณของแอสไพรินด้วยวิธี standard addition calibration curve	1.0	1.0	เที่ยงตรง
	สถานการณ์ที่ 5. ถ้าต้องการวิเคราะห์หาปริมาณ กรดไขมัน $C_{15}H_{31}COOH$ ที่ระเหยยากด้วยเทคนิค Gas chromatography			
10.	ผู้เรียนต้องเตรียมสารตัวอย่างก่อนจึงจะสามารถวิเคราะห์ ได้ ผู้เรียนมีวิธีเตรียมตัวอย่างนี้ อย่างไร	1.0	1.0	เที่ยงตรง
11.	ในการวิเคราะห์ผู้เรียนจำเป็นต้องเลือกใช้ตัวตรวจหา (detector) ที่เหมาะสม ผู้เรียนคิดว่าตัวตรวจหาชนิดใดที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ครั้งนี้ และ ตัวตรวจวัด (detector)ดังกล่าวมีหลักการทำงานอย่างไร	1.0	1.0	เที่ยงตรง

2) ผลการหาค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบแบบเขียนตอบโดยคำนวนจากสูตรของ Whitney and D.L. Sabers (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2543: 199-201) ดังตาราง 9 ข้างล่าง แบบทดสอบมีค่าความยากง่ายในช่วง 0.33-0.78 แสดงว่าเป็นแบบทดสอบที่มีทั้ง ค่อนข้างยากปานกลางและค่อนข้างง่ายและมีค่าอำนาจจำแนกมากกว่า 0.4 แสดงว่ามีอำนาจจำแนกดีมาก

ตาราง 9 แสดงค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแบบเขียนตอบ

ข้อ	ความยากง่าย(P)			อำนาจจำแนก(r)		
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ทักษะวิทยาศาสตร์	คิดวิจารณญาณ	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ทักษะวิทยาศาสตร์	คิดวิจารณญาณ
1	0.69	0.44	0.58	0.63	0.46	.054
2	0.48	0.36	0.54	0.47	0.55	0.39
3	0.57	0.39	0.66	0.79	0.70	0.43
4	0.66	0.75	0.68	0.40	0.44	0.53
5	0.52	0.64	0.35	0.46	0.65	0.47
6	0.56	0.78	0.52	0.67	0.42	0.56
7	0.55	0.34	0.41	0.45	0.46	0.43
8	0.58	0.42	0.39	0.74	0.67	0.59
9	0.47	0.33	0.56	0.60	0.59	0.45
10	0.44	0.67	0.37	0.57	0.47	0.52
11	0.73	0.42	0.59	0.73	0.52	0.77

3) การหาค่าเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยนำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแล้วไปทดสอบผู้เรียนปี 3 จำนวน 40 คน คือ ใช้สูตรคำนวณค่าเชื่อมั่นของแบบทดสอบตามสูตร คูเดอร์ริชาร์คสัน 21 (K-R 21) (สำเริง บุญเรืองรัตน์. 2529: 21-22)

มีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของข้อสอบทั้งฉบับในแต่ละด้าน ดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 แสดงค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบแบบเขียนตอบ

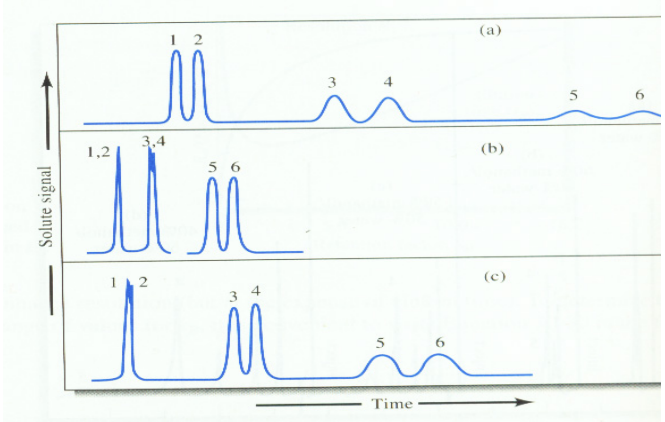
ผลการเรียนรู้	$\overline{X}$	SD	ระดับความเชื่อมั่น
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	2.37	0.39	0.54
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	2.67	0.21	0.65
ความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์	2.56	2.26	0.65

จากตาราง 10 แบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นสำหรับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 0.39 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามาถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์มีค่าความเชื่อมั่น 0.65

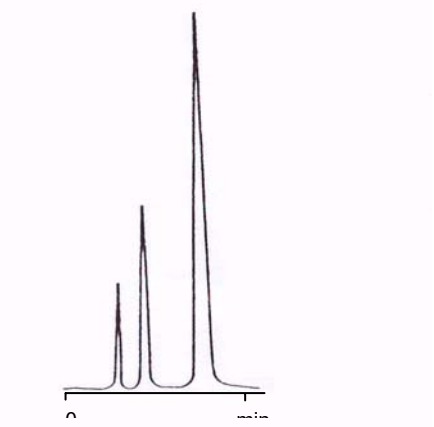
4) ผลการประเมินความถูกต้องของแนวการตอบ และความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

นำแบบทดสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมนความถูกต้องของแนวการตอบและความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบแบบเขียนตอบโดยผู้เชี่ยวชาญได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นดังตาราง 11 ผลการประเมินความถูกต้องของแนวการตอบและความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ดัชนีความสอดคล้องมีค่าระหว่าง 0.60–1.00 แสดงว่า แนวการตอบและเกณฑ์การให้คะแนนทุกข้อมีความถูกต้องและเหมาะสม

ตาราง 11 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแนวการตอบและเกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบแบบเขียนตอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ข้อ	คำถาม / ประเด็นที่พิจารณา	IOC	
		ความถูกต้อง	ความเหมาะสม
	สถานการณ์ที่ 1. การแยกองค์ประกอบของสารผสม 6 ชนิด 1,2,3,4,5,6 ในสภาวะที่แตกต่างกัน (a) (b) และ (c) ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพ 		
1.	แต่ละสภาวะที่แตกต่างกัน (a) (b) และ (c) เหมาะสมสำหรับแยกสารแต่ละคู่อย่างไร	1.0	1.0
2.	ผู้เรียนคิดว่ามีความเป็นไปได้ในการหาสภาวะที่เหมาะสมเพียงสภาวะเดียวในการแยกองค์ประกอบทั้ง 6 ชนิดในสารผสม หรือไม่ เพราะเหตุใด	1.0	0.60
	สถานการณ์ที่ 2. ให้ผู้เรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ “ เทคนิคคอลัมน์แบบเปิดใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง (TLC) และเทคนิค TLC ใช้ประโยชน์ได้มากกว่า เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ”		
3.	ข้อความข้างต้นถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด	1.0	1.0
4.	ให้เปรียบเทียบหลักการของเทคนิคทั้งสามว่ามีความเหมือนหรือความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง	1.00	1.00

ตาราง 11 (ต่อ)

ข้อ	คำถาม / ประเด็นที่พิจารณา	IOC	
		ความถูกต้อง	ความเหมาะสม
	สถานการณ์ที่ 3. ให้นิสิตพิจารณาข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม “น้ำกระด้างคือน้ำที่มีเกลือของแคลเซียม แมกนีเซียมและเหล็กอยู่มากเราสามารถแก้ไขได้ด้วยการทำเทคนิคการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange)ไปใช้ขจัดความกระด้างของน้ำได้”		
5.	นิสิตจะเลือกใช้เรซินชนิดแอนไอออนหรือแคทไอออน เพราะเหตุใด	1.00	1.00
6.	ค่า pH ของสารละลายมีผลอย่างไรต่อการแยกด้วย	1.00	1.00
7.	เทคนิคไอออนเอกซ์เซนจ์ผู้ผลิตเครื่องกรองน้ำแนะนำว่าเมื่อใช้เครื่องกรองน้ำประมาณ1-2 เดือนให้นำเรซินไปแช่ในน้ำเกลือแกง เพราะเหตุใด	1.00	1.00
	สถานการณ์ที่ 4. ยาแก้ปวดมีส่วนผสมของแอสไพริน คาเฟอีน และฟีนาเซติน ถ้าต้องการวิเคราะห์หาปริมาณของแอสไพรินในยาแก้ปวดด้วยเทคนิค HPLC เมื่อวิเคราะห์ครั้งแรกได้โครมาโทแกรมดังรูป 		

ตาราง 11 (ต่อ)

ข้อ	คำถาม / ประเด็นที่พิจารณา	IOC	
		ความถูกต้อง	ความเหมาะสม
8.	ผู้เรียนจะต้องทำอย่างไรจึงจะทราบว่าพืกใดเป็นของแอสไพริน	1.0	1.0
9.	ให้ผู้เรียนอธิบายวิธีการหาปริมาณของแอสไพรินด้วยวิธี standard addition calibration curve	1.0	1.0
	สถานการณ์ที่ 5. ถ้าต้องการวิเคราะห์หาปริมาณ กรดไขมัน $C_{15}H_{31}COOH$ ที่ระเหยยากด้วยเทคนิค Gas chromatography		
10.	ผู้เรียนต้องเตรียมสารตัวอย่างก่อนจึงจะสามารถวิเคราะห์ได้ ผู้เรียนมีวิธีเตรียมตัวอย่างนี้ อย่างไร	1.0	1.0
11.	ในการวิเคราะห์ผู้เรียนจำเป็นต้องเลือกใช้ตัวตรวจหา (detector) ที่เหมาะสม ผู้เรียนคิดว่าตัวตรวจหาชนิดใดที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ครั้งนี้ และ ตัวตรวจวัด (detector)ดังกล่าวมีหลักการทำงานอย่างไร	0.60	0.60

จากตาราง 11 ผลการประเมินความถูกต้องของแนวการตอบและความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า ดัชนีความสอดคล้องมีค่าระหว่าง 0.60–1.00 แสดงว่า แนวการตอบและเกณฑ์การให้คะแนนทุกข้อมีความถูกต้องและเหมาะสม

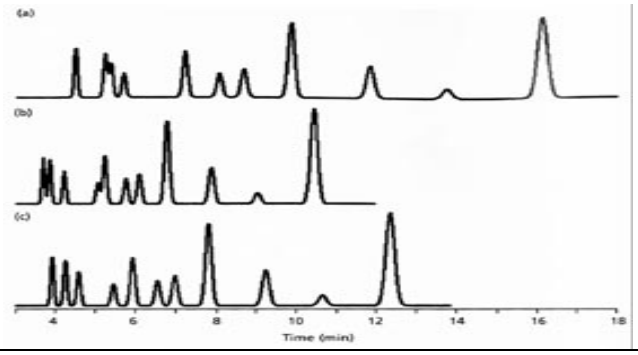
2. แบบทดสอบระหว่างเรียน

1) ผู้วิจัยนำแบบทดสอบ นำไปให้อาจารย์ประจำวิชาขอมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญจากภายนอก 1 ท่าน รวม 3 ท่าน ประเมิน ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ความถูกต้องของแนวการตอบ และ ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ คือ สอดคล้อง ไม่แน่ใจ ไม่สอดคล้อง เพื่อการปรับปรุงโมดูลการเรียนรู้นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาแปลงเป็นคะแนนดังนี้

มีความเห็นว่า เที่ยงตรง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น +1
มีความเห็นว่า ไม่แน่ใจ ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0
มีความเห็นว่า ไม่เที่ยงตรง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น -1

ได้ผลการวิเคราะห์ข้อสอบแบบเขียนตอบดังแสดงในตาราง 13 และ 14

ตาราง 12 แสดงค่าความเที่ยงตรง และ IOC ของข้อสอบแบบเขียนตอบระหว่างเรียน

หน่วยที่	คำถาม / ประเด็นที่พิจารณา	ความเที่ยงตรง		ความหมาย
		ตามเนื้อหา	เชิงโครงสร้าง	
1	**จงพิจารณาโครมาโทแกรมดังรูป แล้วตอบคำถามต่อไปนี้** 			
	1. ผู้เรียนอธิบายและเปรียบเทียบค่าการแยก (Resolution) ในกรณี a ,b และ c ได้อย่างไร	1.0	1.0	เที่ยงตรง
2	1. เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษถ้าทำการทดลองโดยใช้กระดาษที่แตกต่างกันคือ ความละเอียดมาก ปานกลางและหยาบ โดยวัฏภาคที่เคลื่อนที่และสารตัวอย่างชนิดเดียวกัน ผู้เรียนคิดว่าจะได้ผลการทดลองอย่างไร เพราะอะไร	1.0	1.0	เที่ยงตรง
	2. หลังการทำดีเวลลอปโครมาโทกราฟีแบบกระดาษปรากฏว่า solvent front 15.5 cm สารประกอบชนิดที่ 1, 2 และ 3 เคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น ได้11.6 , 5.6 และ 1.5 cm ตามลำดับจงคำนวณหาค่า R_f ของสารประกอบแต่ละชนิดจากค่าที่คำนวณได้ผู้เรียนคิดว่าสภาวะของการแยกและค่าการแยกเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร	1.0	1.0	เที่ยงตรง
3	1.เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางมีวิธีการใส่สารตัวอย่างแบบจุด (spot)ให้ผู้เรียนอธิบายวิธีการทำและถ้าจุดสารตัวอย่างมีขนาดใหญ่จะมีผลต่อการแยกอย่างไร	1.0	1.0	เที่ยงตรง
	2.เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางเพราะเหตุใดจึงต้องทำให้อยู่ในสภาวะสมดุลของไอตัวทำละลาย	1.0	1.0	เที่ยงตรง

ตาราง 12 (ต่อ)

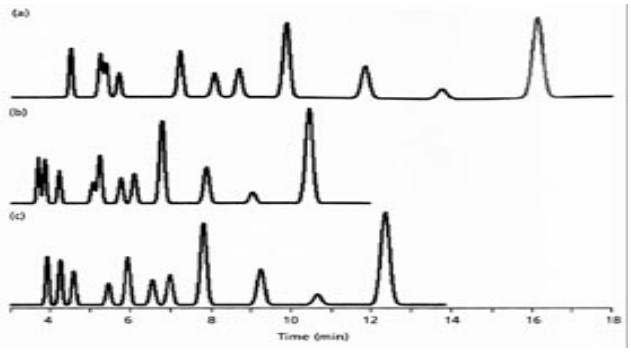
หน่วยที่	คำถาม / ประเด็นที่พิจารณา	ความเที่ยงตรง		ความหมาย
		ตามเนื้อหา	เชิงโครงสร้าง	
4	1.เมื่อต้องการแยกสารจำพวกกรดคาร์บอกซิลิกา ผู้เรียนคิดว่าควรใช้เรซินชนิดใด และสารละลายตัวอย่างควรมีค่า pH ในช่วงกรดหรือเบส เพราะอะไร	1.0	1.0	เที่ยงตรง
	2.จงอธิบายหลักการในการของเครื่องกรองน้ำที่กำจัดไอออนแคลเซียม แมกนีเซียมและ เหล็กได้	1.0	1.0	เที่ยงตรง
5	**เมื่อพิจารณาบทความข้างต้นแล้วตอบคำถามต่อไปนี้** 1. การนำเทคนิค HPLC ในกระบวนการผลิต เอทานอล เพื่อจุดประสงค์ใด	1.0	1.0	เที่ยงตรง
	2. การนำเทคนิค HPLC ไปใช้เพิ่มผลผลิตได้อย่างไร	1.0	1.0	เที่ยงตรง
	3. ผู้เรียนคิดว่าสามารถบอกชนิด organic acid ได้หรือไม่ และต้องทำอย่างไร	1.0	1.0	เที่ยงตรง
	4. ในบทความนี้ไม่ได้อธิบายวิธีการวิเคราะห์ปริมาณ เมื่อผู้เรียนเป็นนักเคมีวิเคราะห์ ผู้เรียนสามารถอธิบายถึงวิธีการดังกล่าวได้อย่างไร	1.0	1.0	เที่ยงตรง
	5. เมื่ออ่านและพิจารณาบทความนี้แล้วในฐานะที่ผู้เรียนเป็นนักเคมีวิเคราะห์ ผู้เรียนมีความคิดเห็นอย่างไร	1.0	1.0	เที่ยงตรง
6	ถ้าผู้เรียนเป็นฝ่ายตรวจสอบคุณภาพของเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนเพื่อหาปริมาณคาเฟอีนตามที่ติดฉลากไว้ ผู้เรียนอธิบายวิธีการหาปริมาณคาเฟอีน มา 1วิธี	1.0	1.0	เที่ยงตรง

ตาราง 12 (ต่อ)

หน่วยที่	คำถาม / ประเด็นที่พิจารณา	ความเที่ยงตรง	
		ตามเนื้อหา	เชิงโครงสร้าง
7	**พิจารณาปัจจัยต่อไปนี้** 1. ความสามารถในการกลายเป็นไอของสาร (Volatility of compound) 2. ความมีขั้วของสารตัวอย่าง (Polar compounds) 3. อุณหภูมิของคอลัมน์ (Column temperature) 4. ความมีขั้วของสารที่บรรจุในคอลัมน์ (Column packing polarity) 5. อัตราการไหล (Flow rate of the carrier gas) 6. ความยาวของคอลัมน์ (Length of the column) 7. ขีดจำกัดของการตรจหา (Detection limit)		
	ให้ผู้เรียนตอบคำถามต่อไปนี้ 1.ให้ผู้เรียนอธิบายความหมายของคำศัพท์ข้างต้น	1.00	1.00
	2. ปัจจัยข้างต้นมีผลต่อการวิเคราะห์สารด้วยเทคนิค GC อย่างไร	1.00	1.00
	3. แต่ละปัจจัยข้างต้นเกี่ยวข้องกับส่วนประกอบ GC ใดบ้าง อย่างไร	1.00	1.00

จากตาราง 12 แสดงค่าความเที่ยงตรง ตามเนื้อหาและเชิงโครงสร้างของข้อสอบแบบเขียนตอบระหว่างเรียนเป็น 1.00 ทุกข้อ แสดงว่า ข้อสอบมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและเชิงโครงสร้าง

ตาราง 13 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแนวการตอบและเกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบแบบเขียนตอบระหว่างเรียน

หน่วยที่	คำถาม / ประเด็นที่พิจารณา	IOC	
		ความถูกต้อง	ความเหมาะสม
1	**จงพิจารณาโครมาโทแกรมดังรูป แล้วตอบคำถามต่อไปนี้** 		
	1. ผู้เรียนอธิบายและเปรียบเทียบค่าการแยก (Resolution) ในกรณี a ,b และ c ได้อย่างไร	1.0	1.0
2	1. เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษถ้าทำการทดลองโดยใช้กระดาษที่แตกต่างกันคือ ความละเอียดมาก ปานกลางและหยาบ โดยวัฏภาคที่เคลื่อนที่และสารตัวอย่างชนิดเดียวกัน ผู้เรียนคิดว่าจะได้ผลการทดลองอย่างไร เพราะอะไร	1.0	1.0
	2. หลังการทำดีเวลลอปโครมาโทกราฟีแบบกระดาษปรากฏว่า solvent front 15.5 cm สารประกอบชนิดที่ 1, 2 และ 3 เคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น ได้11.6 , 5.6 และ1.5 cm ตามลำดับจงคำนวณหาค่า R_f ของสารประกอบแต่ละชนิดจากค่าที่คำนวณได้ผู้เรียนคิดว่าสภาวะของการแยกและค่าการแยกเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร	1.0	1.0

ตาราง 13 (ต่อ)

หน่วยที่	คำถาม / ประเด็นที่พิจารณา	IOC	
		ความถูกต้อง	ความเหมาะสม
3	1.เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางมีวิธีการใส่สารตัวอย่างแบบจุด (spot)ให้ผู้เรียนอธิบายวิธีการทำและถ้าจุดสารตัวอย่างมีขนาดใหญ่จะมีผลต่อการแยกอย่างไร	1.0	1.0
	2.เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางเพราะเหตุใดจึงต้องทำให้อยู่ในสภาวะสมดุลของไอตัวทำละลาย	1.0	1.0
4	1.เมื่อต้องการแยกสารจำพวกกรดคาร์บอกซิลิกา ผู้เรียนคิดว่าควรใช้เรซินชนิดใด และสารละลายตัวอย่างควรมีค่า pH ในช่วงกรดหรือเบส เพราะอะไร	1.0	1.0
	2.จงอธิบายหลักการในการของเครื่องกรองน้ำที่กำจัดไอออนแคลเซียม แมกนีเซียมและ เหล็กได้	1.0	1.0
5	**เมื่อพิจารณาบทความข้างต้นแล้วตอบคำถามต่อไปนี้** 1. การนำเทคนิค HPLC ในกระบวนการผลิต เอทานอลเพื่อจุดประสงค์ใด	1.0	1.0
	2. การนำเทคนิค HPLC ไปใช้เพิ่มผลผลิตได้อย่างไร	1.0	1.0
	3. ผู้เรียนคิดว่าสามารถบอกชนิด organic acid ได้หรือไม่และต้องทำอย่างไร	1.0	1.0
	4. ในบทความนี้ไม่ได้อธิบายวิธีการวิเคราะห์ปริมาณ เมื่อผู้เรียนเป็นนักเคมีวิเคราะห์ ผู้เรียนสามารถอธิบายถึงวิธีการดังกล่าวได้อย่างไร	1.0	1.0
	5. เมื่ออ่านและพิจารณาบทความนี้แล้วในฐานะที่ผู้เรียนเป็นนักเคมีวิเคราะห์ ผู้เรียนมีความคิดเห็นอย่างไร	1.0	1.0
6	ถ้าผู้เรียนเป็นฝ่ายตรวจสอบคุณภาพของเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีนเพื่อหาปริมาณคาเฟอีนตามที่ติดฉลากไว้ ผู้เรียนอธิบายวิธีการหาปริมาณคาเฟอีน มา 1วิธี	1.0	1.0

ตาราง 13 (ต่อ)

หน่วยที่	คำถาม / ประเด็นที่พิจารณา	IOC	
		ความถูกต้อง	ความเหมาะสม
7	**พิจารณาปัจจัยต่อไปนี้** 1. ความสามารถในการกลายเป็นไอของสาร (Volatility of compound) 2. ความมีขั้วของสารตัวอย่าง (Polar compounds) 3. อุณหภูมิของคอลัมน์ (Column temperature) 4. ความมีขั้วของสารที่บรรจุในคอลัมน์ (Column packing polarity) 5. อัตราการไหล (Flow rate of the carrier gas) 6. ความยาวของคอลัมน์ (Length of the column) 7. ขีดจำกัดของการตรจหา (Detection limit)		
	ให้ผู้เรียนตอบคำถามต่อไปนี้ 1.ให้ผู้เรียนอธิบายความหมายของคำศัพท์ข้างต้น	1.00	1.00
	2. ปัจจัยข้างต้นมีผลต่อการวิเคราะห์สารด้วยเทคนิค GC อย่างไร	1.00	1.00
	3. แต่ละปัจจัยข้างต้นเกี่ยวข้องกับส่วนประกอบ GC ใดบ้าง อย่างไร	1.00	1.00

จากตาราง 13 ค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแนวการตอบและเกณฑ์การให้คะแนนของข้อสอบแบบเขียนตอบระหว่างเรียน ได้ค่าความถูกต้องเป็น 1.00 ทุกข้อและความเหมาะสมเป็น 1.00 ทุกข้อ แสดงว่า ข้อสอบระหว่างเรียนมีความถูกต้องและมีความเหมาะสม

2) ผลการหาค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแบบเขียนตอบโดยคำนวนจากสูตรของ Whitney and D.L. Sabers (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2543: 199-201) ดังตาราง 1

ตาราง 14 แสดงค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแบบเขียนตอบ

หน่วยที่	ความยากง่าย(P)			อำนาจจำแนก(r)		
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ทักษะวิทยาศาสตร์	คิดวิจารณญาณ	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ทักษะวิทยาศาสตร์	คิดวิจารณญาณ
1	0.57	0.39	0.66	0.79	0.70	0.43
2	0.76	0.75	0.68	0.40	0.44	0.53
3	0.56	0.64	0.35	0.46	0.65	0.47
4	0.67	0.78	0.52	0.67	0.42	0.56
5	0.55	0.34	0.41	0.45	0.46	0.43
6	0.68	0.42	0.39	0.47	0.67	0.54
7	O63	0.54	0.56	0.43	0.48	0.59

จากตาราง 14 ข้างต้น แบบทดสอบแบบเขียนตอบอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างง่าย (ค่าความยากง่ายในช่วง 0.47- 0.80 และดัชนีความยากง่ายเฉลี่ยเป็น 0.486) แบบทดสอบสามารถจำแนกกลุ่มผู้เรียนได้เนื่องจาก ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.40-0.79 ($P \geq 0.20$)

นำโมดูลการเรียนรู้และแบบทดสอบที่ผ่านการประเมินโดยผู้เชียวชาญไปปรับปรุงก่อนนำไปใช้

ขั้นที่ 3 หาประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นโดยการศึกษานำร่องศึกษา

1. นำโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นที่ปรับปรุงแล้ว ไปจัดการเรียนรู้กับผู้เรียนจำนวน 42 คน ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 ตั้งแต่วันที่ 22 มิถุนายนถึงวันที่ 27 สิงหาคม 2549 ณ ศูนย์คอมพิวเตอร์ อาคาร 11 จัดการเรียนรู้ในวันพฤหัสบดี เวลาใน 13.00 -16.00 น.เป็นเวลา 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ รวมเป็น27 ชั่วโมง 9 สัปดาห์โดยจัดการเรียนรู้ดังนี้ สัปดาห์ที่ 1 สอบก่อนเรียนรู้และชี้แจงการจัดการเรียนรู้ สัปดาห์ที่ 2-8 เรียนรู้ในโมดูลการเรียนรู้ทั้ง 7 หน่วยการเรียน สัปดาห์ที่ 9 สอบหลังเรียนรู้

2. การหาประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ไปเทียบกับคะแนนที่จุดตัดตามวิธีของเบอร์ก (Berk. 1980;105) ดังนี้

การหาคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบโดยวิธีของ เบอร์ก โดยการวิจัยนี้แบ่งผู้เรียนที่ได้รับการสอนเป็นพวกรอบรู้และพวกที่ไม่ได้รับการสอนเป็นพวกไม่รอบรู้ จากนั้นให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มทำแบบทดสอบ เมื่อพิจารณาการกระจายของคะแนนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม พบว่า จะคาบเกี่ยวกัน คือ คะแนนพยากรณ์ที่แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 4 พวก คือ

เกณฑ์ / คะแนนพยากรณ์	กลุ่มที่เรียน	กลุ่มที่ยังไม่เรียน
รอบรู้	รอบรัจริง (TM)	รอบรู้ไม่จริง (FM)
ไม่รอบรู้	ไม่รอบรู้ไม่จริง (FN)	ไม่รอบรู้จริง (TN)

คะแนนจุดตัดจะคะแนนพยากรณ์ที่นำมาหาค่าคะแนนจุดตัดที่ได้ค่ามาจากความน่าจะเป็นในการตัดสินที่ถูกต้องคือ ค่า P(TM) + P(TN) สูงสุด หรือให้ค่าความน่าจะเป็นการตัดสินใจที่ผิด P(FM) + P(FN)

P(TM) = (TM) / (M + N)

P(FM) = (FM) / (M + N)

P(TN) = (TN) / (M + N)

P(FM) = (FM) / (M + N)

เมื่อ TM แทน นักเรียนในกลุ่มรอบรู้จริง

FM แทน นักเรียนในกลุ่มรอบรู้ไม่จริง

TN แทน นักเรียนในกลุ่มไม่รอบรู้จริง

FN แทน นักเรียนในกลุ่มไม่รอบรู้ไม่จริง

M + N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด (M + N = FM + FN + TM + TN)

การหาประสิทธิ์ภาพของโมดูลการเรียนรู้เปรียบเทียบกันคะแนนจุดตัดโดยถือเกณฑ์ว่าถ้าหากคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์มากกว่าหรือเท่ากับคะแนนที่จุดตัด แสดงว่า โมดูลการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพ

3. นำโมดูลการเรียนรู้หลังการศึกษานำร่องไปปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลการเรียนรู้ ความเหมาะสมของเนื้อหา เวลาเรียน กิจกรรมการเรียนรู้ และสื่อการเรียนรู้ของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ บรรยากาศการเรียนรู้ ปัญหาและอุปสรรคของการใช้โมดูลการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 การนำโมดูลการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นไปทดลองใช้

ผู้วิจัยได้นำโมดูลการเรียนรู้ไปทดลองใช้ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์การวิจัยและเพื่อตรวจสอบสมมติฐานการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

1.การเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีดำเนินการมีดังนี้

1.1 นำโมดูลการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้แก่ ผู้เรียนชั้นปีที่ 3 ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเคมีวิเคราะห์ 2 (CH 351) ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 ของภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ระหว่างวันที่ 9 กรกฎาคม 2550 ถึงวันที่ 26 สิงหาคม 2550 เป็นเวลา 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ รวมเป็น 27 ชั่วโมง 9 สัปดาห์โดยจัดการเรียนรู้ดังนี้ สัปดาห์ที่ 1 สอบก่อนเรียนรู้และชี้แจงการจัดการเรียนรู้ สัปดาห์ที่ 2-8 เรียนรู้ในโมดูลการเรียนรู้ทั้ง 7 หน่วยการเรียน สัปดาห์ที่ 9 สอบหลังเรียนรู้ ดังรายละเอียดในตารางที่ 15

1.2 เตรียมสื่อการเรียนรู้ ก่อนการทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้ ดังนี้

1.2.1 ติดต่อผู้บริหารภาควิชาเคมี และอาจารย์ประจำวิชาเคมีวิเคราะห์ 2 (CH 351) เพื่อขอความร่วมมือในการวิจัย

1.2.2 เตรียมการขอใช้ห้องคอมพิวเตอร์ที่ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ และที่สำนักหอสมุดและสื่อการเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้ให้พร้อมที่จะใช้ทำการทดลอง

1.2.3 เก็บข้อมูลก่อนการทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้ วิชาเคมีวิเคราะห์ระดับอุดมศึกษา โดยให้ผู้เรียนกลุ่มทดลอง ทำแบบทดสอบก่อนเรียน

1.3 จัดการสอบระหว่างเรียนเมื่อเรียนจบแต่ละหน่วยการเรียนในวันศุกร์ เวลา 13.00 - 13.30 น ณ ห้อง.19-813 อาคาร 19

1.4 รวบรวมผลการเรียนรู้หลังเรียนโมดูลการเรียนรู้ด้วยการทดสอบหลังเรียน ผลการทดลองใช้ที่การศึกษาได้แก่

1.4.1 ผลการเรียนของการใช้โมดูลการเรียนรู้ก่อนและหลังการใช้

1.4.2 การเปรียบเทียบผลการใช้โมดูลการเรียนรู้หลังการทดลองใช้ในแต่ละด้านกับคะแนนจุดตัดที่กำหนดไว้

1.4.3 ศึกษาผลการเรียนรู้หลังเรียนในด้าน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์

1.4.4 ศึกษาผลการเรียนรู้ระหว่างเรียนในด้าน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ และผลการใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้น

ตาราง 15 แสดงการจัดกิจกรรมในการทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้

สัปดาห์ที่	การจัดการเรียนรู้
1	การสอบก่อนเรียนพร้อมทั้งชี้แจงกระบวนการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์
2	หน่วยที่ 1 ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น เกี่ยวกับโครมาโทกราฟี สาระการเรียนรู้ ประกอบด้วย หลักการเบื้องต้นของการแยก ทฤษฎีโครมาโทกราฟี ได้แก่ ทฤษฎีเพลต และทฤษฎีอัตรา และการจำแนกวิธีทางโครมาโท กราฟี
3	หน่วยที่ 2 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ สาระการเรียนรู้ ประกอบด้วย หลักการวัฏภาคนิ่งและวัฏภาคเคลื่อนที่ กลไกการแยก เทคนิควิธีการตรวจหาและการคำนวณค่า และการประยุกต์ใช้
4	หน่วยที่ 3 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง สาระการเรียนรู้ ประกอบด้วย หลักการวัฏภาคนิ่งและวัฏภาคเคลื่อนที่ กลไกการแยก เทคนิควิธี การตรวจหาและการคำนวณ และการประยุกต์ใช้
5	หน่วยที่ 4 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ สาระการเรียนรู้ ประกอบด้วย หลักการวัฏภาคนิ่งและวัฏภาคเคลื่อนที่ กลไกการแยก เทคนิควิธีโครมาโทกราฟี และการประยุกต์ใช้
6	หน่วยที่ 5 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบของเหลวแบบสมรรถนะสูง สาระการเรียนรู้ ประกอบด้วย หลักการวัฏภาคนิ่งและวัฏภาคเคลื่อนที่ กลไกการแยกและส่วนประกอบของเครื่องมือ
7	หน่วยที่ 6 การประยุกต์ใช้โครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง สาระการเรียนรู้ ประกอบด้วย การวิเคราะห์เชิงปริมาณ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพและการประยุกต์ใช้
8	หน่วยที่ 7 เทคนิคการแยกโดยใช้โครมาโทกราฟีแบบแก๊สและการประยุกต์ใช้ สาระการเรียนรู้ ประกอบด้วย หลักการวัฏภาคนิ่งและวัฏภาคเคลื่อนที่ กลไกการแยกส่วนประกอบของเครื่องมือ และการประยุกต์ใช้
9	สอบหลังการเรียนรู้

1.3 จัดการเรียนรู้ด้วยโมดูลการเรียนรู้และรวบรวมข้อมูล มีวิธีการดำเนินการดังนี้

แบบแผนการวิจัย

แบบแผนการวิจัยการทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นใช้แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest – Posttest Design (Cambel & Stanley. 1963 : 13-14) ซึ่งมีแบบแผนการทดลอง ดังนี้

ตาราง 16 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest – Posttest Design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	O_1	X	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E แทน กลุ่มทดลอง

O_1 แทน การทดสอบก่อนเรียนของผู้เรียน

O_2 แทน การทดสอบหลังเรียนของผู้เรียน

X แทน การเรียนรู้โดยโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

กลุ่มประชากรที่ใช้ศึกษาครั้งนี้คือผู้เรียนระดับปริญญาตรี วิชาเอกเคมี คณะวิทยาศาสตร์ของมหาวิทยาลัยในกรุงเทพมหานคร

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาเลือกแบบเจาะจงจากประชากรได้แก่ผู้เรียนระดับปริญญาตรี วิชาเอกเคมี ชั้นปีที่ 3 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเคมีวิเคราะห์ (CH 351) ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 83 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1 แบบประเมิน

3.1.1 แบบประเมินความเหมาะสมของโครงร่างโมดูลการเรียนรู้ประเมิน

3.1.2 แบบประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของโมดูล

3.1.3 แบบประมินความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและเชิงโครงสร้างของข้อสอบแบบเขียนตอบ

3.1.4. แบบประเมินความสอดคล้องของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญต่อความถูกต้องของแนวการตอบ และ ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน

3.2. แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ใช้ข้อสอบชุดเดียวกัน มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 แบบทดสอบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก ครอบคลุมจุดประสงค์และสาระการเรียนรู้แต่ละโมดูลการเรียนรู้ ที่วัดเฉพาะด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีข้อสอบ 10 ข้อ 10 คะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน

3.1.2 แบบทดสอบเขียนตอบ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดโดยรวมในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ มี 5 สถานะการณ์ แต่ละสถานการณ์มีคำถามย่อย 11 ข้อ

3.3 แบบทดสอบระหว่างเรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดหลังการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้มีทั้ง 7 หน่วยๆละ 1 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีคำถามย่อย 2 -3 ข้อ ใช้วัดโดยรวมทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านผลสัมฤทธิ์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ ประเมินโดยใช้เกณฑ์รูบริคส์มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระหว่างระดับที่ 0-4 ดังนี้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเรื่องพัฒนาโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวงล้อแห่งการคิดค้นผู้สอนนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

2. ผลการหาประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นโดยการศึกษานำร่องศึกษา

3. การทดลองใช้และหาประสิทธิภาพของโมดูล

1. ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

การวิจัยในขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการโมดูลการเรียนรู้รายวิชาเคมีวิเคราะห์ และศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการพัฒนาโมดูลการเรียนรู้ ศึกษาตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสรุป ได้ดังนี้

1. สภาพทั่วไปและปัญหาของการจัดการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษา

การจัดการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษาส่วนใหญ่เป็นแบบบรรยายโดยอาจารย์ผู้สอน ผู้เรียนเป็นเพียงผู้รับข้อมูลเท่านั้น ดังนั้นการเรียนรู้จึงเป็นเพียงการเพิ่มข้อมูลความรู้แบบที่ต้องจดจำเท่านั้น ผู้เรียนขาดโอกาสในการแสดงความคิดเห็น ศึกษาค้นคว้าและแสวงหาความรู้ใหม่ ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงกระบวนการแสวงหาความรู้ ยิ่งกว่านั้นยังไม่มีโอกาสในการฝึกทักษะในการคิดขั้นสูง ดังนั้นแม้ได้รับความรู้ก็ไม่สามารถทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ เนื่องจากไม่มีความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์หรือกลั่นกรองข้อมูลและขาดความสามารถในการสังเคราะห์นำไปสู่ความล้มเหลวในการสร้างองค์ความรู้ใหม่

2. เป้าหมายที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ ระดับอุดมศึกษา คือผลการเรียนรู้ (Learning Outcomes) ที่สำคัญ คือ

2.1. ผลการเรียนรู้เฉพาะวิชา (Subject Specific Outcomes : SSO) เป็นผลการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ในลักษณะที่เป็นความรู้ลึก-รู้รอบในวิชาที่เรียนหรือในโปรแกรมวิชาที่เลือกเรียน

2.2. ผลการเรียนรู้ที่เป็นทักษะในการสื่อสารเฉพาะบุคคล (Personal Transferable Skills : PTS) ในการเรียนรู้นั้นผู้เรียนควรจะได้มีการพัฒนาทักษะในการเรียนรู้ การถ่ายโอนความรู้ และการสื่อสาร ที่สำคัญ มี 7 ได้แก่

1) การสื่อสารที่มีประสิทธิผล (Effective communication) โดเฉพาะในเรื่องการพูด และการเรียนรู้ (Speaking and writing) ด้วยการที่ผู้เรียนพัฒนาทักษะในการถ่ายโอนความรู้ ความเข้าใจ ความคิดที่ตนได้เรียนรู้มาสู่ผู้อื่น

2) ทักษะในการจัดระบบ-ระเบียบ (Organize) คือผู้เรียนต้องพัฒนาทักษะในการจัดระบบระเบียบความรู้-ข้อมูล ทฤษฎี ฯลฯ ที่ได้เรียนรู้มาจากแหล่งความรู้ที่หลากหลาย การโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล และความรู้จะเกิดขึ้น

3) ทักษะในการรวบรวมความรู้-ข้อสนเทศ (Gather information) โดยเฉพาะเน้นทักษะการฟัง-การอ่าน (Listening and reading) ผู้เรียนต้องสามารถแสวงหาความรู้ด้วยการฟัง-การอ่าน สามารถวิเคราะห์ข้อมูล และเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม และถูกต้อง

4) ทักษะในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (Use IT) เนื่องจากข้อมูลสารสนเทศในปัจจุบัน มีอยู่ในสื่ออิเล็กทรอนิกส์มากมาย ผู้เรียนควรใช้ IT เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ และรวบรวมข้อมูล-ข้อสารสนเทศให้ได้

5) ทักษะในการทำงานและการเรียนรู้โดยลำพังตนเอง (Act independently) โดยที่ไม่ต้องรอให้ใครสั่ง หรือรอให้เกิดวิกฤตก่อน

6) ทักษะในการทำงานเป็นกลุ่ม (Work in teams) คือมีทักษะในการทำงานและใช้ชีวิตร่วมกับผู้อื่นในหลายๆ กลุ่ม

7) ทักษะในการคิดคำนวณ/การอ่านและแปลความหมายตัวเลข (Innumeracy) เป็นสื่อในการคิดคำนวณเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจ

1.2.3. ผลการเรียนรู้ที่เป็นความสามารถทั่วไปทางวิชาการ (Generic Academic Outcomes : GAO) เป็นความสามารถที่พัฒนาขึ้นจากการได้รับการเรียนรู้ อันเป็นผลการเรียนรู้ที่มีความสำคัญยิ่งได้แก่ ความสามารถในการใช้ข้อมูล ความรู้ ยืนยันความคิด ความสามารถในการวิเคราะห์ ความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถวิพากษ์วิจารณ์อย่างมีเหตุผล และความสามารถในการสังเคราะห์ความรู้กับความคิดของตน เพื่อสร้างองค์ความรู้

จากผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ระดับอุดมศึกษา สรุปประเด็นปัญหาที่สำคัญได้ ดังนี้

1) ผู้เรียนควรจะมีความรู้วิชาเฉพาะเป็นอย่างดีในลักษณะที่เป็นความรู้ลึก-รู้รอบในสาระการเรียนรู้ที่กำหนด

2) โมดูลการเรียนรู้ต้องให้เน้นที่กระบวนการเรียนรู้เพื่อนำไปสู่องค์ความรู้ โดยเฉพาะกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3) โมดูลการเรียนรู้จะต้องเน้นให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ของตนเองจากการแสวงหาความรู้จากแหล่งข้อมูลได้ด้วยอาศัยการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

4) โมดูลการเรียนรู้คาดหวังให้นักเรียนนำองค์ความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อวิชาชีพ สามารถสร้างองค์ความรู้ของตนเองและมีความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ในการรับข้อมูลข่าวสาร

2.ผลการหาประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นโดยการศึกษานำร่องศึกษา

ผลการหาประสิทธิภาพ นำโมดูลการเรียนรู้โมดูลการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นที่แก้ไขปรับปรุงแล้ว ไปจัดการเรียนรู้กับผู้เรียนจำนวน 42 คน ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ไปจัดการเรียนรู้กับผู้เรียนจำนวน 42 คน ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 เป็นเวลา 9 สัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 22 มิถุนายน ถึงวันที่17 สิงหาคม 2549 สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง รวมเป็น 27 ชั่วโมง เพื่อหาประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้หลังการจัดการเรียนรู้ไปเทียบกับคะแนนที่จุดตัดตามวิธีของเบอร์ก (Berk. 1980;105)โดยถือเกณฑ์ว่าถ้าหากคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์มากกว่าหรือเท่ากับคะแนนที่จุดตัดแสดงว่า โมดูลการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 17 แสดงคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบแต่ละชนิดและจุดตัด

ชนิดของแบบทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย $\bar{X}$	SD	คะแนนจุดตัด
แบบทดสอบแบบเลือกตอบ	6.55	2.01	4.8
แบบทดสอบแบบเขียนตอบ	2.37	0.39	1.2

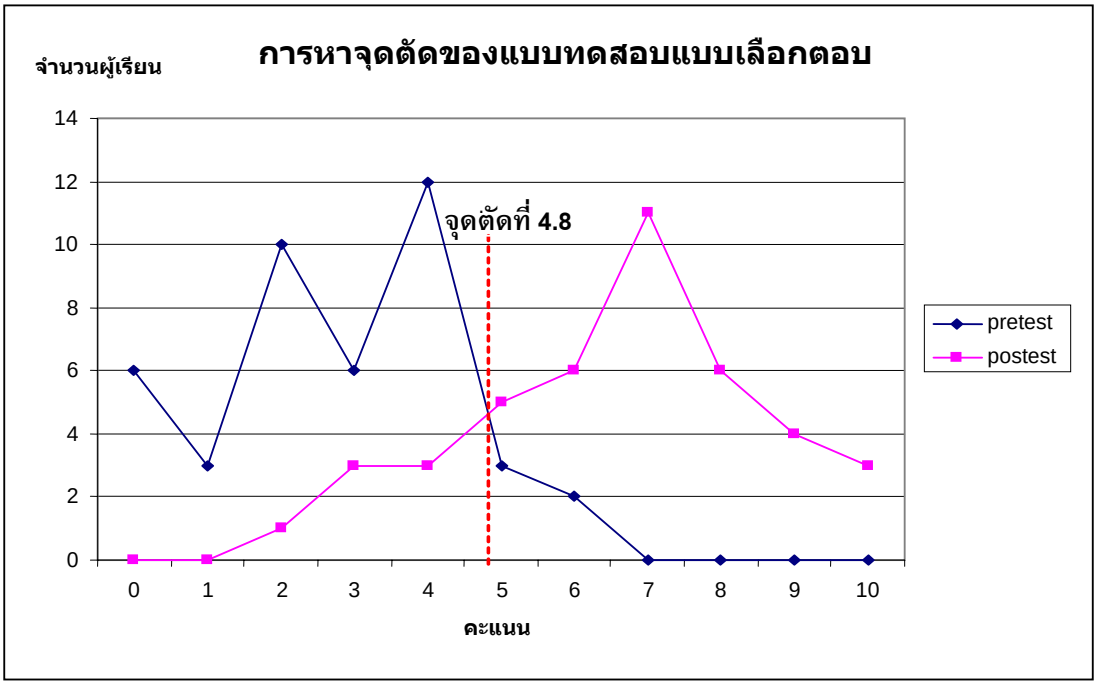
2.1 ผลการหาคะแนนจุดตัดตามวิธีของเบอร์ก (Berk. 1980;105)

การหาประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้พิจารณาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาเคมี วิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาโดยการเปรียบเทียบกับคะแนนที่จุดตัดตามวิธีของเบอร์ก

2.1.1 แบบทดสอบแบบเลือกตอบ

จากกราฟข้างล่างได้จุดตัดของคะแนนของแบบทดสอบแบบเลือกตอบเท่ากับ 4.8 พบว่าคะแนนทดสอบหลังเรียนของแบบทดสอบนี้ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.55 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.01 มีค่าสูงกว่าจุดตัด

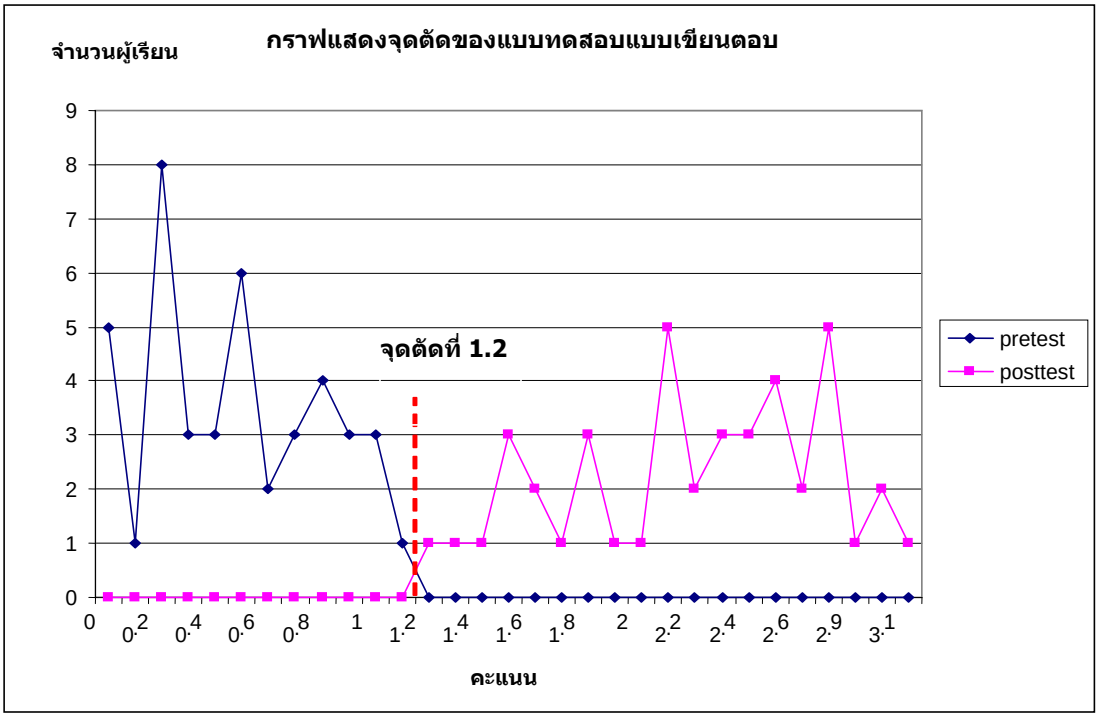
กราฟ 1 แสดงจุดตัดตามวิธีของเบอร์กของแบบทดสอบแบบเลือกตอบ



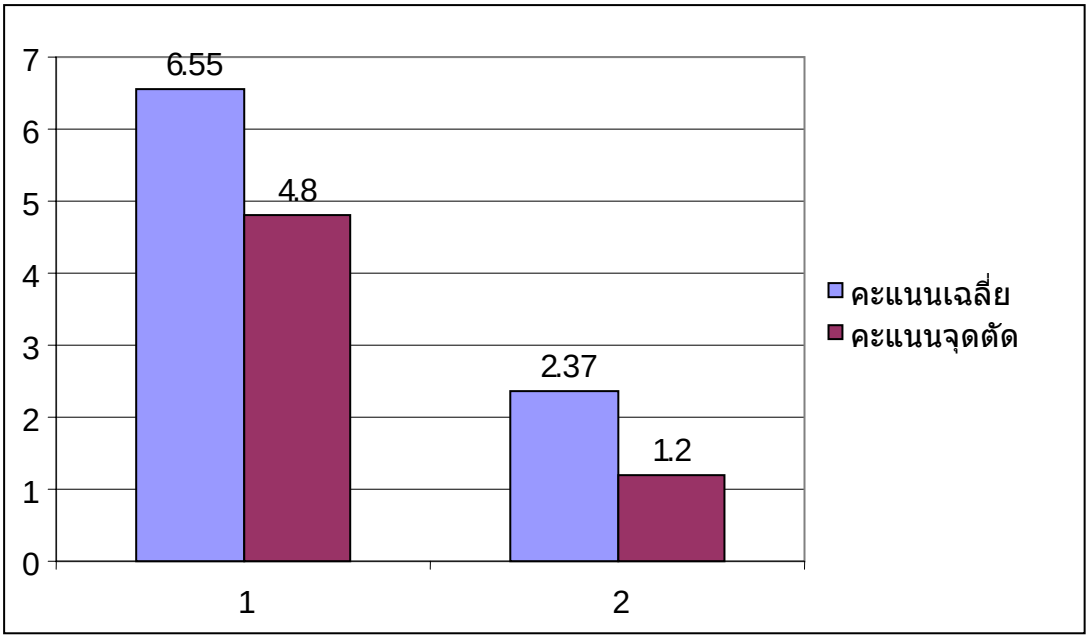
2.1.2 แบบทดสอบแบบเขียนตอบ

จากกราฟข้างล่างได้จุดตัดของคะแนนของแบบทดสอบแบบเขียนตอบเท่ากับ 1.2 พบว่าคะแนนทดสอบหลังเรียนของแบบทดสอบนี้ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.37 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.39 มีค่าสูงกว่าจุดตัด

กราฟ 2 แสดงจุดตัดตามวิธีของเบอร์กของแบบทดสอบแบบเขียนตอบ



กราฟ 3 แสดงคะแนนเฉลี่ยด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้เปรียบเทียบกับคะแนนจุดตัด



1 แทนแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

2 แทนแบบทดสอบแบบเขียนตอบ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ที่วัดด้วยแบบทดสอบแบบเลือกตอบและแบบเลือกตอบ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าจุดตัด แสดงว่าโมดูลการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น มีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1

2.2 ข้อบ่งชี้ในการหาประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นโดยการศึกษานำร่องศึกษา

จากการเก็บข้อมูลในการศึกษานำร่องศึกษา พบว่า

2.2.1 การจัดการเรียนรู้ผ่านเวบไซต์ www.analychem.com ผู้สอนได้ทำการชี้แจ้งและสาธิตการเข้าเป็นสมาชิกของเวบไซต์ ตลอดจนกระบวนการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์แต่เมื่อให้ผู้เรียนสมัครด้วยตนเองพบว่ามีปัญหาไม่สามารถสมัครได้ ผู้สอนจึงควรทำเป็นคู่มือการเรียนรู้

2.2.2 ขณะเรียนรู้ผู้เรียนมักจะสนทนากันผ่านเวบไซต์ ค้นคว้าข้อมูลจากอินเตอร์เน็ตที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ ในโมดูลการเรียนรู้ ผู้สอนจำเป็นต้องหาทางป้องกัน

2.2.3 ผู้สอนให้ผู้เรียนบันทึกการทำกิจกรรมด้วยตนเองทำให้การตรวจสอบการทำกิจกรรมตามวัฏจักรแห่งการคิดค้นได้ยาก เพราะผู้เรียนแต่ละคนมีรูปแบบการบันทึกที่แตกต่างกัน ผู้สอนควรเปลี่ยนแปลงให้มีรูปแบบการบันทึกกิจกรรมอย่างมีลำดับขั้นตามวัฏจักรแห่งการคิดค้นเพื่อความสะดวกของผู้เรียนและผู้สอน

2.2.4 และผู้สอนในชั้นต้องเน้นย้ำให้ผู้เรียนเรียนรู้ตามวัฏจักรแห่งการคิดค้นในทุกขั้นอย่างเคร่งครัด

2.2.5 การเข้าเรียนรู้ในเวบไซต์พร้อมกันทั้ง 42 คน ไม่พบข้อขัดข้องและอุปสรรคใดๆ แสดงว่าเวบไซต์มีประสิทธิภาพในการใช้งาน www.analychem.com ได้ดี

2.2.6 เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตมีประสิทธิภาพสูงมาก

3. ผลการใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

ผู้สอนได้นำโมดูลการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียน ได้แก่ ผู้เรียนที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเคมีวิเคราะห์ (CH 351) ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 ของภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ระหว่างวันที่ 18 กรกฎาคม 2550 ถึงวันที่ 21 สิงหาคม 2550 ผู้สอนนำเสนอผลการศึกษาตามลำดับดังนี้

1. ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนก่อนและหลังการทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ Hotelling's T^2

2. ผลการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ก่อนและหลังทดลองใช้โมดูลในแต่ละด้าน

3. การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้หลังทดลองใช้โมดูลในแต่ละด้านกับคะแนนจุดตัด

4. ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนระหว่างการทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

1. ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนก่อนและหลังการทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

1.1 ค่าสถิติพื้นฐานของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนก่อนและหลังการทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้ แสดงในตาราง 18

ตาราง 18 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของผลการเรียนรู้ก่อนและหลังการทดลองใช้โมดูล

ผลการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		คะแนนจุดตัด
		$\overline{X}$	SD	$\overline{X}$	SD	
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ - ข้อสอบย่อย	10	2.76	1.27	6.75	1.76	5.5
- ข้อสอบแบบเขียนตอบ	4	0.07	0.25	2.70	0.85	1.80
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	4	0.07	0.24	2.95	0.86	1.82
ความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์	4	0.07	0.24	2.90	0.83	1.82

จากตาราง 18 พบว่า ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลการเรียนรู้หลังของกลุ่มทดลองที่วัดด้วยแบบทดสอบแบบเลือกตอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.75 คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าจุดตัดที่เท่ากับ 5.5 และข้อสอบแบบเขียนตอบมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.70 อยู่ในระดับมากและคะแนนสูงกว่าจุดตัดที่ 1.80 คะแนน ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.95 อยู่ในระดับมากและคะแนนสูงกว่าจุดตัดที่ 1.82 คะแนน และด้านความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.90 อยู่ในระดับมากและคะแนนสูงกว่าจุดตัดที่ 1.82 คะแนน แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก และสูงกว่าจุดตัดเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด

1.2 ผลการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ด้วยโมดูลการเรียนรู้ก่อนและหลังการทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ Hotelling's T^2

ประกอบไปด้วยผลการเรียนรู้ ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ และด้านความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ Hotelling's T^2 ดังตาราง 19

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ก่อนและหลังการทดลองใช้โมดูลด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ Hotelling's T^2 ของกลุ่มทดลอง

วิธีทดสอบ	T^2	Sig. of F
โฮเทลลิงส์ (Hotelling's T^2)	4,382.413**	0.000

จากตารางข้างต้น พบว่าค่า T^2 เท่ากับ 4,382.413 แสดงว่า ผลการเรียนรู้ก่อนและหลังการทดลองเรียนรู้ด้วยโมดูลของกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ผลการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ก่อนและหลังทดลองใช้โมดูลในแต่ละด้านประกอบด้วย ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ และด้านความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

2.1 ผลการเปรียบเทียบด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ระหว่างก่อนและหลังการทดลองใช้โมดูล แสดงในตาราง 21 และ 22

ตาราง 20 แสดงผลการเปรียบเทียบด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ก่อนกับหลังทดลองใช้โมดูลด้วยการทดสอบค่า t แบบกลุ่มตัอย่างเดียว (t-test for dependent samples)

ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้[1]	N	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	SD	t	Prob
ก่อนทดลอง	83	10	2.76	1.27	25.21**	0.000
หลังทดลอง	83	10	6.75	1.76		

[1] จากแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

จากตาราง 20 ผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังเรียนรู้เปรียบเทียบกับก่อนเรียนรู้ ที่วัดด้วยแบบทดสอบแบบเลือกตอบมีค่า t เท่ากับ 25.21 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 แสดงว่าผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนที่วัดด้วแบบเลือกตอบหลังเรียนรู้สูงกว่าก่อนการเรียนรู้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตาราง 21 แสดงผลการเปรียบเทียบด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ก่อน และหลังทดลองใช้โมดูลทีวัดด้วยแบบทดสอบแบบเขียนตอบใช้การทดสอบค่า t แบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (t-test for dependent samples)

ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้[1]	**N**	**คะแนนเต็ม**	$\overline{X}$	**SD**	**t**	**Prob**
ก่อนทดลอง	83	4	0.07	0.25	58.41**	0.000
หลังทดลอง	83	4	2.70	0.85		

[1] จากแบบทดสอบแบบเขียนตอบ

จากตาราง 21 ผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังเรียนรู้เปรียบเทียบกับก่อนเรียนรู้ ที่วัดด้วยแบบทดสอบแบบเขียนตอบมีค่า t เท่ากับ 58.41 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 แสดงว่าผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนที่วัดด้วยแบบเขียนตอบหลังเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง ที่ 20 และ 21 แสดงว่าผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนที่วัดหลังเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

2.2 ผลการเปรียบเทียบด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังทดลองใช้โมดูล แสดงในตาราง 22

ตาราง 22 แสดงผลการเปรียบเทียบด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ ก่อนกับหลังทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้ใช้การทดสอบค่า t แบบกลุ่มตัอย่างเดียว (t-test for dependent samples)

ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์	N	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	SD	t	Prob
ก่อนทดลอง	83	4	0.70	0.24	57.91**	0.000
หลังทดลอง	83	4	2.95	0.86		

จากตาราง 22 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหลังเรียนรู้เปรียบเทียบกับก่อนเรียนรู้ ที่วัดด้วยแบบทดสอบแบบเขียนตอบมีค่า t เท่ากับ 57.91 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 แสดงว่าผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนรู้สูงกว่าก่อนการทดลองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 3

2.3 ผลการเปรียบเทียบด้านความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังทดลองใช้โมดูล แสดงในตาราง 24

ตาราง 23 แสดงผลการเปรียบเทียบด้านความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ ก่อนกับหลังทดลองใช้โมดูลด้วยการทดสอบค่า t แบบกลุ่มตัอย่างเดียว (One - sample t test)

ด้านความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์	N	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	SD	t	Prob
ก่อนทดลอง	83	4	0.70	0.24	57.97**	0.000
หลังทดลอง	83	4	2.90	0.83		

จากตาราง 23 ผลการเรียนรู้ด้านด้านความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ ของผู้เรียนหลังเรียนรู้เปรียบเทียบกับก่อนเรียนรู้ มีค่า t เท่ากับ 57.97 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 แสดงว่าผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนรู้สูงกว่าก่อนการทดลองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 4

3. การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้หลังทดลองใช้โมดูลในแต่ละด้านกับคะแนนจุดตัด

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ และด้านความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ กับคะแนนจุดตัด ด้วยการทดสอบค่า t แบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (t-test for dependent samples) ดังแสดงในตาราง 24

ตาราง 24 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้แต่ละด้านกับเกณฑ์ที่กำหนดด้วยการทดสอบค่า t แบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (One- sample test)

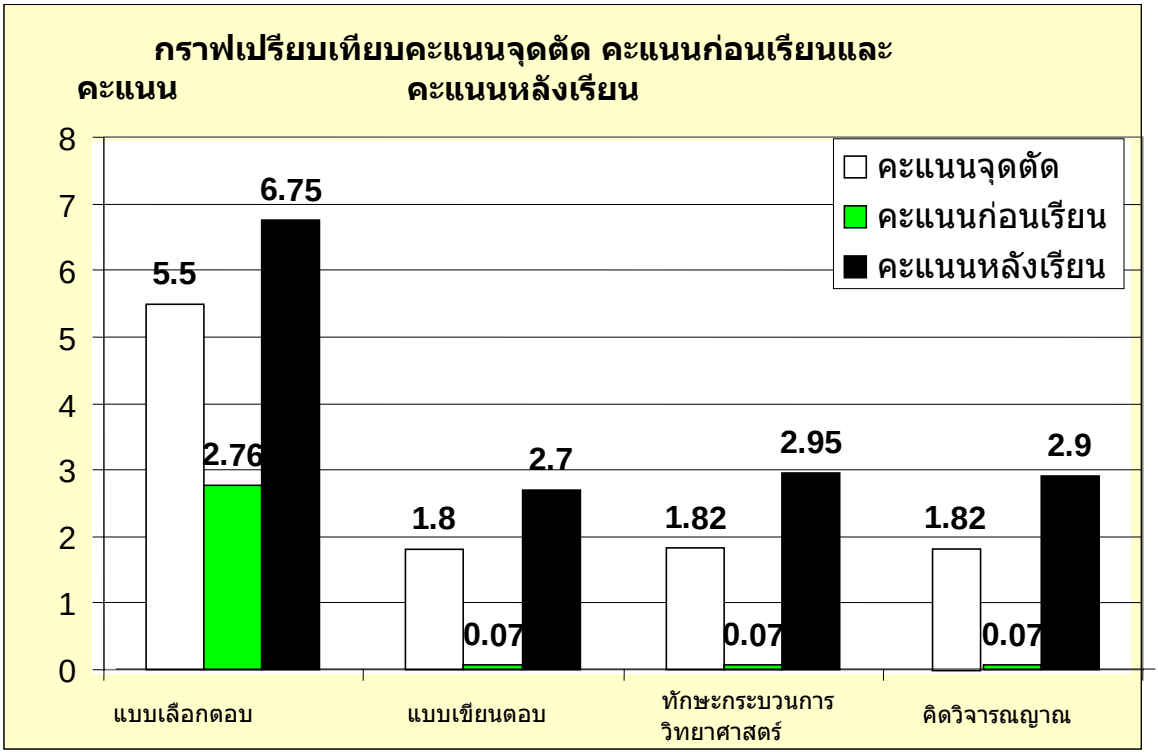
ผลการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	คะแนนจุดตัด	หลังทดลอง		df	t	Sig
			$\overline{X}$	SD			
1. ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ [1]	10	5.5	6.75	1.76	82	34.94**	0.000
2. ด้านด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ [2]	4	1.80	2.70	0.85	82	64.36**	0.000
3. ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์	4	1.82	2.95	0.86	82	63.79**	0.000
4. ด้านความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์	5	1.82	2.90	0.83	82	63.74**	0.000

หมายเหตุ [1] จากแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

[2] จากแบบทดสอบแบบเขียนตอบ

จากตาราง 24 นำข้อมูลมาเขียนกราฟเพื่อเปรียบเทียบคะแนนในด้านต่างๆ ได้ ดังนี้

กราฟ 4 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนจุดตัด คะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน



จากการวิเคราะห์ผลข้างต้น พบว่า ค่าเฉลี่ยของผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลังการทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้แต่ละด้านทั้งด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์และด้านความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์มีค่าสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 , 3 และ 4

4. ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนระหว่างการทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

เมื่อผู้เรียนเรียนรู้จบแต่ละหน่วยการเรียนรู้รวม 7 หน่วย จะทำการทดสอบด้วยแบบทดสอบแบบเขียนตอบ เพื่อวัดผลการเรียนรู้ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้เรียน ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์และด้านความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

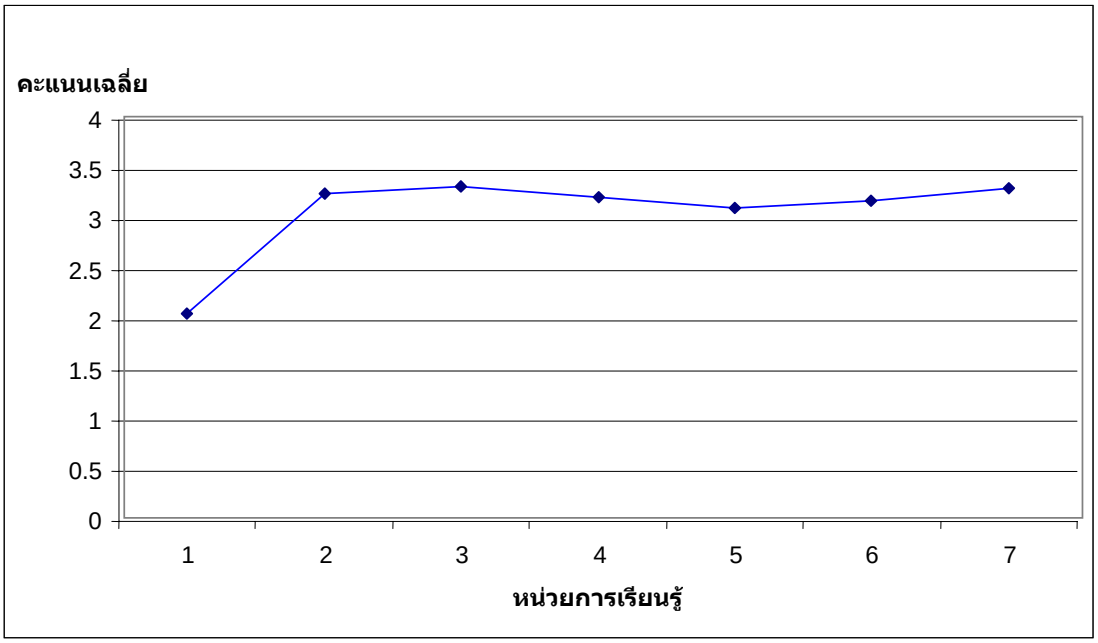
4.1 ผลการเรียนรู้ระหว่างการทดลองใช้โมดูลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ แสดงในตาราง 25

ตาราง 25 แสดงผลการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ระหว่างทดลองใช้โมดูลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่	N	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	SD
1	83	4	2.08	0.87
2	83	4	3.28	0.73
3	83	4	3.34	0.63
4	83	4	3.24	0.69
5	83	4	3.13	0.73
6	83	4	3.20	0.58
7	83	4	3.35	0.55

จากตาราง 25 นำข้อมูลในตารางมาวิเคราะห์แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของคะแนนเฉลี่ยหลังการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้แต่ละหน่วยการเรียนรู้ ดังแสดงในกราฟข้างล่าง

กราฟ 5 แสดงผลการเรียนรู้ระหว่างเรียนด้านสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้



จากกราฟวิเคราะห์แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของคะแนนหลังเรียนรู้แต่ละหน่วยการเรียนรู้ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ข้างต้น พบว่าในหน่วยที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ต่ำกว่าหน่วยอื่นๆ ถ้าพิจารณาคะแนนเฉลี่ยพบว่ามีแนวโน้มไม่แตกต่างกัน เพื่อเป็นการทดสอบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ในแต่ละหน่วยแตกต่างกันหรือไม่ จึงนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ในแต่ละหน่วยมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (paired sample t-test)

ตาราง 26 แสดงค่า t ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้(paired sample t-test)

หน่วยการเรียนรู้ที่เปรียบเทียบ	N	$\overline{X}$	d	t	Sig 2 tailing	ความหมาย
หน่วยที่ 1	83	2.084	1.075	-10.100**	.000	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 2	83	3.277				นัยสำคัญที่ .01
หน่วยที่ 2	83	3.277	0.393	-1.390**	.000	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 3	83	3.337				นัยสำคัญที่ .01
หน่วยที่ 3	83	3.337	0.864	1.110	.313	ไม่แตกต่างกัน
หน่วยที่ 4	83	3.241				
หน่วยที่ 4	83	3.241	0.108	1.118	.267	ไม่แตกต่างกัน
หน่วยที่ 5	83	3.132				
หน่วยที่ 5	83	3.132	0.488	-1.350	0.181	ไม่แตกต่างกัน
หน่วยที่ 6	83	3.205				
หน่วยที่ 6	83	3.205	0.367	-3.902	.000	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 7	83	3.361				นัยสำคัญที่ .01
หน่วยที่ 7	83	3.336	0.928	-12.537	.000	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 1	83	2.084				นัยสำคัญที่ .01

จากตาราง 26 พบว่า หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 กับ 2 ค่า t เท่ากับ -10.100 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 กับ 3 ค่า t เท่ากับ -1.390,หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 กับ 7 ค่า t เท่ากับ -3.902 และหน่วยการเรียนรู้ที่ 7 กับ 1 ค่า t เท่ากับ -12.537 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ .01 แต่พบว่าหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 กับ 4 ค่า t เท่ากับ -1.110, หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 กับ 5 ค่า t เท่ากับ 1.118 และหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 กับ 6 ค่า t เท่ากับ -1.350 มีคะแนนไม่แตกต่างกัน

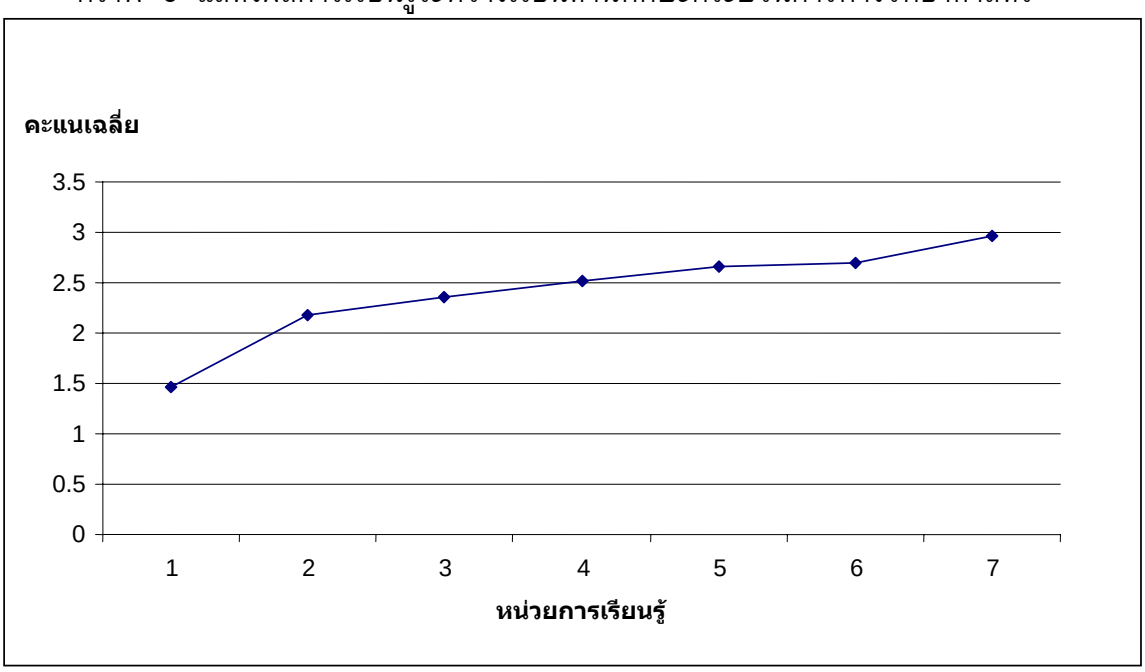
4.2 ผลการเรียนรู้ระหว่างการทดลองใช้โมดูลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 27 แสดงผลการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ระหว่างทดลองใช้โมดูลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

หน่วยการเรียนรู้ที่	N	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	SD
1	83	4	1.46	0.55
2	83	4	2.18	0.72
3	83	4	2.35	0.63
4	83	4	2.51	0.61
5	83	4	2.66	0.63
6	83	4	2.70	0.52
7	83	4	2.97	0.51

จากตาราง 27 นำข้อมูลในตารางมาวิเคราะห์แนวโน้มด้วยการสร้างกราฟเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังแสดงในกราฟข้างล่าง

กราฟ 6 แสดงผลการเรียนรู้ระหว่างเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์



จากกราฟวิเคราะห์แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของคะแนนหลังเรียนรู้แต่ละหน่วยการเรียนรู้ในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเรียนเพิ่มขึ้น เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าคะแนนในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละหน่วยแตกต่างกันหรือไม่ จึงนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ในแต่ละหน่วยมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (paired sample t-test)

ตาราง 28 แสดงค่า t ของคะแนนในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละหน่วยการเรียนรู้ (paired sample t-test)

หน่วยการเรียนรู้ที่เปรียบเทียบ	N	$\overline{X}$	d	t	Sig 2 tailing	ความหมาย
หน่วยที่ 1	83	1.467	0.994	-6.514**	.000	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 2	83	2.181				นัยสำคัญที่ .01
หน่วยที่ 2	83	2.181	0.517	-9.2991*	.004	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 3	83	2.394				นัยสำคัญที่ .05
หน่วยที่ 3	83	2.394	0.723	-1.971**	.052	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 4	83	2.506				นัยสำคัญที่ .05
หน่วยที่ 4	83	2.506	0.398	-3.989**	.001	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 5	83	2.663				นัยสำคัญที่ .05
หน่วยที่ 5	83	2.663	0.772	-7.184**	.000	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 6	83	3.217				นัยสำคัญที่ .01
หน่วยที่ 6	83	3.217	0.417	3.158**	.062	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 7	83	3.072				นัยสำคัญที่ .05
หน่วยที่ 7	83	3.072	0.820	18.010**	.000	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 1	83	1.467				นัยสำคัญที่ .01

จากตาราง 28 เมื่อเปรียนเทียบค่า t แต่ละหน่วยการเรียนรู้ พบว่า แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 และ0.1

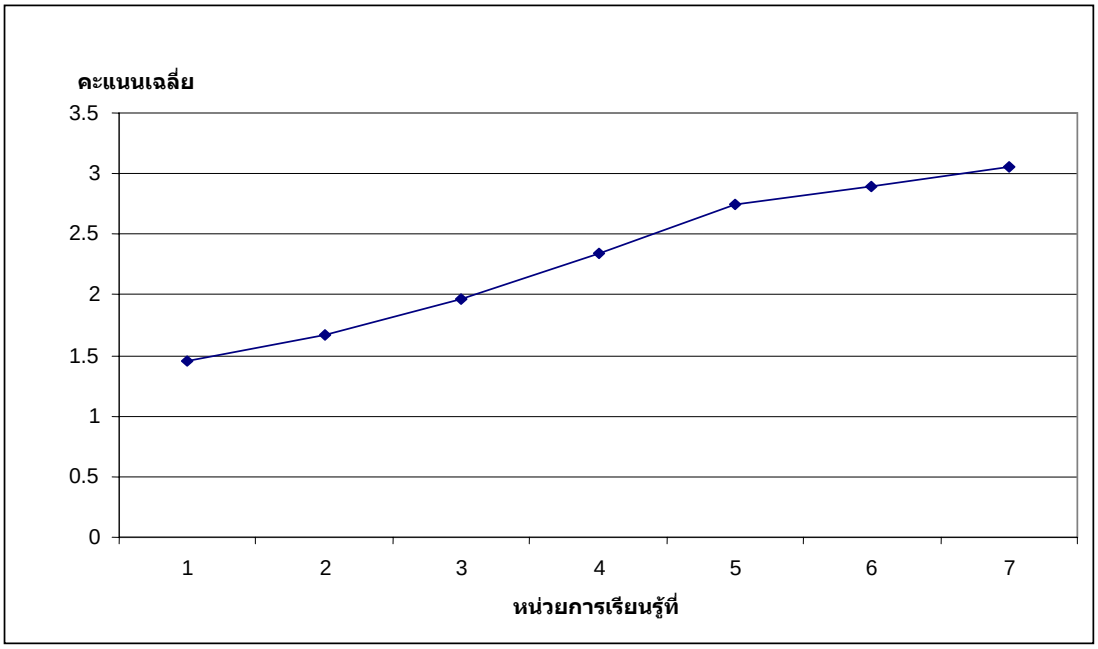
4.3 ผลการเรียนรู้ระหว่างการทดลองใช้โมดูลความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 29 แสดงผลการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ระหว่างทดลองใช้โมดูลด้านความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์

หน่วยการเรียนรู้ที่	N	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	SD
1	83	4	1.45	0.69
2	83	4	1.67	0.52
3	83	4	1.95	0.73
4	83	4	2.34	0.61
5	83	4	2.74	0.68
6	83	4	2.90	0.46
7	83	4	3.06	0.59

จากตาราง 29 นำข้อมูลในตารางมาวิเคราะห์แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของคะแนนหลังการเรียนรู้ด้านความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์แต่ละหน่วยการเรียนรู้ ดังแสดงในกราฟข้างล่าง

กราฟ 7 แสดงผลการเรียนรู้ระหว่างเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์



จากกราฟวิเคราะห์แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของคะแนนหลังเรียนรู้แต่ละหน่วยการเรียนรู้ในด้านความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยด้านความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเรียนมากขึ้น เพื่อเป็นการทดสอบว่าคะแนนความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละหน่วยแตกต่างกันหรือไม่ จึงนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ในแต่ละหน่วยมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Paired sample t-test)

ตาราง 30 แสดงค่า t ของคะแนนในด้านความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์แต่ละหน่วยการเรียนรู้ (paired sample t-test)

หน่วยการเรียนรู้ที่เปรียบเทียบ	N	$\overline{X}$	d	t	Sig 2 tailing	ความหมาย
หน่วยที่ 1	83	1.446	0.831	2.509**	.014	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 2	83	1.675				นัยสำคัญที่ .01
หน่วยที่ 2	83	1.675	0.721	-3.502**	.001	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 3	83	1.942				นัยสำคัญที่ .01
หน่วยที่ 3	83	1.942	0.780	-4.644**	.000	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 4	83	2.349				นัยสำคัญที่ .01
หน่วยที่ 4	83	2.349	1.611	-3.587**	.001	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 5	83	2.747				นัยสำคัญที่ .05
หน่วยที่ 5	83	2.747	0.674	-2.322**	.023	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 6	83	2.903				นัยสำคัญที่ .05
หน่วยที่ 6	83	2.903	0.365	-3.902**	.000	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 7	83	3.060				นัยสำคัญที่ .01
หน่วยที่ 7	83	3.060	0.984	16.192**	.000	แตกต่างอย่างมี
หน่วยที่ 1	83	1.446				นัยสำคัญที่ .01

จากตาราง 30 เมื่อเปรียนเทียบค่า t แต่ละหน่วยการเรียนรู้ พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 และ0.1 ยกเว้นหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 กับ 6 ที่คะแนนไม่แตกต่างกัน

5.ผลการใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นในกิจกรรมการเรียนรู้

ตาราง 31 แสดงผลการใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นในกิจกรรมการเรียนรู้โมดูล

หน่วยการเรียนรู้ที่	N	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	SD	ความหมาย
1	83	4	3.04	0.76	ใช้มาก
2	83	4	3.52	0.65	ใช้มากที่สุด
3	83	4	3.65	0.43	ใช้มากที่สุด
4	83	4	3.64	0.41	ใช้มากที่สุด
5	83	4	3.71	0.38	ใช้มากที่สุด
6	83	4	3.79	0.29	ใช้มากที่สุด
7	83	4	3.81	0.25	ใช้มากที่สุด

จากตารางที่ 31 พบว่าในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ผู้เรียนมีการวัฏจักรแห่งการคิดค้นในกิจกรรมการเรียนรู้ ระดับมากและมากที่สุด

จากการวิเคราะห์การใช้การวัฏจักรแห่งการคิดค้นในกิจกรรมการเรียนรู้.ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้เชิงคุณภาพเป็นดังนี้

หน่วยที่ 1 ผู้เรียนส่วนมากได้ใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นครบทุกขั้นพบว่า ในขั้นระบุปัญหาผู้เรียนเข้าใจว่าจะต้องระบุโดยการตั้งคำถามด้วยตนเอง แต่การใช้ประโยคคำถามยังไม่ครอบคลุมและไม่ชัดเจน เช่นเมื่อให้เปรียบทียบทฤษฎีทางโครามาโทกราฟี ผู้เรียนตตั้งคำถามว่า ทฤษฎีเพลตไม่คำนึงถึงการแพร่ตามแนวนอน จริงหรือไม่, และไม่เขียนในรูปประโยคคำถาม เช่น ยกตัวอย่างการแพร่ของสีผสมอาหารในเฮกเซน เป็นต้น ขั้นพาสู่ทางแก้ ผู้เรียนบางคนยังขาดความเข้าใจที่ว่าการวางแผนเป็นไปตามที่ผู้เรียนกำหนดเอง ผู้เรียนบางคนกำนดตามวิธีแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ขั้นถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร ผู้เรียนสามารถกำหนดคำสำคัญในการสืบค้น สืบค้น และบันทึกสิ่งที่สืบค้นได้ดี ขั้นจัดการปัญหาผู้เรียนสามารถหาคำตอบของปัญหาที่ตนเองตั้งขึ้นได้ และสรุปสาระที่ค้นพบได้ ขั้นตีค่าประเมิน ผู้เรียนประเมินงานของเพื่อนส่วนใหญ่เขียนว่า ดี ไม่มีเหตุผลเหตุผลประกอบ ขณะเรียนรู้ผู้เรียนมีความตื่นเต้น เนื่องจากยังไม่เคยเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ และบางคนลืมรหัสผ่าน

หน่วยที่ 2 ผู้เรียนใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นครบทุกขั้นพบว่า ในขั้นระบุปัญหาผู้เรียนเข้าใจว่าจะต้องระบุโดยการตั้งคำถามด้วยตนเอง แต่การใช้ประโยคคำถามยังไม่ครอบคลุมและไม่ชัดเจน เช่นโครามาโทกราฟีแบบกระดาษสามารถแยกสารได้ด้วยวิธีใด ผู้เรียนส่วนใหญ่ตั้งคำถามได้ชัดเจน

ตรงประเด็นขึ้น ขั้นพาสู่ทางแก้ ผู้เรียนมีความเข้าใจที่ว่าการวางแผนเป็นไปตามที่ผู้เรียนกำหนดเอง ขั้นถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร ผู้เรียนสามารถกำหนดคำสำคัญในการสืบค้นได้หลากหลาย สืบค้น และบันทึกสิ่งที่สืบค้นได้ดี ขั้นจัดการปัญหาผู้เรียนสามารถหาคำตอบของปัญหาที่ตนเองตั้งขึ้นได้ และสรุปสาระที่ค้นพบได้ ขั้นตีค่าประเมิน ผู้เรียนให้ความเห็นมากขึ้น ขณะเรียนรู้ผู้เรียนมีความตั้งใจดี ถามข้อสงสัยกับผู้สอน

หน่วยที่ 3 ผู้เรียนใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นครบทุกขั้นพบว่า ในขั้นระบุปัญหาผู้เรียนเข้าใจว่าจะต้องระบุโดยการตั้งคำถามด้วยตนเอง แต่การใช้ประโยคคำถามครอบคลุมและชัดเจนยิ่งขึ้น ขั้นพาสู่ทางแก้ ผู้เรียนมีสามารถวางแผนการค้นคิดได้เอง ขั้นถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร ผู้เรียนสามารถกำหนดคำสำคัญในการสืบค้นได้หลากหลาย สืบค้น และบันทึกสิ่งที่สืบค้นได้อย่างดี รวมถึงมีการบันทึกแหล่งข้อมูล ขั้นจัดการปัญหาผู้เรียนสามารถหาคำตอบของปัญหาที่ตนเองตั้งขึ้นได้ และสรุปสาระที่ค้นพบได้อย่างดี ขั้นตีค่าประเมิน ผู้เรียนให้ความเห็นมากขึ้น ขณะเรียนรู้ผู้เรียนมีความตั้งใจดี ถามข้อสงสัยกับผู้สอน

หน่วยที่ 4 ผู้เรียนใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นครบทุกขั้นพบว่า ในขั้นระบุปัญหาผู้เรียนเข้าใจว่าจะต้องระบุโดยการตั้งคำถามด้วยตนเอง แต่การใช้ประโยคคำถามครอบคลุมและชัดเจนยิ่งขึ้น ขั้นพาสู่ทางแก้ ผู้เรียนมีสามารถวางแผนการค้นคิดได้เอง ขั้นถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร ผู้เรียนสามารถกำหนดคำสำคัญในการสืบค้นได้หลากหลาย สืบค้น และบันทึกสิ่งที่สืบค้นได้เป็นระบบ รวมถึงมีการบันทึกแหล่งข้อมูล ขั้นจัดการปัญหาผู้เรียนสามารถหาคำตอบของปัญหาที่ตนเองตั้งขึ้นได้ และสรุปสาระที่ค้นพบได้อย่างดี ขั้นตีค่าประเมิน ผู้เรียนให้ความเห็นมากขึ้น ขณะเรียนรู้มีผู้เรียนบางคนสืบค้นข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง เล่นเกมส์ สนทนาผ่านเวบไซต์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้จนผู้สอนต้องตักเตือน

หน่วยที่ 5 ผู้เรียนใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นครบทุกขั้นพบว่า ในขั้นระบุปัญหาผู้เรียนเข้าใจว่าจะต้องระบุโดยการตั้งคำถามด้วยตนเอง แต่การใช้ประโยคคำถามครอบคลุมและชัดเจนยิ่งขึ้น ขั้นพาสู่ทางแก้ ผู้เรียนมีสามารถวางแผนการค้นคิดได้เอง ขั้นถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร ผู้เรียนสามารถกำหนดคำสำคัญในการสืบค้นได้หลากหลาย สืบค้น และบันทึกสิ่งที่สืบค้นอย่างเป็นระบบ รวมถึงมีการบันทึกแหล่งข้อมูล ขั้นจัดการปัญหาผู้เรียนสามารถหาคำตอบของปัญหาที่ตนเองตั้งขึ้นได้ และสรุปสาระที่ค้นพบได้อย่างดี ขั้นตีค่าประเมิน ผู้เรียนให้ความเห็นมากขึ้น ขณะเรียนรู้มีผู้เรียนบางส่วนรีบทำบันทึกกิจกรรมให้เสร็จ ส่งให้ผู้สอนก่อนหมดเวลา เพื่อจะได้สืบค้นข้อมูล เล่นเกมส์ สนทนาผ่านเวบไซต์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้

หน่วยที่ 6 ผู้เรียนใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นครบทุกขั้นพบว่า ในขั้นระบุปัญหาผู้เรียนเข้าใจว่าจะต้องระบุโดยการตั้งคำถามด้วยตนเอง การใช้ประโยคคำถามครอบคลุมและชัดเจนยิ่งขึ้น ขั้นพาสู่ทางแก้ ผู้เรียนมีสามารถวางแผนการค้นคิดได้เอง ขั้นถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร ผู้เรียนสามารถกำหนดคำสำคัญในการสืบค้นได้หลากหลาย สืบค้น และบันทึกสิ่งที่สืบค้นได้ดี รวมถึงมีการบันทึกแหล่งข้อมูล ขั้นจัดการปัญหาผู้เรียนสามารถหาคำตอบของปัญหาที่ตนเองตั้งขึ้นได้ และสรุปสาระที่ค้นพบได้อย่างดี ขั้นตีค่าประเมิน ผู้เรียนให้ความเห็นมากขึ้นสามารถวิเคราะห์ วิจารณ์ การ

ประยุกต์ใช้โครมาโทกราฟีแบบสมรรถนะสูงได้ดี ขณะเรียนรู้มีผู้เรียนผู้เรียนต้องอ่านบทความภาษาอังกฤษแล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลและศึกษษข้อมูลในเวบไซต์ทำให้ผู้เรียนสนใจและกระตือรือล้นมากขึ้นสามารถวิษากวิจารณ์บทความตามหลักการได้ดี

หน่วยที่ 7 ผู้เรียนใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นครบทุกขั้นพบว่า ในขั้นระบุปัญหาผู้เรียนเข้าใจว่าจะต้องระบุโดยการตั้งคำถามด้วยตนเอง การใช้ประโยคคำถามครอบคลุมและชัดเจนยิ่งขึ้น ขั้นพาสู่ทางแก้ ผู้เรียนมีสามารถวางแผนการค้นคิดได้เอง ขั้นถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร ผู้เรียนสามารถกำหนดคำสำคัญในการสืบค้นได้หลากหลาย สืบค้น และบันทึกสิ่งที่สืบค้นได้ดียิ่งขึ้น รวมถึงมีการบันทึกแหล่งข้อมูล ขั้นจัดการปัญหาผู้เรียนสามารถหาคำตอบของปัญหาที่ตนเองตั้งขึ้นได้ และสรุปสาระที่ค้นพบได้อย่างดี ขั้นตีค่าประเมิน ผู้เรียนให้ความเห็นมากขึ้นสามารถวิเคราะห์

ข้อบ่งชี้ ในการทดลองใช้โมดูลผู้สอนพยายามป้องกันการสืบค้น เล่นเกมส์ สนทนาผ่านเวบไซต์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ โดยการใช้ผู้เรียนบันทึกการทำกิจกรรมการเรียนรู้ นับว่าได้ผลพอสมควร และการเข้าเรียนรู้ผ่านเวบไซต์สามารถทำได้สะดวกขึ้นเนื่องจากมีคู่มือการเรียนรู้ ผู้เรียนบางคนยังขาดทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศน์ เมื่อผู้เรียนสามารถใช้โมดูลการเรียนรู้ได้ดีแล้ว ผู้เรียนสามารถสืบค้นได้กว้างขวางทำให้ได้รับองค์ความรู้ที่มากกว่าที่ผู้สอนให้ไว้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ผู้สอนและผู้เรียนมี ปฏิสัพันธ์กันโดยตรงและผ่านทางเวบไซต์ เครื่องคอมพิวเตอร์ของภาควิชาคณิตศาสตร์ประสิทธิภาพไม่สูงทำให้ต้องเสียเวลาในการเรียนรู้ของผู้เรียน

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่พัฒนาโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นโดยจัดการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์และศึกษาผลการจัดการเรียนรู้และรวบรวมผล และสรุปผลการดำเนินงานการวิจัยดังนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น
2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

สมมติฐานในการวิจัย

1. โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น มีประสิทธิภาพสูงกว่าคะแนนจุดตัด
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาของผู้เรียนด้วยโมดูลการเรียนรู้หลังเรียนเพิ่มขึ้นและสูงกว่าคะแนนจุดตัด
3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนด้วยโมดูลการเรียนรู้หลังเรียนเพิ่มขึ้นและสูงกว่าคะแนนจุดตัด
4. ความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนด้วยโมดูลการเรียนรู้หลังเรียนเพิ่มขึ้นและสูงกว่าคะแนนจุดตัด

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ทำให้ได้โมดูลการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการองค์ความรู้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ในลักษณะของชุดวิชาทั้งเนื้อหาและกิจกรรมทำให้เกิดความต่อเนื่องสัมพันธ์สอดคล้องกันเป็นการส่งเสริมให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและเครือข่ายคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือ และเป็นแนวทางในการนำระบบออนไลน์มาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีผู้เรียนจำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นผ่านระบบออนไลน์ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาในด้านองค์ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อมกันซึ่งถือว่าเป็นแนวทางใหม่ของการจัดการเรียนรู้

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นที่ 1 ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

การวิจัยในขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการโมดูลการเรียนรู้รายวิชาเคมีวิเคราะห์ และศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการพัฒนาโมดูลการเรียนรู้ ศึกษาตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสรุป ได้ดังนี้

1.ข้อมูลพื้นฐาน

1.1 สภาพทั่วไปและปัญหาของการจัดการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษา

การจัดการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษาส่วนใหญ่เป็นแบบบรรยายโดยอาจารย์ผู้สอน ผู้เรียนเป็นเพียงผู้รับข้อมูล การเรียนการสอนจึงเป็นเพียงการเพิ่มข้อมูลความรู้ที่ต้องจดจำเท่านั้น ผู้เรียนขาดโอกาสในการแสดงความคิดเห็น ศึกษาค้นคว้าแสวงหาความรู้ ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงกระบวนการแสวงหาความรู้ ไม่มีโอกาสในการฝึกทักษะในการคิดขั้นสูง ดังนั้นแม้ได้รับความรู้ก็ไม่เกิดประโยชน์สูงสุด เนื่องจากขาดความสามารถในการคิดวิจารญาณทางวิทยาศาสตร์หรือกลั่นกรองข้อมูลและขาดความสามารถในการสังเคราะห์องค์ความรู้

1.2 เป้าหมายที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ ระดับอุดมศึกษา คือผลการเรียนรู้ (Learning Outcomes) ที่สำคัญ คือผลการเรียนรู้เฉพาะ เป็นผลการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในลักษณะที่เป็นความรู้ลึก-รู้รอบ ผลการเรียนรู้ที่เป็นทักษะในการสื่อสารเฉพาะบุคคล (Personal Transferable Skills : PTS) ผลการเรียนรู้ที่เป็นความสามารถทั่วไปทางวิชาการ (Generic Academic Outcomes : GAO) เป็นความสามารถที่พัฒนาขึ้นจากการได้รับการเรียนรู้ อันเป็นผลการเรียนรู้ที่มีความสำคัญยิ่งได้แก่ ความสามารถในการใช้ข้อมูล ความรู้ ยืนยันความคิด ความสามารถในการวิเคราะห์) ความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารญาณทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถวิพากษ์วิจารณ์อย่างมีเหตุผล และความสามารถในการสังเคราะห์ความรู้กับความคิดของตนเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่

จากผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ระดับอุดมศึกษา สรุปประเด็นปัญหาที่สำคัญได้ ดังนี้

2.1.1 ผู้เรียนควรจะมีความรู้วิชาเฉพาะเป็นอย่างดีในลักษณะที่เป็นความรู้ลึก-รู้รอบในสาระการเรียนรู้ที่กำหนด

2.1.2 โมดูลการเรียนรู้ต้องให้เน้นที่กระบวนการเรียนเพื่อนำไปสู่องค์ความรู้โดย เฉพาะกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.1.3 โมดูลการเรียนรู้จะต้องเน้นให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ของตนเองจากการแสวงหาความรู้จากแหล่งข้อมูลได้ด้วยอาศัยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์

2.1.4 โมดูลการเรียนรู้คาดหวังให้นักเรียนนำองค์ความรู้ในเนื้อหาวิชาเฉพาะไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อวิชาชีพ สามารถสร้างองค์ความรู้ของตนเองและมีความสามารถในการคิดวิจารญาณทางวิทยาศาสตร์ในการรับข้อมูลข่าวสาร

1.3 แนวทางในการพัฒนาโมดูล

เป็นไปตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติในมาตรา 22 มาตรา 23 มาตรา 24 และจัดสาระการเรียนรู้ตามรายวิชาเคมีวิเคราะห์ 2 (CH 351) ที่เกี่ยวข้องกับการแยกด้วยวิธีโครมาโทรกราฟีแบบต่างๆ และการประยุกต์ รวมทั้งกำหนด เป้าหมาย หลักการ จุดมุ่งหมาย ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง หน่วยการเรียนรู้ประกอบด้วย 7 หน่วยการเรียนรู้ และแนวทางการจัดการเรียนรู้ แนวทางการจัดการเรียนรู้โมดูลเป็นการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ต่างไปในเวบไซต์ www.analychem.com ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนเป็นไปตามวัฏจักรแห่งการคิดค้น การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ทำการวัดและประเมิน 3 ระยะ คือ ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน เป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ และด้านความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารญาณทางวิทยาศาสตร์ ด้วยแบบทดสอบแบบเลือกตอบและแบบเขียนตอบที่ผ่านการตรวจหาคุณภาพ จากนั้นหาคุณภาพของโมดูลการเรียนรู้ด้วยการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญในด้านความเหมาะสมและความสอดคล้อง ดังนี้

2. ผลการหาประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นโดยการศึกษานำร่องศึกษา

ผลการหาประสิทธิภาพ นำโมดูลการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นที่แก้ไขปรับปรุงแล้ว นำไปจัดการเรียนรู้กับผู้เรียนจำนวน 42 คน ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 เป็นเวลา 9 สัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 22 มิถุนายนถึงวันที่ 17 สิงหาคม 2549 สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง รวมเป็น 27 ชั่วโมง เพื่อหาประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ไปเทียบกับคะแนนที่จุดตัดตามวิธีของเบอร์ก (Berk. 1980;105) โดยใช้เกณฑ์คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์มากกว่าหรือเท่ากับคะแนนที่จุดตัด แสดงว่าโมดูลการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ

2.1 ผลการหาประสิทธิภาพของโมดูล

1.1 แบบทดสอบแบบเลือกตอบจุดตัดของคะแนนของแบบทดสอบแบบเลือกตอบเท่ากับ 4.8 พบว่าคะแนนทดสอบหลังเรียนของแบบทดสอบนี้ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.55 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.01 มีค่าสูงกว่าจุดตัด

1.2 แบบทดสอบแบบเขียนตอบจุดตัดของคะแนนของแบบทดสอบแบบเขียนตอบเท่ากับ 1.2 พบว่าคะแนนทดสอบหลังเรียนของแบบทดสอบนี้ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.37 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.39 มีค่าสูงกว่าจุดตัด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดด้วยแบบทดสอบแบบเลือกตอบและแบบเลือกตอบ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าจุดตัด แสดงว่าโมดูลการเรียนรู้ระดับระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นมีประสิทธิภาพ เป็นไปตามสมมติฐาน*ข้อที่ 1*

ข้อบ่งชี้ในการหาประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นโดยการศึกษานำร่องศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้ผ่านเวบไซต์ www.analychem.com ที่ผู้วิจัยได้ทำการชี้แจงและสาธิตการเข้าเป็นสมาชิกของเวบไซต์ ตลอดจนกระบวนการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ พบว่าผู้เรียนสมัครด้วยตนเองเกิดปัญหา เช่น การกรอกข้อมูลข้อมูลในการสมัครเข้าเรียนและการลืมรหัสผ่าน ผู้วิจัยจึงจัดทำเป็นคู่มือการเรียนรู้ เพื่อความสะดวกในการใช้โมดูลออนไลน์ ในขณะเรียนรู้ผู้เรียนสนทนากันผ่านเวบไซต์ ค้นคว้าข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ในโมดูลการเรียนรู้ ผู้วิจัยจำเป็นต้องหาทางป้องกัน ในขณะการทำกิจกรรมขณะเรียนรู้ผู้วิจัยให้ผู้เรียนบันทึกการทำกิจกรรมของแต่ละคน ทำให้การตรวจสอบการทำกิจกรรมทำได้ลำบาก ผู้วิจัยต้องเปลี่ยนแปลงให้มีรูปแบบการบันทึกกิจกรรมอย่างมีลำดับขั้นตามวัฏจักรแห่งการคิดค้นเพื่อให้ผู้เรียนและผู้สอนได้รับความสะดวก และผู้วิจัยต้องเน้นย้ำให้ผู้เรียนเรียนรู้ตามวัฏจักรแห่งการคิดค้นในทุกขั้นอย่างเคร่งครัด

3. ผลการใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

ผู้วิจัยได้นำโมดูลการเรียรรู้ไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียน ได้แก่ ผู้เรียนที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเคมีวิเคราะห์ (CH 351) ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 ของภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ระหว่างวันที่ 18 กรกฎาคม 2550 ถึงวันที่ 21 สิงหาคม 2550

1. ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนก่อนและหลังการทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น ในแต่ละด้านสรุปได้ดังนี้

1.1 ค่าเฉลี่ยของคะแนนแสดงผลการเรียนรู้หลังของกลุ่มทดลองในแต่ละด้าน ได้แก่ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่วัดด้วยแบบทดสอบแบบเลือกตอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.75 คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าจุดตัดที่เท่ากับ 5.5 และแบบทดสอบแบบเขียนตอบมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.70 อยู่ในระดับมากและคะแนนสูงกว่าจุดตัดที่ 1.80 คะแนน ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.95 อยู่ในระดับมากและคะแนนสูงกว่าจุดตัดที่ 1.82 คะแนน และด้านความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารญาณทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.90 อยู่ในระดับมากและคะแนนสูงกว่าจุดตัดที่ 1.82 คะแนน แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก และสูงกว่าจุดตัด

1.2 ผลการเปรียบเทียบการเรียนรู้ด้วยโมดูลการเรียนรู้ก่อนและหลังการทดลองใช้โมดูล ซึ่งประกอบไปด้วยผลการเรียนรู้ ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ และด้านความสามารถในการคิดวิจารญาณทางวิทยาศาสตร์ที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค

Hotelling's T^2 ได้ค่า T^2 เท่ากับ 4382.413 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 แสดงว่าหลังเรียนรู้ด้วยโมดูลการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนรู้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด

1.3. ผลการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ก่อนและหลังทดลองใช้โมดูลในแต่ละด้านด้วยการทดสอบค่า t แบบกลุ่มตัวอย่างเดียว (t-test for dependent samples) ได้ผลดังนี้

1.3.1 ผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังเรียนรู้เปรียบเทียบกับก่อนเรียนรู้ ที่วัดด้วยแบบทดสอบแบบเลือกตอบมีค่า t เท่ากับ 25.21 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนรู้เปรียบเทียบกับก่อนเรียนรู้ ที่วัดด้วยแบบทดสอบแบบเขียนตอบมีค่า t เท่ากับ 58.41 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 แสดงว่าผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่วัดด้วยแบบเขียนตอบหลังเรียนรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จึงสรุปได้ว่าผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนรู้โดยใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น หลังการเรียนรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่ ข้อ 2

1.3.2 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหลังเรียนรู้เปรียบเทียบกับก่อนเรียนรู้ ที่วัดด้วยแบบทดสอบแบบเขียนตอบมีค่า t เท่ากับ 57.91 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 แสดงว่าผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่ ข้อ 3

1.3.3 ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการคิดวิจารญาณทางวิทยาศาสตร์ ของผู้เรียนหลังเรียนรู้เปรียบเทียบกับก่อนเรียนรู้ มีค่า t เท่ากับ 57.97 ที่ระดับนัยสำคัญ .01 แสดงว่าผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการคิดวิจารญาณทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด

1.3.4 ค่าเฉลี่ยของผลการเรียนรู้หลังการทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้แต่ละด้านทั้งด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์และด้านความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารญาณทางวิทยาศาสตร์มีค่าสูงกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่ ข้อ 2,3 และ 4

2. ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนระหว่างการทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

เมื่อเรียนจบแต่ละหน่วยการเรียนรู้รวม 7 หน่วย ทำการทดสอบด้วยแบบทดสอบแบบเขียนตอบ เพื่อวัดผลการเรียนรู้ใน ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์และด้านความสามารถในการคิดวิจารญาณทางวิทยาศาสตร์

2.1 ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้น พบว่าในหน่วยที่ 1 มีค่าคะแนนเฉลี่ยด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าหน่วยอื่นๆ ถ้าพิจารณาคะแนนเฉลี่ยพบว่ามีแนวโน้มไม่แตกต่างกัน

เพื่อเป็นการทดสอบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ในแต่ละหน่วยแตกต่างกันหรือไม่ จึงนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ในแต่ละหน่วยมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (paired sample t-test)
พบว่า หน่วยการเรียนที่ 1 กับ 2 ค่า t เท่ากับ -10.100 หน่วยการเรียนที่ 2 กับ 3 ค่า t เท่ากับ -1.390,หน่วยการเรียนที่ 6 กับ 7 ค่า t เท่ากับ -3.902 และหน่วยการเรียนที่ 7 กับ 1 ค่า t เท่ากับ -12.537 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 แต่พบว่าหน่วยการเรียนที่ 3 กับ 4 ค่า t เท่ากับ -1.110, หน่วยการเรียนที่ 4 กับ 5 ค่า t เท่ากับ 1.118 และหน่วยการเรียนที่ 5 กับ 6 ค่า t เท่ากับ -1.350 มีคะแนนไม่แตกต่างกัน

2.2 ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเรียนเพิ่มขึ้น เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าคะแนนในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละหน่วยแตกต่างกันหรือไม่ จึงนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ในแต่ละหน่วยมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (paired sample t-test)พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่า t แต่ละหน่วยการเรียน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 และ0.1

2.3 ด้านความสามารถในการคิดวิจารญาณทางวิทยาศาสตร์ พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยด้านความสามารถในความสามารถในการคิดวิจารญาณทางวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเรียนมากขึ้น เพื่อเป็นการทดสอบว่าคะแนนความสามารถในการคิดวิจารญาณทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละหน่วยแตกต่างกันหรือไม่ จึงนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ในแต่ละหน่วยมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Paired sample t-test)เมื่อเปรียบเทียบค่า t แต่ละหน่วยการเรียน พบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 และ0.1 ยกเว้นหน่วยการเรียนที่ 5 กับ 6 ที่คะแนนไม่แตกต่างกัน

3 .ผลการใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นในกิจกรรมการเรียนรู้

พบว่าในแต่ละหน่วยการเรียนผู้เรียนมีการวัฏจักรแห่งการคิดค้นในกิจกรรมการเรียนรู้ระดับมากและมากที่สุด จากการวิเคราะห์การใช้การวัฏจักรแห่งการคิดค้นในกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้เชิงคุณภาพเป็นดังนี้ ผู้เรียนส่วนมากได้ใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นครบทุกขั้น การตั้งคำถามยังไม่ครอบคลุมและไม่ชัดเจน ในตอนเริ่มเรียนและดีขึ้นตามลำดับ ขั้นพาสู่ทางแก้ ผู้เรียนบางคนยังขาดความเข้าใจว่าการวางแผนเป็นไปตามที่ผู้เรียนกำหนดเองโดยไปกำหนดตามวิธีแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ แต่เมื่อเรียนรู้มากขึ้นความสามารถในการวางแผนดีขึ้น ขั้นถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร ผู้เรียนสามารถกำหนดคำสำคัญในการสืบค้นได้หลากหลาย สืบค้น และบันทึกสิ่งที่สืบค้นอย่างเป็นระบบ ขั้นจัดการปัญหาผู้เรียนสามารถหาคำตอบของปัญหาที่ตนเองตั้งขึ้นได้ และสรุปสาระที่ค้นพบได้ ได้กว้างขวางและลึกกว่าสาระในหน่วยการเรียนรู้ และเป็นภาษาของตนเอง ขั้นตีค่าประเมิน ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ วิจารณ์ได้มากขึ้นอย่างชัดเจนในหน่วยการเรียนที่ 6 และ 7

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่พัฒนาโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นโดยจัดการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ที่เน้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง และเรียนรู้ร่วมกับผู้อื่นบางส่วน ทำให้เปลี่ยนแปลงผู้เรียนจากการเรียนรู้เชิงรับเป็นการเรียนรู้เชิงรุก หรือผู้เรียนต้องมีปฏิสัมพันธ์อย่างสม่ำเสมอ(ถนอมพร เลาหจรัสแสง. 2541) นอกจากนี้ยังสามารถใช้กระดานสนทนา กระดานข่าว และการสอนแบบปฏิสัมพันธ์โดยใช้จดหมายอิเลกทรอนิกส์(ไมโครคอมพิวเตอร์.2542) สรุปผลการอภิปรายได้ดังนี้

1.ผลการหาประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นโดยการศึกษานำร่อง

ประสิทธิภาพของโมดูลการเรียนรู้ วัดจากผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าจุดตัด แสดงว่าโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นมีประสิทธิภาพ เป็นผลมาจากการที่ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการเรียนรู้ 5 ขั้นตามวัฏจักรแห่งการคิดค้น และกำหนดรายละเอียดของกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนสามารถดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองอย่างอิสระสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ใหม่โดยผู้เรียนเอง(Constructivism) ซึ่งประกอบ ด้วย 2 กระบวนการคือ การซึมซับ(Assimilation) และการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accomodation) การเรียนรู้นี้จะเกิดขึ้นได้ โดยผ่านประสบการณ์และศักยภาพในการเรียนรู้ซึ่งจะเป็นไปตามที่ผู้เรียนได้เข้าไปเกี่ยวข้องสิ่งแวดล้อมนั้นๆเรียกได้ว่าเป็นการพัฒนาทางปัญญา (วารินทร์ รัศมีพรหม 2541:184-187) จึงทำให้โมดูลของการวิจัยมีประสิทธิภาพตามสมมติฐานข้อที่ 1 สอดคล้องกับงานวิจัยของ เสกสรร สายสีสด (2545:172) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้อินเทอร์เน็ต สำหรับสถาบันราชภัฏ พบว่าเวบเพจ(web page) บทเรียนรายวิชาสารสนเทศเพื่อการจัดการ มีประสิทธิภาพ (E1/E2) มีค่าเท่ากับ 84.44/82.00 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้ผลการวิจัยของนวลพรรณ พิทย์สุณฑา(2547:7)และนงนุช เพ็ชรรื่น (2545:72)พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายต่างมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80

2. ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนก่อนและหลังการทดลองใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

2.1 ผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เรียนโดยใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นสูงกว่าจุดตัดและหลังการทดลองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องแนวทางการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ของการสร้างสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการทำจริง ทำความเข้าใจได้อย่างต่อเนื่องและสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้(Barron et al.1998:194) เทคโนโลยีสามารถช่วย

ให้ผู้เรียนเข้าใจมโนมติที่ยากได้ (Linn et al .1996:34) การนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และระบบเครือข่ายจัดองค์ความรู้ ทำให้ผู้เรียนตื่นตัวกับเครือข่ายข้อมูลข่าวสาร สังคมอินเทอร์เน็ต และใช้ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ออนไลน์ในการส่งงานกับผู้เรียนจำนวนมากได้เป็นอย่างดี (Barron et al.1998:78) สอดคล้องงานวิจัยของไพทูรย์ ศรีฟ้า (ไพทูรย์ ศรีฟ้า. 2547:6-8) ที่พัฒนาการเรียนการสอนผ่านอินเทอร์เน็ตโดยใช้โปรแกรม Moodle พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเพิ่มขึ้น

ผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยใช้โมดูลการเรียนรู้เพิ่มขึ้นดังกล่าว เนื่องจากระบบการจัดการเรียนรู้ Moodle ด้วยโปรแกรมจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ช่วยทำให้เอกสารประกอบการเรียนการสอนอยู่ในหลายรูปแบบ ได้แก่ เอกสารสารเวิร์ด รูปแบบตาราง รูปภาพ แผนผัง แผนภูมิ วีดีโอ เสียง เว็บเพจ เอกสารpdf และชุดกิจกรรมมากมายสำหรับผู้เรียน ที่สนับสนุนการเรียนการสอนแบบสร้างองค์ความรู้

การเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์มีความยืดหยุ่นในเนื้อหาสาระ โดยกิจกรรมการเรียนรู้ตามวัฏจักรแห่งการคิดค้น ทำให้ผู้เรียนสามารถ ค้นคว้า สืบค้น องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องได้มากกว่าเนื้อหาสาระที่กำหนดให้เป็นข้อมูลพื้นฐานในโมดูลการเรียนรู้สอดคล้องกับ แมทธิว (Matthew : 2000) ที่กล่าวว่าอินเทอร์เน็ตเป็นห้องสมุดเสมือนที่ทำให้ผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูล สารสนเทศต่าง ๆบนเครือข่ายได้มากมายทั่วทุกมุมโลก

การเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์มีความยืดหยุ่นในเรื่องเวลาและสถานที่เรียนรู้ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้เรียนได้เรียนรู้ห้องเรียนคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยจัดเตรียมให้ 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ แต่เมื่อตรวจสอบบันทึกข้อมูลการเข้าเรียนของผู้เรียนรายบุคคลพบว่าแต่ละคนเข้าเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์เพิ่มจากเวลาที่จัดให้อีก 4-6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ทั้งในเวลากลางวันและเวลากลางคืน เอื้อต่อการเสริมสร้าง ความรู้ ความเข้าใจ ในเนื้อหาสาระได้เป็นอย่างดี

ผลการเรียนรู้ระหว่างเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ แต่ละหน่วยการเรียนมีคะแนนหลังเรียนในระดับมาก ยกเว้น ในหน่วยที่ 1 มีคะแนนในระดับปานกลาง เกิดจากการที่ผู้เรียนยังไม่คุ้นเคยกับการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ แต่เมื่อมีประสบการณ์แล้วทำให้ค่าคะแนนสูงขึ้นในหน่วยที่ 2-7 เมื่อเปรียบเทียบหน่วยการเรียนที่ 1 กับ 7 พบว่าค่าคะแนนแตกต่างกันอย่างมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ที่ระดับ .01 เป็นการเพิ่มความชัดเจนว่าเป็นไปตามสมมติฐานในข้อที่ 2

2.2 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์

ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น เพิ่มขึ้นและสูงกว่าจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องจากการเรียนรู้โดยใช้โมดูลการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น ผู้เรียนต้องศึกษาตามขั้นของวัฏจักรได้แก่ ขั้นระบุปัญหาเป็น การตั้งคำถาม ขั้นพาสู่ทางแก้เป็น การวางแผนงานและตั้งสมมติฐาน ขั้นถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร เป็นการสืบค้น ค้นคว้า หาข้อมูลสารสนเทศ และองค์ความรู้ ขั้นจัดการปัญหา เป็นการนำข้อมูล สารสนเทศ และองค์ความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ขั้นตีค่าประเมิน เป็นการประเมินผลงานของผู้เรียนและเพื่อน ที่สอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหา(สสวท. 2546:221-222)ที่มีขั้นตอนได้แก่ 1) ทำความเข้าใจปัญหา 2) วางแผนแก้ปัญหา 3) ดำเนินการแก้ปัญหาและประเมินผล 4) ตรวจสอบการแก้ปัญหา วัฏจักรแห่งการคิดค้น มีขั้นย่อยๆที่ช่วยให้การแก้ปัญหาทำได้ง่ายกว่าเมื่อเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ การเรียนรู้ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นจึงได้ฝึกแก้ปัญหาต่างๆ โดยผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติอย่างมีระบบ ผลที่ได้จากการฝึกจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถตัดสินใจแก้ปัญหาต่างๆ ด้วยกระบวนการ และทักษะทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้กิจกรรมการเรียนรู้ทุกหน่วยการเรียนรู้เป็นสถานการณ์จำลองที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

ผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยในระดับปานกลางในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 และเมื่อเรียนเพิ่มขึ้นในหน่วยการเรียนอื่นๆ แนวโน้มของคะแนนด้านทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะผู้เรียนได้มีโอกาสฝึกการใช้ทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาในทุกๆหน่วยการเรียนรู้ แสดงว่าโมดูลการเรียนรู้นี้ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

2.3 ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถการคิดวิจารญาณ ทางวิทยาศาสตร์

ผลการเรียนรู้ด้านความสามารถในการคิดวิจารญาณทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเพิ่มขึ้นและสูงกว่าจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .01 เนื่องจากการเรียนรู้โมดูลการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น ผู้เรียนต้องศึกษาเผชิญกับปัญหาในสถาการณ์ต่างๆ รวมทั้ง ข้อมูลสารสนเทศจำนวนมหาศาลในอินเทอร์เน็ต ตลอดเวลาของการเรียนรู้เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์ และการเรียนรู้อย่างมีรูปแบบที่ชัดเจนตามวัฏจักรแห่งการเรียนรู้เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาโดยใช้ความสามารถในการคิดวิจารญาณทางวิทยาศาสตร์อย่างเต็มศักยภาพของผู้เรียนแต่ละคน (สาวิตรี เครือใหญ่.2548, เพ็ญพิสุทธิ์ เนคมานุรักษณ์. 2546และ ภัทรภรณ์ ภทรโยธิน.2545)

3 .ผลการใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นในกิจกรรมการเรียนรู้

พบว่าในแต่ละหน่วยการเรียน ผู้เรียนใช้ขั้นตอนของการวัฏจักรแห่งการคิดค้นในกิจกรรมการเรียนรู้ ระดับมากและมากที่สุด จากการวิเคราะห์การใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นในกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ดังนี้ ผู้เรียนส่วนมากได้ใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นครบทุกขั้น ขั้นระบุปัญหา ในตอนแรกของการเรียนรู้ การตั้งคำถามยังไม่ครอบคลุมและไม่ชัดเจน แต่ดีขึ้นตามลำดับ ขั้นพาสู่ทางแก้ ผู้เรียนบางคนยังขาดความเข้าใจที่ว่าการวางแผนเป็นไปตามที่ผู้เรียนกำหนดเองเมื่อเรียนรู้มากขึ้นความสามารถในการวางแผนการแก้ปัญหาด้วยตนเองดีขึ้น ขั้นถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร ผู้เรียนสามารถกำหนดคำสำคัญในการสืบค้นได้หลากหลาย สืบค้น และบันทึกสิ่งที่สืบค้นอย่างเป็นระบบ ขั้นจัดการปัญหาผู้เรียนสามารถหาคำตอบของปัญหาที่ตนเองตั้งขึ้นได้ และสรุปสาระที่ค้นพบได้กว้างขวางและลึกกว่าสาระในหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้เป็นเบื้องต้น และเป็นภาษาของตนเอง ขั้นตีค่าประเมิน ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ วิจารณ์ได้มากขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในหน่วยการเรียนที่ 6 และ 7

การที่ผู้วิจัยได้จัดทำใบบันทึกกิจกรรมตามขั้นของวัฏจักรแห่งการคิดค้น ทำให้ผู้เรียนมีความสะดวกในการเรียนรู้และสามารถตรวจสอบได้การใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นได้ด้วยตนเอง และแต่ละขั้นของวัฏจักรแห่งการคิดค้นประกอบด้วยขั้นย่อยๆ ที่ต่อเนื่องกัน ทำให้การทำกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นในการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ไม่มีความยุ่งยากหรือซับซ้อน นอกจากนี้การที่ผู้วิจัยได้จัดทำใบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้เป็นการอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้แก่ผู้เรียน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำโมดูลไปใช้

อาจารย์ในระดับอุดมศึกษาสามารถนำโมดูลการเรียนรู้ไปใช้เป็นกิจกรรมเสริมการเรียนในวิชาเคมีวิเคราะห์ระดับมหาวิทยาลัยได้ และอาจารย์หรือผู้สอนในระดับต่างๆสามารถใช้โปรแกรมจัดการเรียนรู้ Moodle ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพ และง่ายต่อการใช้งานเพื่อสร้างเวบไซต์ (web site) เพื่อการศึกษา โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมดังนี้

1. การเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ควรให้ผู้เรียนส่งผลงานหรือชิ้นงานเช่น การบันทึกการเรียนรู้ของผู้เรียน ตามเวลาที่กำหนด

2. การเรียนรู้โมดูลวิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น ผ่านระบบออนไลน์ผู้เรียนควรมีทักษะพื้นฐานในการใช้คอมพิวเตอร์

3. การเรียนรู้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น ผ่านระบบออนไลน์ผู้เรียนต้องมีความพร้อมที่จะเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

4. การเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นสามารถยืดหยุ่นเวลา และสถานที่ ที่ใช้ในเรียนรู้ได้ดีมาก

5. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพทำให้การเรียนรู้ทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

6. โปรแกรมจัดการเรียนรู้ Moodle เป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพ และง่ายในการสร้างสร้างเวบไซต์เพื่อการศึกษา

8. วัฏจักรแห่งการคิดค้น มีความเหมาะสมอย่างมากในการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย

ประเทศไทยมีมหาวิทยาลัยหลายแห่งที่ใช้โปรแกรมจัดการเรียนรู้ Moodle แต่ขาดการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะในการทำการวิจัยต่อไป ดังนี้

1. ควรมีการวิจัยพื่อเปรียบเทียบการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์กับการเรียนรู้ด้วยวิธีอื่นๆ
2. ควรมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นในระดับอื่นๆ
3. ควรมีการวิจัยที่มีการจัดการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ที่ส่งเสริมการคิดระดับสูง
4. ควรมีการวิจัยเพื่อติดตามว่าจัดการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ผู้เรียนมีเจตคติอย่างไรต่อการเรียนรู้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

เกศณีย์ ไทยถานันดร์. (2547). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านการคิดวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนกิจกรรมวิทยาศาสตร์ประกอบการเขียนผังมโนมติ.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

จรัส สุวรรณเวลา. (2545). *อุดมศึกษาไทย*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิต นวนแก้ว. (2543). *การพัฒนาความสามารถด้านการคิดขั้นสูงในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

จิราพร วัฒนศรีสิน. (2547). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ เพื่อเสริมสร้างจริยธรรมของนักศึกษาพยาบาล วิทยาลัยพยาบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุข.* ปริญญานิพนธ์

----------. (2540). *ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิด.* กรุงเทพฯ :

ชมพันธ์ กุญชร ณ อยุธยา. (2519). *หน่วยการเรียนรู้ เอกสารประกอบการสอนวิชาทฤษฎีและการปฏิบัติการหลักสูตร.* กรุงเทพฯ : ถ่ายเอกสาร.

ชูเวช ชาญสว่างเวช. (2543). *ปฏิรูปอุดมศึกษา.* กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.

ถนอมพร เลาหจรัสแสง. (2541). *แนวโน้มและบทบาทของเทคโนโลยีการศึกษาในอนาคต*. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2(3) : 31-57.

ดรุณรัตน์ พึ่งตน. (2545). *บทบาท e-Learning*. ในที่นี่ e-Learning. โปรดปราน พิตรสาธร. 17-55. กรุงเทพฯ : TJ Book.

----------. (2545). *Design e-Learning : หลักการออกแบบการสอนและสร้างเว็บเพื่อการเรียน. ในที่นี่ e-Learning.* โปรดปราน พิตรสาธร. 17-55. กรุงเทพฯ : TJ Book.

ทิพย์เกสร บุญอำไพ. (2539). *การพัฒนาระบบการเรียนการสอนทางอินเตอร์เน็ต ระดับอุดมศึกษา.* วิทยานิพนธ์. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

ทิศนา แขมมณี. (2541). *การพัฒนาคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : จากทฤษฎีสู่การปฏิบัติ.* กรุงเทพฯ : สภาสังคมสงเคราะห์แห่งประเทศไทย .

----------. (2545). *ศาสตร์การสอน.* กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธำรง บัวศรี. (2532). *ทฤษฎีหลักสูตร : การออกแบบและพัฒนา.* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : คุรุสภาลาดพร้าว.

บุญชม ศรีสะอาด. (2537). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาสน์.

----------. (2541). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย.* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาสน์.

บุญเรือง เนียมหอม. (2540). *การพัฒนาระบบการเรียนการสอนทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.* วิทยานิพนธ์. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

ปรางทอง กฤตชยานนท์. (2545). *e-Learning กับการศึกษา.* ในที่นี่ e-Learning . กรุงเทพฯ : TJ Book.

โปรดปราน พิตรสาธร ; และคนอื่นๆ. (2545). *ที่นี่ e-Learning* . กรุงเทพฯ : TJ Book.

ผ่องพรรณ ตรัยมงคลกูล ; และ สุภาพ ฉัตราภรณ์. (2545). *การออกแบบการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เพ็ญพิสุทธิ์ เนคมานุรักษณ์. (2546). *การพัฒนารูปแบบการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักศึกษาครู.* วิทยานิพนธ์ ค.ด.(จิตวิทยาการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . ถ่ายเอกสาร.

พันธ์ศักดิ์ พลสารัม. (2543). *การพัฒนาการการเรียนรู้ปริญญาตรี.* กรุงเทพฯ : ทบวงมหาวิทยาลัย

ภพ เลาหไพบูลย์. (2538). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์.* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช

ภัทรภรณ์ ภัทรโยธิน. (2545). *การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาการพยาบาลผู้ใหญ่เพื่อส่งเสริมการคิดวิจารณญาณ*. ปริญญานิพนธ์. กศ.ด.(การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ยงยุทธ รักษาศรี. (2541,26-27 พฤศจิกายน). *การเรียนการสอนบัณฑิตศึกษาสาขานิเทศศาสตร์ระบบการศึกษาทางไกล : การประยุกต์แบบจำลอง YI-01 การเรียนการสอนนิเทศศาสตร์ตามแนวคิดมหาวิทยาลัยเสมือน.* เอกสารประกอบการสัมนาวิชาการเรื่อง Information Technology for Graduate Studies in the 21st Century. 6-15.

ยืน ภู่วรรณ. (2542,มีนาคม). *การศึกษาในยุคโลกาภิวัฒน์.* ไมโครคอมพิวเตอร์. 10(164) : 98-104

รัตนะ บัวรา. (2540). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนด้วยตนเองกับการสอนตามคู่มือครู.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

วนิดา ฉัตรวิราคม. (2546). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องระบบนิเวศ.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ด.(วิทยาศาสตรการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ . ถ่ายเอกสาร.

วิชัย วงใหญ่. (2519. มิถุนายน –ธันวาคม). *การฝึกหัดครูแบบสมรรถฐาน.* ศึกษาศาสตร์.1:14-20.

วิมลลักษณ์ สิงหนาท. (2548**).** *Moodle การสร้างห้องเรียนด้วยตนเอง.* กรุงเทพฯ : เทนทีซี พับบลิคชัน.

ศุภชัย สุขะนินทร์. (2545). *เปิดโลก e-Learning : การเรียนการสอนผ่านอินเทอร์เน็ต.* กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชัน.

สมคิด อิสระวัฒน์. (2541.กรกฎาคม-ตุลาคม). *การเรียนรู้ด้วยตนเอง : กลวิธีสู่การศึกษาเพื่อความสมดุล.* วารสารครุศาสตร์. 27(1) : 35-38.

สำนักโครงการปฏิรูปอุดมศึกษา.(2541). *สรุปสาระสำคัญแนวทางการปฏิรูปอุดมศึกษา.* กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.

สาวิตรี เครือใหญ่. (2548). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความคิดวิจารณญาณในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยวงจรและการเรียนรู้ที่เน้นการเรียนแบบร่วมมือ.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ . ถ่ายเอกสาร.

สุทธศรี วงษสมาน. (2544***).*** *แนวทางการปฏิรูปการศึกษาระดับอุดมศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ 2542.* กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.

สุรสิทธิ์ วรรณไกรโรจน์. (2544). *ความหมายของการเรียนรู้ผ่านออนไลน์ (e-Learning***).** (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.thai2lean.com. วันที่สืบค้น 17 กุมภาพันธ์ 2547.

สุมาลี สีมืด. (2543). *การพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยชุดการฝึกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเซนต์ดอมินิก. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา).* กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ . ถ่ายเอกสาร.

สุวัฒก์ นิยมค้า. (2531*). ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้.* กรุงเทพฯ : เจเนอรัลบุ๊คส์ เซนเตอร์.

อัจฉรา แก้วมณี. (2540). *การศึกษาประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดรุณาราชบุรี.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(วิทยาศาสตรการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ . ถ่ายเอกสาร.

Ausubel, David P. (1963). *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. New York : Grune & Stratton.

Bloom, B.S. (1961). *Taxonomy of Education*. New York : David McKay.

Center for Critical Thinking. (1996). *Critical Thinking Workshophandbook*. Sonoma : Sonoma State University.

De Bono, Edvard. (1973). *CORT Thinking : Teacher's Note***s**. NSW : Preprimer.

----------. (1995). *Teach Yourself to Think*. England : McQuaig Group.

----------. (1996). *Textbook of Wisdom*. England : McQuaig Group.

Dressel, Paul. (1995.October). *Critical Thinking : The Goal of Education*. NEA Journal. 44 : 418-420

Edvard, J. (1991). *The Direct Teaching of Thinking Skill***.** In Learning and Teaching Cognitive Skill. Victoria : ACER.

Ennis, R.H. (1985,October**).** *A Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skill*. Educational Leadership. 45-48.

Gagne', Robert M. (1985). *The Condition of Learning and Instruction*. Japan : CBS College.

Gardner , Howard. (1993). *Frames of Mind*. New York : Basic Books Harper Collins.

----------. (1993*). Multiple Intelligences : The Theory in Practice*. New York : Basic Books Harper Collins.

Guilford, J.P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York : McGraw-Hill.

Hertzka, A.F. ; & Guilford, J.P. (1955). *Logical Reasoning***.** California : Psychological Service.

Joyce, B.;& Weil, M. (1980). *Model of Teaching*. 2 nd ed. Englewood Cliffs, N.J.: Prentic Hall.

Klausmier, H.J. (1985). *Education Psychology*. New York : Harper & Row.

Lipman, Matthew.;& Sharp, Ann Margarct. (1988). *Getting Our Thoughts Together : Instructional Manual to Accompany ELFLE***.** New Jersey : The Institute for the Advancement of Philosophy for Children.

---------. (1982). *Harry Stottlemeier's Discovery : Instructional Manual*. New Jersey : The Institute for the Advancement of Philosophy for Children.

---------. (1982). *Wondering at the World : Instructional Manual to Accompany KIO AND GUS*. New Jersey : The Institute for the Advancement of Philosophy for Children.

Lipman, Matthew.;& Sharp, Ann Margarct.;& Oscanyan, Frederick S. (1980). *Philosophy in the Class Room*. 2 nd ed. Philadelphia : Temple University.

Marzano, Robert J.; & Others. (1988*). Dimensions of Thinking : A Framework for Curriculum and Instruction.* Alexandria Virginia : Association for Supervision and Curriculum Development.

Watson, G.; & Glaser, E.M. (1980). *Watson-Glaser Critical Thinking & Appraisal*. Texas : The Psychological Corporation.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินโมดูลการเรียนรู้

2. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญสาขาวิชาเคมีวิเคราะห์เพื่อประเมินแบบทดสอบ

ชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินโมดูลการเรียนรู้

ชื่อ - สกุล	ตำแหน่ง / สถานที่ทำงาน
1. ด้านเคมีวิเคราะห์ รองศาสตราจารย์ ภควดี สุทธิไวยกิจ	อาจารย์ประจำภาควิชาภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ด้านเคมีวิเคราะห์ ผู้ช่วยศาสตาจารย์ ดวงใจ นาคปรีชา	อาจารย์ประจำภาควิชาภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
3. ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา รองศาสตราจารย์ ธีรชัย ปูรณโชติ	ข้าราชการบำนาญ
4. ด้านคอมพิวเตอร์ ดร..ขนิษฐา รุจิโรจน์	ที่ปรึกษาสำนักคอพิวเตอร์ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ
5. ด้านวัดผลและประเมินผล ผู้ช่วยศาสตาจารย์ สุรชัย มีชาญ	รองผู้อำนวยการสำนักทดสอบทางการศึกษา

ชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบทดสอบ

ชื่อ - สกุล	ตำแหน่ง / สถานที่ทำงาน
1. ด้านเคมีวิเคราะห์ ดร.ธารินี สาลีโภชน์	อาจารย์ประจำภาควิชาภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ด้านเคมีวิเคราะห์ อาจารย์ดุสิต อังธารารักษ์	หัวหน้าโปรแกรมเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
3 ด้านเคมีวิเคราะห์	อาจารย์ประจำโปรแกรมเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ภาคผนวก ข
แบบประเมินโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษา ด้วยวัฏจักรแห่งการเรียนรู้

แบบประเมินโมดูลการเรียนรู้
วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

คำชี้แจง

แบบประเมินฉบับนี้เป็นแบบประเมินโครงร่างโมดูลการเรียนรู้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น โดยมีจุดประสงค์ให้ท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญ ได้กรุณาพิจารณาความเหมาะสม และความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของโมดูลการเรียนรู้ว่ามีความเหมาะสมและสอดคล้องกันเพียงใด โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ประเมินความเหมาะสมของโครงร่างโมดูลการเรียนรู้ เป็นการพิจารณาส่วนประกอบต่างๆ ของโครงร่างโมดูลการเรียนรู้ ว่ามีความเหมาะสมเพียงใด คือ สภาพปัญหาและความจำเป็น หลักการของโมดูลการเรียนรู้ เป้าหมายของโมดูลการเรียนรู้ จุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้ เนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้ แนวการจัดการเรียนรู้ ระยะเวลาการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อประกอบการเรียนรู้ และการประเมินผลโมดูลการเรียนรู้

ตอนที่ 2 ประเมินความสอดคล้องของโครงร่างโมดูลการเรียนรู้ เป็นการพิจารณาส่วนประกอบต่างๆ ของโครงร่างโมดูลการเรียนรู้ว่ามีความสอดคล้องกันเพียงใด คือ สภาพปัญหาและความจำเป็น หลักการของโมดูลการเรียนรู้ เป้าหมายของโมดูลการเรียนรู้ จุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้ เนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้ แนวการจัดการเรียนรู้ ระยะเวลาการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อประกอบการเรียนรู้ และการประเมินผลโมดูลการเรียนรู้

ตอนที่ 3 ประเมินความคิดเห็นเพิ่มเติม มีจุดประสงค์ให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้แสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขโครงร่างของโมดูลการเรียนรู้ให้ดีขึ้นก่อนที่จะนำไปทดลองใช้

ตอนที่ 1 แบบประเมินความเหมาะสมของโครงร่างโมดูลการเรียนรู้

คำชี้แจง : ให้ท่านพิจารณาว่าองค์ประกอบต่างๆ ของโมดูลการเรียนรู้ในประเด็นต่อไปนี้ มีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องการประเมินให้ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

แบบประเมินความเหมาะสมของโครงร่างโมดูลการเรียนรู้

ข้อ	ประเด็นการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
1	สภาพปัญหาและความจำเป็นมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับสภาพสังคมปัจจุบัน					
2	สภาพปัญหาและความจำเป็นมีเหตุผลควรพัฒนาโมดูลการเรียนรู้					
3	หลักการของโมดูลการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง					
4	หลักการของโมดูลการเรียนรู้หมาะสมกับการนำไปปฏิบัติจริง					
5	หลักการของโมดูลการเรียนรู้มีแนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานรองรับ					
6	เป้าหมายของโมดูลการเรียนรู้มีความเป็นไปได้					
7	เป้าหมายของโมดูลการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน					
8	เป้าหมายของโมดูลการเรียนรู้มีประโยชน์สำหรับผู้เรียน					
9	จุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้มีความชัดเจนและเป็นไปได้					
10	จุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน					

ตารางประเมินความเหมาะสมของโครงร่างโมดูลการเรียนรู้ (ต่อ)

ข้อ	ประเด็นการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
11	จุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้เหมาะสมกับการสร้างเสริมคุณลักษณะที่คาดหวังให้เกิดกับผู้เรียน					
12	เนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับของอุดมศึกษา					
13	เนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้ครอบคลุมความรู้ที่ผู้เรียนควรได้รับ					
14	เนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้มีการจัดเรียงลำดับที่เหมาะสม					
15	เนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้เหมาะสมกับการนำไปใช้ปฏิบัติได้จริง					
16	การกำหนดหน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสม					
17	หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 หลักการเบื้องต้นของโครมาโทกราฟีมีความเหมาะสม					
18	หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 โครมาโทกราฟีแบบกระดาษ มีความเหมาะสม					
19	หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง(TLC)มีความเหมาะสม					
20	หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 โครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง(HPLC)มีความเหมาะสม					
21	หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 การประยุกต์ใช้โครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูงมีความเหมาะสม					
22	หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 โครมาโทกราฟีแบบแก๊ส(GC)มีความเหมาะสม					
23	หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 การประยุกต์ใช้โครมาโทกราฟีแบบแก๊สมีความเหมาะสม					

ตารางประเมินความเหมาะสมของโครงร่างโมดูลการเรียนรู้ (ต่อ)

ข้อ	ประเด็นการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
24	กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมที่จะนำไปสู่การบรรลุจุดมุ่งหมาย					
25	ระยะเวลาที่ในการเรียนตามโมดูลการเรียนรู้มีความเหมาะสม					
26	กิจกรรมการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนเหมาะสม					
27	การใช้วัฏจักรแห่งการคิดค้นในกิจกรรม มีความเหมาะสม					
28	กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมที่จะนำไปสู่การบรรลุจุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้					
29	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเป็นไปได้					
30	สื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้					
31	การจัดวางรูปแบบระบบออนไลน์ เหมาะสมกับเนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้					
32	ความสัมพันธ์ของคำบรรยายกับภาพหรือภาพเคลื่อนไหว เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเสริมสร้างความรู้ให้แก่ผู้เรียน					
33	ความถูกต้องของภาษา					
34	การใช้สีสัน ขนาดตัวอักษรและภาพ เหมาะสม					
35	การประเมินผลของโมดูลการเรียนรู้ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการประเมิน					
36	การประเมินผลโมดูลการเรียนรู้มีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง					
37	การประเมินผลโมดูลการเรียนรู้มีความเหมาะสมในการตรวจสอบการบรรลุจุดมุ่งหมายของโมดูลกา เรียนรู้					
38	รูปแบบของโมดูลการเรียนรู้มีความเหมาะสม					

ตอนที่ 2 แบบประเมินความสอดคล้องของโครงร่างโมดูลการเรียนรู้

คำชี้แจง : ให้ท่านพิจารณาว่าองค์ประกอบต่าง ๆ ของโมดูลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกันเพียงใด แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องการประเมินให้ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อ	ประเด็นประเมิน	ระดับความสอดคล้อง		
		สอดคล้อง (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่สอดคล้อง (-1)
1	สภาพปัญหาและความจำเป็น กับหลักการของโมดูลการเรียนรู้			
2	สภาพปัญหาและความจำเป็น กับเป้าหมายของโมดูลการเรียนรู้			
3	สภาพปัญหาและความจำเป็น กับจุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้			
4	หลักการของโมดูลการเรียนรู้ กับจุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้			
5	หลักการของโมดูลการเรียนรู้ กับกิจกรรมการเรียนรู้ของโมดูลการเรียนรู้			
6	หลักการของโมดูลการเรียนรู้ กับการประเมินผลโมดูลการเรียนรู้			
7	เป้าหมาย กับจุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้			
8	จุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้ กับเนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้			
9	จุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้ กับกิจกรรมการเรียนรู้ของโมดูลการเรียนรู้			
10	จุดมุ่งหมายของโมดูลการเรียนรู้ กับการประเมินผลโมดูลการเรียนรู้			
11	เนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้ กับกิจกรรมการเรียนรู้ของโมดูลการเรียนรู้			
12	เนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้ กับสื่อประกอบของโมดูลการเรียนรู้			
13	เนื้อหาของโมดูลการเรียนรู้ กับการประเมินผลโมดูล			

ข้อ	ประเด็นประเมิน	ระดับความสอดคล้อง		
		สอดคล้อง (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่สอดคล้อง (-1)
	การเรียนรู้			
14	กิจกรรมการเรียนรู้ของโมดูลการเรียนรู้ กับสื่อการสอนออนไลน์			

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค
แบบททดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนและเกณฑ์การให้คะแนน

แบบทดสอบหลังเรียน
วิชาเคมีวิเคราะห์

คำชี้แจง แบบทดสอบหลังเรียนประกอบด้วยแบทดสอบ 2 ตอนคือ

ตอนที่ 1 แบบทดสอบแบบเลือกตอบ จำนวน 10 ข้อ 10 คะแนน

ตอนที่ 2 แบบทดสอบแบบเขียนตอบ จำนวน 11 ข้อ

เวลา 2 ชั่วโมง30 นาที

ตอนที่ 1 แบบทดสอบแบบเลือกตอบ

คำชี้แจงให้ผู้เรียนอ่านแบบทดสอบทำเครื่องหมาย X ลงในช่องที่เลือกตอบ

1. ข้อใดกล่าวถูกต้อง
   ก. รีเทนชัน ไทม์ คือ เวลาที่ตัวพาเคลื่อนที่ได้
   ข. eluent คือตัวถูกละลายที่ถูกพาออกจากคลอลัมน์
   ค. Resolution คือ ค่าความสามารถในการแยกสารของเครื่องมือ
   ง. ความสูงของเพลท(plate height) คือความยาวของคอลัมน์ต่อจำนวนเพลท
   จ. โครมาโทกราฟี คือเทคนิคการแยกสารโดยอาศัยความแตกต่างของค่าคงที่ของการละลาย
2. ข้อใดกล่าวถูกต้อง
   ก. PC และ TLC จัดเป็น liquid-solid chromatography
   ข. PC และ TLC จัดเป็น liquid-liquid chromatography
   ค. PC จัดเป็น liquid-solid chromatography และ TLCจัดเป็น liquid-solid chromatography
   ง. PC จัดเป็น liquid-solid chromatography และ TLCจัดเป็น liquid-liquid chromatography
   จ. PC จัดเป็น liquid-liquid chromatography และ TLCจัดเป็น liquid-solid chromatography

3. การเรียงลำดับการการอีลูทสารจากค่ารีเทนชันไทม์น้อยไปหามาก ในการทำคอลัมน์โครมาโทกราฟีในข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

ก $CH_3CH_2CH_3 < CH_3CH_2{=}CH_2 < CH_3CH_2CH_2Cl < CH_3COOCH_3$

ข $CH_3COOCH_3 < CH_3CH_2{=}CH_2 < CH_3CH_2CH_2Cl < CH_3CH_2CH_3$

ค $CH_3CH_2{=}CH_2 < CH_3CH_2CH_3 < CH_3CH_2CH_2Cl < CH_3COOCH_3$

ง $CH_3CH_2CH_2Cl < CH_3CH_2{=}CH_2 < CH_3CH_2CH_3 < CH_3COOCH_3$

จ. $CH_3COOCH_3 < CH_3CH_2{=}CH_2 < CH_3CH_2CH_3 < CH_3CH_2CH_2Cl$

4. การเรียงลำดับความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนจากน้อยไปหามาก

ก $Na^+ < Li^+ < Mg^{2+} < Ca^{2+} < Ba^{2+}$

ข $Li^+ < Na^+ < Mg^{2+} < Ca^{2+} < Ba^{2+}$

ค $Li^+ < Na^+ < Mg^{2+} < Ba^{2+} < Ca^{2+}$

ง $Li^+ < Na^+ < Ba^{2+} < Ca^{2+} < Mg^{2+}$

จ. $Mg^{2+} < Ca^{2+} < Ba^{2+} < Na^+ < Li^+$

5. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับ size exclusion chromatography

ก. อนุภาคที่มีขนาดเล็กจะเคลื่อนที่ผ่านออกจากคลอลัมน์ก่อน

ข. อนุภาคขนาดใหญ่จะเคลื่อนที่ผ่านออกจากคลอลัมน์ก่อน

ค. เป็นเทคนิคเฉพาะสำหรับหาน้ำหนักโมเลกุลของโพลิเมอร์เท่านั้น

ง. มีกลไกการแยกแบบ adsorption

จ. การอีลูทออกจากคอลัมน์ของโมลุกลขนาดต่างๆขึ้นกับชนิดของเฟสที่เคลื่อนที่

6. ข้อใดถูกต้อง

ก. isocratic condition เป็นการใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม สองชนิดผสมกันเพื่อเปลี่ยนโพลาริตี้อย่างต่อเนื่อง

ข. isocratic condition จะทำให้ค่าประสิทธภาพของการแยกมากขึ้น

ค. gradient elution เป็นการใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม สองชนิดผสมกันเพื่อเปลี่ยนโพลาริตี้อย่างต่อเนื่อง

ง. gradient elution จะทำให้ค่าประสิทธภาพของการแยกลดลง

จ. gradient elution เป็นการเพิ่มอุณหภูมิของตัวทำละลายอย่างต่อเนื่อง

7. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. normal phase สารที่มีขั้วผ่านออกจากคอลัมน์ก่อน

ข. normal phase สารที่มีขั้วเป็นเฟสที่เคลื่อนที่

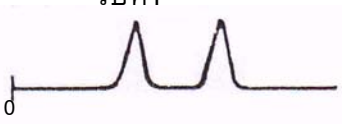
ค. Reverse phase สารที่มีขั้วเป็นเฟสที่เคลื่อนที่

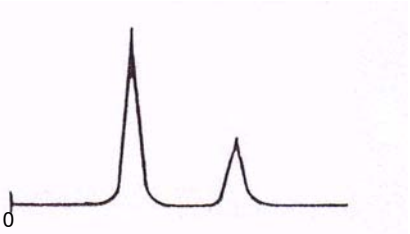
ง. Reverse phase สารที่มีไม่ขั้วผ่านออกจากคอลัมน์ก่อน

จ. normal phase แยกสารโดยอาศัยสมบัติที่ไม่ชอบน้ำของเฟสที่เคลื่อนที่

8. โครมาโทแกรมในการแยกสารผสมa และ b ได้พีกดังรูปที่ 1 และเมื่อเติมสาร a ลงในสารผสมนี้ ได้พีกดังรูปที่ 2 ข้อใดกล่าวถูกต้อง

รปที่1





รูปที่ 2

ก. พีกที่มีค่ารีเทนชันไทม์น้อยกว่าเกิดสัญญาณรบกวน

ข. พีกที่มีค่ารีเทนชันไทม์มากกว่าเกิดสัญญาณรบกวน

ค. พีกที่มีค่ารีเทนชันไทม์มากกว่าคือ สาร a

ง. พีกที่มีค่ารีเทนชันไทม์น้อยกว่าคือ สาร b

จ. พีกที่มีค่ารีเทนชันไทม์น้อยกว่าคือ สาร a

9. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC

ก. เทคนิค GCวิเคราะห์ได้เฉพาะตัวอย่างที่เป็นแก๊สเท่านั้น

ข. เทคนิค GCวิเคราะห์สารตัวอย่างที่ของข็งไม่ได้ได้

ค. อัตราการไหลของก๊าซพาไม่มีผลต่อการวิเคราะห์

ง. สารที่จะฉีดเข้าคอลัมน์ได้ต้องเป็นก๊าซเท่านั้น

จ.กลไกการแยกด้วยเทนิค GC มีทั้ง Adsorption และ Partition

10. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับแก๊สพาในเทคนิค GC

ก. สามารถทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่างได้ดี

ข. แพร่ได้ดีและมีมวลโมเลกุลสูง

ค. มีไอน้ำเป็นองค์ประกอบ

ง. หาง่ายและมีความบริสุทธิ์สูง

จ. มีอัตราการไหลที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

เฉลยแบทดสอบแบบเลือกตอบ

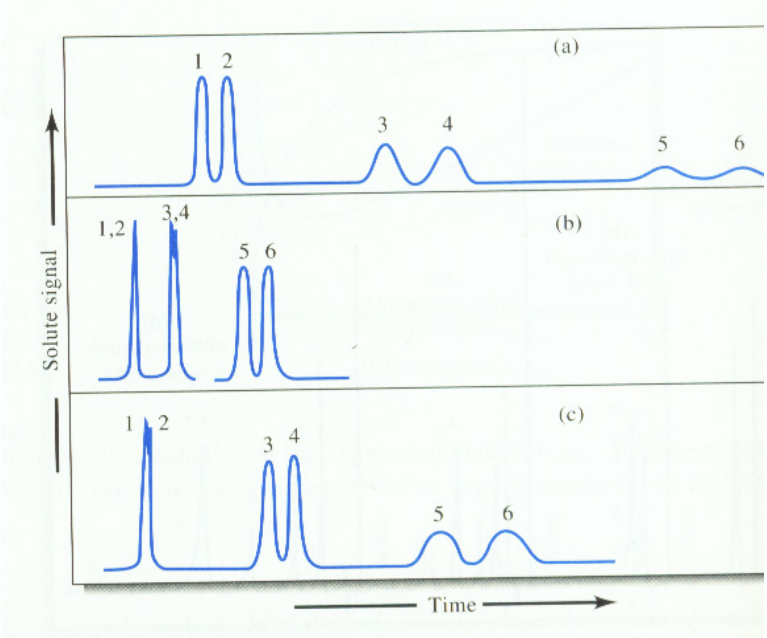
ข้อ	คำตอบ
1	ง
2	จ
3	ก
4	ข
5	ข
6	ค
7	ค
8	จ
9	จ
10	ง

ตอนที่ 2 แบบทดสอบสอบแบบเขียนตอบ

คำชี้แจง ให้ผู้เรียนอ่านข้อความแต่ละข้อให้เข้าใจ แล้วตอบคำถามลงในการะดาษสำหรับเขียนตอบ

สถานการณ์ที่1.

การแยกองค์ประกอบของสารผสม 6 ชนิด 1,2,3,4,5,6 ในสภาวะที่แตกต่างกัน (a) (b) และ (c) ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพ



ให้ผู้เรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1 แต่ละสภาวะที่แตกต่างกัน (a) (b) และ (c)เหมาะสมสำหรับแยกสารแต่ละคู่อย่างไร

2 ผู้เรียนคิดว่ามีความเป็นไปได้ในการหาสภาวะที่เหมาะสมเพียงสภาวะเดียวในการแยกองค์ประกอบทั้ง 6 ชนิดในสารผสม หรือไม่ เพราะเหตุใด

สถานการณ์ที่2.

ให้ผู้เรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ “ เทคนิคคอลัมน์แบบเปิดใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง (TLC) และเทคนิค TLC ใช้ประโยชน์ได้มากกว่า เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ”

3. ข้อความข้างต้นถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด

4. ให้เปรียบเทียบหลักการของเทคนิคทั้งสามว่ามีความเหมือนหรือความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง

สถานการณ์ที่3. ให้ผู้เรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม

"น้ำกระด้างคือน้ำที่มีเกลือของแคลเซียม แมกนีเซียมและ เหล็กอยู่มากเราสามารถแก้ไขได้ด้วยการทำเทคนิคการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange)ไปใช้ขจัดความกระด้างของน้ำได้"

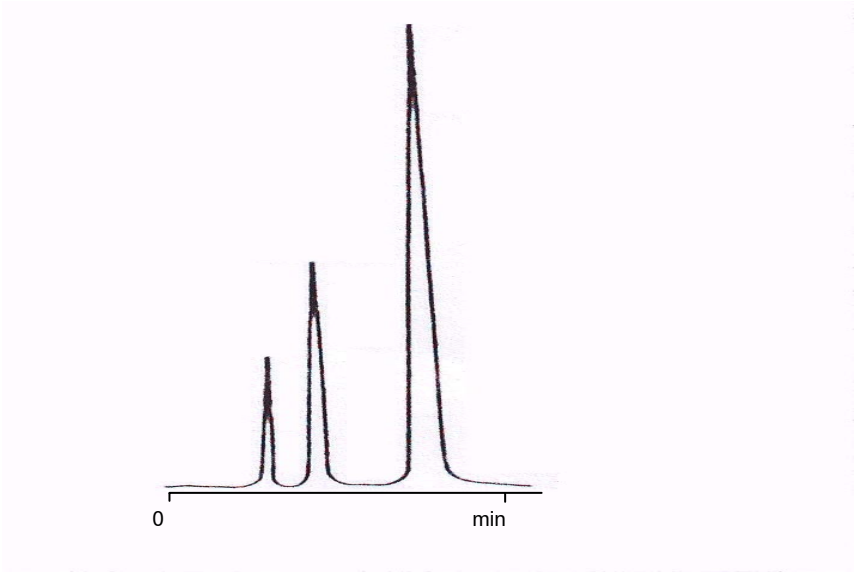
5. ผู้เรียนจะเลือกใช้เรซินชนิดแอนไอออนหรือแคทไอออน เพราะเหตุใด

6. ค่า pH ของสารละลายมีผลอย่างไรต่อการแยกด้วยเทคนิคไอออนเอกซ์เซนจ์

7. ผู้ผลิตเครื่องกรองน้ำแนะนำว่าเมื่อใช้เครื่องกรองน้ำประมาณ1-2 เดือนให้นำเรซินไปแช่ในน้ำเกลือแกง ทำไมต้องทำเช่นนั้น

สถานการณ์ที่4.

ยาแก้ปวดมีส่วนผสมของแอสไพริน คาเฟอีน และฟีนาเซติน ถ้าต้องการวิเคราะห์หาปริมาณของแอสไพรินในยาแก้ปวดด้วยเทคนิค HPLC เมื่อวิเคราะห์ครั้งแรกได้โครมาโทแกรมดังรูป



8. ผู้เรียนจะต้องทำอย่างไรจึงจะทราบว่าพีกใดเป็นของแอสไพริน

9. ให้ผู้เรียนอธิบายวิธีการหาปริมาณของแอสไพรินด้วยวิธี standard addition calibration curve

สถานการณ์ที่5.

ถ้าต้องการวิเคราะห์หาปริมาณ กรดไขมัน $C_{15}H_{31}COOH$ ที่ระเหยยากด้วยเทคนิค Gas chromatography

10. ผู้เรียนต้องเตรียมสารตัวอย่างก่อนจึงจะสามารถวิเคราะห์ ได้ ผู้เรียนมีวิธีเตรียมตัวอย่างนี้อย่างไร

11. ในการวิเคราะห์ผู้เรียนจำเป็นต้องเลือกใช้ตัวตรวจหา(detector) ที่เหมาะสม ผู้เรียนคิดว่าตัวตรวจหาชนิดใดที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ครั้งนี้ และ ตัวตรวจวัด(detector)ดังกล่าวมีหลักการทำงานอย่างไร

ภาคผนวก ง

1. ตารางแสดงผลการวิเคราะห์แบทดสอบแบบเลือกตอบด้วย TAP

2. แบบประเมินความเที่ยงตรงของแบบทดสอบแบบเขียนตอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์แบทดสอบแบบเลือกตอบด้วย TAP

ข้อ	ความยากง่าย(P)	อำนาจจำแนก(r)	IOC	ความหมาย
1	0.55	0.35	0.80	เลือก
2	0.30	0.30	1.00	ไม่เลือก
3	0.72	0.10	1.00	ไม่เลือก
4	0.25	0.38	0.80	เลือก
5	0.07	-0.01	0.60	ไม่เลือก
6	0.78	0.42	0.60	เลือก
7	0.53	0.60	0.80	เลือก
8	0.60	0.52	1.00	เลือก
9	0.10	0.08	0.80	ไม่เลือก
10	0.72	0.42	1.00	เลือก
11	0.65	0.26	0.80	เลือก
12	0.93	0.25	0.80	ไม่เลือก
13	0.10	0.07	1.00	ไม่เลือก
14	0.38	0.04	0.80	ไม่เลือก
15	0.75	0.27	0.80	เลือก
16	0.55	0.76	1.00	เลือก
17	0.47	0.52	0.80	เลือก
18	0.80	0.42	1.00	เลือก
19	0.33	0.22	0.80	ไม่เลือก
20	0.07	0.08	1.00	ไม่เลือก

Mean Item Difficulty = 0.486

KR20 (Alpha) = 0.483

หมายเหตุ TAP: Test Analysis Program (version 6.65)

แบบประเมินความเที่ยงตรงของแบบทดสอบแบบเขียนตอบก่อนเรียนและหลังเรียน

โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

คำชี้แจง

ตอนที่ 1 แบบประเมินความเที่ยงตรงของแบบแบบทดสอบแบบเขียนตอบก่อนเรียนและหลังเรียนของโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น โดยมีจุดประสงค์ให้ท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญ ได้กรุณาพิจารณาความเที่ยงตรง ด้านเนื้อหา โครงสร้างของแบบทดสอบแบบเขียนตอบ โดยมีเกณฑ์พิจารณาลงความเห็นและให้คะแนน ดังนี้

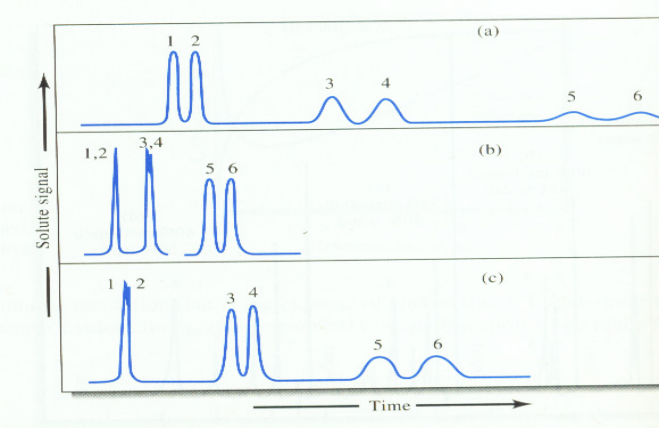
ให้คะแนน +1 เมื่อแบบทดสอบมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและโครงสร้าง

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและโครงสร้าง

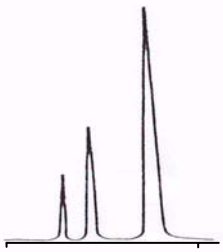
ให้คะแนน -1 เมื่อแบบทดสอบมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและโครงสร้าง

แบบประเมินความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและเชิงโครสร้าง

คำชี้แจง: ให้ท่านพิจารณาว่าเที่ยงตรง ของแบบทดสอบแบบเลือกตอบ มีความเที่ยงมากน้อยเพียงใด แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องการประเมินให้ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ข้อ	คำถาม / ประเด็นที่พิจารณา	ความเที่ยงตรง					
		ตามเนื้อหา			เชิงโครงสร้าง		
		+1	0	-1	+1	0	-1
	สถานการณ์ที่1. การแยกองค์ประกอบของสารผสม 6 ชนิด 1,2,3,4,5,6 ในสภาวะที่แตกต่างกัน (a) (b) และ (c) ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพ 						
1.	แต่ละสภาวะที่แตกต่างกัน (a) (b) และ (c)เหมาะสมสำหรับแยกสารแต่ละคู่อย่างไร						
2.	ผู้เรียนคิดว่ามีความเป็นไปได้ในการหาสภาวะที่เหมาะสมเพียงสภาวะเดียวในการแยองค์ประกอบทั้ง 6 ชนิดในสารผสม หรือไม่ เพราะเหตุใด						

ข้อ	คำถาม / ประเด็นที่พิจารณา	ความเที่ยงตรง					
		ตามเนื้อหา			เชิงโครงสร้าง		
		+1	0	-1	+1	0	-1
	สถานการณ์ที่2. ให้ผู้เรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ “ เทคนิคคอลัมน์แบบเปิดใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง (TLC) และเทคนิค TLC ใช้ประโยชน์ได้มากกว่า เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ”						
3.	ข้อความข้างต้นถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด						
4.	ให้เปรียบเทียบหลักการของเทคนิคทั้งสามว่ามีความเหมือนหรือความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง						
	สถานการณ์ที่3. ให้ผู้เรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม “น้ำกระด้างคือน้ำที่มีเกลือของแคลเซียม แมกนีเซียมและ เหล็กอยู่มากเราสามารถแก้ไขได้ด้วยการทำเทคนิคการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange)ไปใช้ขจัดความกระด้างของน้ำได้”						
5.	ผู้เรียนจะเลือกใช้เรซินชนิดแอนไอออนหรือแคทไอออน เพราะเหตุใด						
6.	ค่า pH ของสารละลายมีผลอย่างไรต่อการแยกด้วย						
7.	เทคนิคไอออนเอกซ์เชนจ์ผู้ผลิตเครื่องกรองน้ำแนะนำว่าเมื่อใช้เครื่องกรองน้ำประมาณ1-2 เดือนให้นำเรซินไปแช่ในน้ำเกลือแกง เพราะเหตุใด						

ข้อ	คำถาม / ประเด็นที่พิจารณา	ความเที่ยงตรง					
		ตามเนื้อหา			เชิงโครงสร้าง		
		+1	0	-1	+1	0	-1
	สถานการณ์ที่4. ยาแก้ปวดมีส่วนผสมของแอสไพริน คาเฟอีน และฟีนาเซตินถ้าต้องการวิเคราะห์หาปริ ด HPLC เมื่ 						
8.	ผู้เรียนจะต้องทำอย่างไรจึงจะทราบว่าพีกใดเป็นของแอสไพริน						
9.	ให้ผู้เรียนอธิบายวิธีการหาปริมาณของแอสไพรินด้วยวิธี standard addition calibration curve						
	สถานการณ์ที่5. ถ้าต้องการวิเคราะห์หาปริมาณ กรดไขมัน $C_{15}H_{31}COOH$ ที่ระเหยยากด้วยเทคนิค Gas chromatography						
10.	ผู้เรียนต้องเตรียมสารตัวอย่างก่อนจึงจะสามารถวิเคราะห์ ได้ ผู้เรียนมีวิธีเตรียมตัวอย่างนี้ อย่างไร						
11.	ผู้เรียนคิดว่าตัวตรวจหาชนิดใดที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์และ ตัวตรวหาดังกล่าวมีหลักการอย่างไร						

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก จ

แบบประเมินเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบ ชนิดเขียนตอบ

แบบประเมินเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบ ชนิดเขียนตอบ โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

คำชี้แจง

ตอนที่ 1 แบบประเมินความถูกต้องของเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบแบบเขียนตอบก่อนเรียนและหลังเรียนของโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น โดยมีจุดประสงค์ให้ท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญ ได้กรุณาพิจารณา ความถูกต้องของเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบแบบเขียนตอบในแต่ละด้าน โดยมีเกณฑ์พิจารณาลงความเห็นและให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแบบทดสอบมีความถูกต้อง

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าความถูกต้อง

ให้คะแนน -1 เมื่อแบบทดสอบไม่มีความถูกต้อง

ตอนที่ 2 แบบประเมินความถูกต้องและความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบแบบเขียนตอบก่อนเรียนและหลังเรียนของโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น โดยมีจุดประสงค์ให้ท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญ ได้กรุณาพิจารณา ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบแบบเขียนตอบในแต่ละด้าน โดยมีเกณฑ์พิจารณาลงความเห็นและให้คะแนน ดังนี้

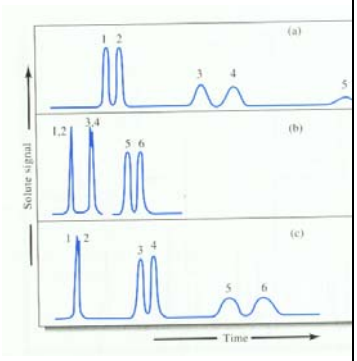
ให้คะแนน +1 เมื่อแบบทดสอบมีความเหมาะสม

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าความเหมาะสม

ให้คะแนน -1 เมื่อแบบทดสอบไม่มีและความเหมาะสม

แบบประเมินเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบแบบเขียนตอบ ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้

ตารางแบบประเมินเกณฑ์การให้คะแนน

แบทดสอบและเกณฑ์การให้คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน	ความถูกต้อง			ความเหมาะสม		
		+1	0	-1	+1	0	-1
สถานการณ์ที่ 1พิจารณา การแยกองค์ประกอบของสารผสม 6 ชนิด 1,2,3,4,5,6 ในสภาวะที่แตกต่างกัน (a) (b) และ (c)ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาพ  **จงตอบคำถามต่อไปนี้** 1.แต่ละสภาวะที่แตกต่างกัน (a) (b) และ (c)เหมาะสมสำหรับแยกสารแต่ละคู่อย่างไร	**1. แนวทางการตอบ** สภาวะ a แยกสาร 1,2 สภาวะ b แยกสาร 5,6 สภาวะ c แยกสาร 3,4 **1.เกณฑ์การให้คะแนน** ได้คะแน 0 เมื่อตอบ ผิดหรือไม่ตอบ ได้คะแนน 1 เมื่อตอบถูก 1 สถาวะ ได้คะแนน 2 เมื่อตอบถูก 2 สถาวะ ได้คะแนน 3 เมื่อตอบถูก 3 สถาวะ ได้คะแนน 4 เมื่อตอบถูก 3 สถาวะ และแสดงเหตุผลอย่างถูกต้อง						

แบทดสอบและเกณฑ์การให้คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน	ความถูกต้อง			ความเหมาะสม		
		+1	0	-1	+1	0	-1
สถานการณ์ที่ 1(ต่อ) **2. ผู้เรียนคิดว่ามีความเป็นไปได้ในการหาสภาวะที่เหมาะสมเพียงสภาวะเดียวในการแยกองค์ประกอบทั้ง 6 ชนิดในสารผสม หรือไม่ เพราะเหตุใด**	**2. แนวทางการตอบ** ในกรณีนี้เป็นไปไม่ได้ที่จะใช้สภาวะที่เหมาะสมเพียงสภาวะเดียวในการแยกองค์ประกอบทั้ง 6 ชนิดในสารผสม เพราะไม่มีการแยกในสภาวะใดทั้ง 3 สภาวะที่สามารถแยกองค์ประกอบทั้ง 6 ชนิดในสารผสมนั้นๆ ออกมาได้ ในการวิเคราะห์ทางโครมาโทกราฟีต้องคำนึงถึงค่าการแยก (Resolution)ของโครมาโทแกรมและค่าความไว(sensitivity)ที่ต้องมีค่าสูง แต่พบว่าทั้ง 3 สภาวะไม่สามารถทำให้ได้โครมาโทแกรมที่มีค่าการแยก(Resolution) และค่าความไว(sensitivity)ที่มีค่าสูงพร้อมกันได้ เช่น (a) มีค่าการแยกดีแต่ค่าความไว(sensitivity) ต่ำ หรือ (b) มีค่าความไว(sensitivity)ที่มีค่าสูง แต่ค่าการแยกต่ำ เป็นต้น **เกณฑ์การให้คะแนน** ได้คะแน 0 เมื่อตอบ ผิดทั้งหมดหรือไม่ตอบ ได้คะแนน 1 เมื่อตอบว่าไม่ได้แต่ไม่ตอบเหตุผลหรือให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ได้คะแนน 2 เมื่อตอบว่าไม่ได้และให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน ได้คะแนน 3 เมื่อตอบว่าไม่ได้และให้เหตุผลถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ ได้คะแนน 4 เมื่อตอบว่าไม่ได้และให้เหตุผลถูกต้องทั้งหมด						

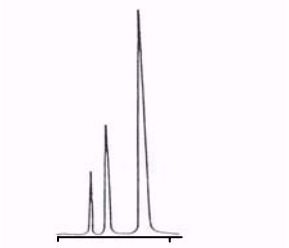
แบทดสอบและ เกณฑ์การให้คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน	ความถูกต้อง			ความเหมาะสม		
		+1	0	-1	+1	0	-1
สถานการณ์ที่ 2. พิจารณาข้อความต่อไปนี้ เทคนิคคอลัมน์แบบเปิดใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง(TLC) , เทคนิค TLC ใช้ประโยชน์ได้มากกว่า เทคนิคโครมาโทรกราฟีแบบกระดาษ(paper chromatography) **3. ผู้เรียนคิดว่าข้อความข้างต้นถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด**	**แนวทางการตอบ** ถูกต้อง เพราะ เทคนิคคอลัมน์แบบเปิด มีกลไกแบบ partition หรือ adsorption หรือ ion-exchange chromatography ก็ได้ขึ้นกับชนิดของสารที่บรรจุในคอลัมน์ ทำให้สามารถวิเคราะห์สารตัวอย่างได้อย่างกว้างขวางและยังสามารถใช้เฟสเคลื่อนที่ได้หลากหลาย และสามารถกำหนดและ เปลี่ยนแปลงโพลาริตี้ของตัวทำละลายได้อย่างต่อเนื่อง วิเคราะห์ได้ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณนอกจากนี้เทคนิคคอลัมน์แบบเปิดใช้ประโยชน์ได้ดีในการแยกสารจำนวนมากให้สารบริสุทธิ์ เทคนิค TLC ใช้ประโยชน์ได้มากกว่า เทคนิค paper chromatography คือ ใช้เวลาในการทดลองน้อยกว่า เลือกเฟสคงที่ได้หลายชนิดกว่า วิเคราะห์ลิปิด(lipid) ได้ดีกว่า และสามารถใช้ตัวทำละลายที่กัดกร่อนอย่างแรงเช่นซัลฟูริกเข้มข้นได้						

แบทดสอบและ เกณฑ์การให้คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน	ความถูกต้อง			ความเหมาะสม		
		+1	0	-1	+1	0	-1
สถานการณ์ที่ 2 (ต่อ) 4. ให้ผู้เรียนเปรียบเทียบหลักการของเทคนิคทั้งสามว่ามีความเหมือนหรือความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง	**4. แนวทางการตอบ**ในด้านกลไกการแยกเทคนิค paper chromatographyเป็นกลไกแบบ partition หรือ Liquid-liquid chromatography เทคนิค TLC เป็นกลไกแบบ adsorption หรือ Liquid-solid chromatography ส่วนเทคนิคคอลัมน์แบบเปิดมีกลไกแบบ partition หรือ adsorption หรือ ion-exchange chromatography ก็ได้ขึ้นกับชนิดของสารที่บรรจุในคอลัมน์ ด้านปริมาณสารตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์เทคนิค paper chromatography และเทคนิค TLCใช้สารใช้ตัวอย่างปริมาณน้อยและใช้เวลาน้อยกว่าเทคนิคคอลัมน์แบบเปิด ส่วนใหญ่เทคนิค paper chromatography และเทคนิค TLCใช้ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพมากกว่าเชิงปริมาณ ด้านวัฏภาคคงที่ พบว่า เทคนิค paper chromatography คือ น้ำที่เกาะอยู่บนเซลล์ลูโลส แต่เทคนิค TLC ใช้วัฏภาคคงที่ได้หลายชนิดกว่า paper chromatography ได้แก่ ซิลิกาเจล อลูมินา ผงเซลลูโลส เป็นต้น นอกจากนี้เทคนิคคอลัมน์แบบเปิดมีวัฏภาคคงที่ที่มากชนิดกว่าเทคนิค TLCขึ้นกับกลไกการแยกสาร ด้านวัฏภาคเคลื่อนที่ เทคนิค TLCและเทคนิคคอลัมน์แบบเปิดใช้หลากหลายชนิดกว่าเทคนิค paper chromatography						

แบทดสอบและเกณฑ์การให้คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน	ความถูกต้อง			ความเหมาะสม		
		+1	0	-1	+1	0	-1
สถานการณ์ที่ 2 (ต่อ) **4. ให้ผู้เรียนเปรียบเทียบหลักการของเทคนิคทั้งสามว่ามีความเหมือนหรือความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง** **สถานการณ์ที่ 3. น้ำกระด้างคือน้ำที่มีเกลือของแคลเซียม แมกนีเซียมและ เหล็กอยู่มากเราสามารถแก้ไขได้ด้วยการทำเทคนิคไอออนเอกซ์เชนจ์ไปใช้ขจัดความกระด้างของน้ำได้ ผู้เรียนจงตอบคำถามต่อไปนี้** **5. ผู้เรียนจะเลือกใช้เรซินชนิดแอนไอออนหรือแคตไอออนเพราะเหตุใด**	**4.เกณฑ์การให้คะแนน** ได้คะแน 0 เมื่อตอบ ผิดหรือไม่ตอบ ได้คะแนน 1 เมื่อเปรียบเทียบถูกต้อง 1 ด้าน ได้คะแนน 2 เมื่อเปรียบเทียบถูกต้อง 2 ด้าน ได้คะแนน 3 เมื่อเปรียบเทียบถูกต้อง 3 ด้าน ได้คะแนน 4 เมื่อเปรียบเทียบถูกต้อง 4 ด้าน **5.แนวทางการตอบ** ใช้ ชนิดแคตไอออน เพราะต้องการขจัดความกระด้างของน้ำที่เกิดจากแคทไอออนได้แก่ไอออนแคลเซียม แมกนีเซียมและ เหล็ก **เกณฑ์การให้คะแนน** ได้คะแน 0 เมื่อตอบ ผิดทั้งหมดหรือไม่ตอบ ได้คะแนน 1 เมื่อตอบชนิดแคตไอออนแต่ไม่ตอบเหตุผลหรือให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ได้คะแนน 2 เมื่อตอบชนิดแคตไอออนและให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน ได้คะแนน 3 เมื่อตอบชนิดแคตไอออนและให้เหตุผลถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ ได้คะแนน 4 เมื่อตอบชนิดแคตไอออนและให้เหตุผลถูกต้องทั้งหมด						

แบทดสอบและเกณฑ์การให้คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน	ความถูกต้อง			ความเหมาะสม		
		1	0	-1	+1	0	-1
สถานการณ์ที่ 3 (ต่อ) **6. ค่า pH ของสารละลายมีผลอย่างไรต่อการแยกด้วยเทคนิคไอออนเอกซ์เชนจ์**	**6.แนวทางการตอบ** มีผลคือ ไอออนที่เป็นคู่กรดหรือคู่เบสของเบสอ่อนและกรดอ่อน พบว่า pH จะมีผลทำให้ไอออนนั้นมาอยู่ในสภาพของกรดหรือเบสที่แตกตัวได้น้อย ทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนลดลง ทำให้ค่ารีเทนชันไทม์ของไอออนนั้นลดลง เนื่องจากกรดอ่อนหรือเบสอ่อนแต่ละชนิดมีค่าคงที่ของการแตกตัวต่างกัน ดังนั้น pH จึงมีผลต่อไอออนของกรดและเบสได้แตกต่างกัน และการควบคุม pH ของสารละลายทำให้เกิดการแยกของไอออนต่างๆได้ **เกณฑ์การให้คะแนน** ได้คะแน 0 เมื่อตอบ ผิดทั้งหมดหรือไม่ตอบ ได้คะแนน 1 เมื่อตอบว่าpH มีผลต่อการแยกแต่ไม่ตอบเหตุผลหรือให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ได้คะแนน 2 เมื่อตอบว่าpH มีผลต่อการแยกและให้เหตุผลถูกต้องบางส่วน ได้คะแนน 3 เมื่อตอบว่าpH มีผลต่อการแยกและให้เหตุผลถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ ได้คะแนน 4 เมื่อตอบว่าpH มีผลต่อการแยกและให้เหตุผลถูกต้องทั้งหมด						

แบทดสอบและ เกณฑ์การให้คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน	ความถูกต้อง			ความเหมาะสม		
		+1	0	-1	+1	0	-1
สถานการณ์ที่ 3 (ต่อ) **7. ผู้ผลิตเครื่องกรองน้ำแนะนำว่าเมื่อใช้เครื่องกรองน้ำประมาณ1-2 เดือน ให้นำเรซินไปแช่ในน้ำเกลือแกง ทำไมต้องทำเช่นนั้น**	**7.แนวทางการตอบ** เรซินชนิด แคตไอออนมีลักษณะเป็นเม็ดกลมๆ (bead)ที่มีหมู่ของกรดเป็นหมู่ฟังก์ชันนอลเมื่อละลายใน เกลือแกงจะได้เรซินในรูปของเกลือโซเดียม ทำให้เรซินพองตัวขึ้นสามารถนำไปแลกเปลี่ยนกับแคตไอออนอื่นๆได้ดี **$RCOOH + Na^+ + Cl^- \longrightarrow RCOO^-Na^+ + HCl$** **$n\ RCOO^-Na^+ + M^{n+} \longrightarrow (RCOO-)_n\ M^{n+} + nNa^+$** **เกณฑ์การให้คะแนน** ได้คะแน 0 เมื่อตอบ ผิดทั้งหมดหรือไม่ตอบ ได้คะแนน 1 เมื่อให้เหตุผลบางส่วน ได้คะแนน 2 เมื่อให้เหตุผลถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ ได้คะแนน 3 เมื่อให้เหตุผลถูกต้องทั้งหมด ได้คะแนน 4 เมื่อให้เหตุผลถูกต้อง ทั้งหมดพร้อมทั้งแสดงสมการหรือตัวอย่าง						

แบทดสอบและ เกณฑ์การให้คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน	ความถูกต้อง			ความเหมาะสม		
		+1	0	-1	+1	0	-1
สถานการณ์ที่ 4. ยาแก้ปวดมีส่วนผสมของแอสไพริน คาเฟอีน และฟีนาเซติน ถ้าต้องการหาปริมาณของแอสไพรินในยาแก้ปวดด้วยเทคนิค HPLC  **8. ผู้เรียนจะต้องทำอย่างไรจึงจะทราบว่าพีกใดเป็นของแอสไพริน**	**8.แนวทางการตอบ** ใช้วิธีเปรียบเทียบค่า retention time ของสารตัวอย่างกับสารมาตรฐาน โดยเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์สารตัวอย่างก่อนจนได้การแยกที่ดี แล้วจึงใช้สารมาตรฐานวิเคราะห์ที่สภาวะเดียวกัน อีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันในการ identify peak ในโครมาโทแกรม คือ ใช้เทคนิคที่เรียกว่า “spiking” ซึ่งเป็นเทคนิคที่เหมาะในการที่จะบอกว่าพีกไหนเป็นของสารใดในของผสมที่ทราบชนิดต่างๆ ยาแก้ปวดมีส่วนผสมของแอสไพริน คาเฟอีน และฟีนาเซติน ถ้าต้องการทราบว่าพีกใดเป็นของแอสไพริน ต้องเติมแอสไพรินมาตรฐานลงในสารละลายของยาแก้ปวดแล้ถ้าพีกใดมีพื้นที่ใต้พีกหรือความสูงของพีกเพิ่มขึ้นแสดงว่าพีกนั้นเป็นของแอสไพริน **เกณฑ์การให้คะแนน** ได้คะแน 0 เมื่อตอบ ผิดทั้งหมดหรือไม่ตอบ ได้คะแนน 1 เมื่อตอบถูกต้อง 1 วิธี ได้คะแนน 2 เมื่อให้ตอบถูกต้อง 1 วิธีพร้อมอธิบายหรือยกตัวอย่างให้เห็นชัดเจน ได้คะแนน 3 เมื่อตอบถูกต้อง 2 วิธี ได้คะแนน 4 เมื่อให้ตอบถูกต้อง 2 วิธีพร้อมอธิบายหรือยกตัวอย่างให้เห็นชัดเจน						

แบทดสอบและเกณฑ์การให้คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน	ความถูกต้อง			ความเหมาะสม		
		+1	0	-1	+1	0	-1
9. ให้ผู้เรียนแสดงวิธีการหาปริมาณของแอสไพริน ด้วยวิธี standard addition calibration curve	**9.แนวทางการตอบ** standard addition calibration curve สร้างโดยการเติมสารมาตรฐานของแอสไพรินที่มีปริมาณต่างๆ กันตามที่กำหนดลงไปในสาร ตัวอย่างเช่นบีกเกอร์ที่ 1 =1ml ,บีกเกอร์ที่ 2 = 2 ml ,บีกเกอร์ที่ 3 = 3ml เป็นต้น สารตัวอย่างในการทดลองนี้ คือ สารละลายของยาแก้ปวดที่มีปริมตรเท่ากัน แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วย เทคนิค HPLC แล้ววัดพื้นที่พีก จากนั้นนำมาเขียนกราฟกับปริมาณของสารมาตรฐานที่เติมจะได้กราฟ จุดตัดแกน X คือปริมาณของแอสไพรินในสาร **9.เกณฑ์การให้คะแนน** -ได้คะแน 0 เมื่อตอบ ผิดทั้งหมดหรือไม่ตอบ -ได้คะแนน 1 เมื่อแสดงวิธีการได้ถูกต้องบางส่วน -ได้คะแนน 2 เมื่อแสดงวิธีการได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ -ได้คะแนน 3 เมื่อแสดงวิธีการได้ถูกต้องทั้งหมด -ได้คะแนน 4 เมื่อให้เหตุผลถูกต้องทั้งหมดพร้อมทั้งแสดงกราฟการหาปริมาณได้ถูกต้อ						

แบทดสอบและเกณฑ์การให้คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน	ความถูกต้อง			ความเหมาะสม		
		+1	0	-1	+1	0	-1
สถานการณ์ที่ 5. ถ้าต้องการวิเคราะห์หาปริมาณ กรดไขมัน $C_{15}H_{31}COOH$ ที่ระเหยยากด้วยเทคนิค Gas chromatography ให้ผู้เรียนตอบคำถามต่อไปนี้ **10. ผู้เรียนจะต้องเตรียมสารตัวอย่าง อย่างไรให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์ด้วย GC**	**10. แนวการตอบ** เนื่องจากกรดไขมัน $C_{15}H_{31}COOH$ มีจุดเดือดสูงไม่สามารถวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC ได้เราสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยการเตรียมสารตัวอย่างในรูปของอนุพันธุ์ด้วยปฏิกิริยา Alkylation ได้เป็น esters ดังนี้ $RCOOH + BF_3$ /MeOH ⟶ $RCOOMe_3$ **เกณฑ์การให้คะแนน** -ได้คะแน 0 เมื่อตอบ ผิดทั้งหมดหรือไม่ตอบ -ได้คะแนน 1 เมื่อให้เหตุผลบางส่วน -ได้คะแนน 2 เมื่อให้เหตุผลถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ -ได้คะแนน 3 เมื่อให้เหตุผลถูกต้องทั้งหมด -ได้คะแนน 4 เมื่อให้เหตุผลถูกต้องทั้งหมดพร้อมทั้งแสดงสมการหรือตัวอย่าง						

แบทดสอบและเกณฑ์การให้คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน	ความถูกต้อง			ความเหมาะสม		
		+1	0	-1	+1	0	-1
สถานการณ์ที่ 5 (ต่อ) **11. ให้ผู้เรียนเลือกใช้ ตัวตรวจวัด(detector) ที่เหมาะสมพร้อมทั้งอธิบายหลักการของตัวตรวจวัด (detector) นั้น ๆ**	**11. แนวทางการตอบใช้** เฟลมไอออไนเซชันดีเทคเตอร์ (Flame Ionization Detector = FID) เป็นดีเทคเตอร์ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการตรวจหาพวกสารประกอบอินทรีย์ หลักการ ลักษณะของ FID แก๊สไฮโดรเจนจะถูกจุดให้ติดไฟด้วย heater ไฟฟ้า ซึ่งอยู่ใกล้ ๆ กับ Flame jet ส่วนอากาศที่ผ่านเข้าไปทำหน้าที่สองอย่าง คือ ช่วยการเผาไหม้ของไฮโดรเจนและช่วยพาให้แก๊สที่เผาไหม้แล้วออกไป **<u>เกณฑ์การให้คะแนน</u>** -ได้คะแน 0 เมื่อตอบ ผิดทั้งหมดหรือไม่ตอบ -ได้คะแนน 1 เมื่อบอกชนิดของตัวตรวจหาของGC และเหตุผลในการเลือกตัวตรวจวัดได้ -ได้คะแนน 2 เมื่อบอกชนิดของตัวตรวจหาของGCและเหตุผลในการเลือกตัวตรวจวัดได้พร้อมทั้งอธิบายหลักการถูกต้องบางส่วน -ได้คะแนน 3 เมื่อบอกชนิดของตัวตรวจหาของGCและเหตุผลในการเลือกตัวตรวจวัดได้พร้อมทั้งอธิบายหลักการถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ -ได้คะแนน 4 เมื่อบอกชนิดของตัวตรวจหาของGCและเหตุผลในการเลือกตัวตรวจวัดได้พร้อมทั้งอธิบายหลักการถูกต้องทั้งหมด						

ตอนที่ 3 แบบประเมินเกณฑ์การให้คะแนนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การตรวจให้คะแนนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงโดยการเรียนรู้ด้วยโมดูลการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น ที่ใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบพิจารณาองค์รวม

ตาราง เกณฑ์การตรวจให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

คะแนน	การแสดงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความถูกต้อง			ความเหมาะสม		
		+1	0	-1	+1	0	-1
4	- แสดงถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ได้แก่ การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความ หมายและลงข้อสรุป 7-9 ด้าน						
3	- แสดงถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง 4-6 ด้าน						
2	- แสดงถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง 1-3 ด้าน						
1	- แสดงถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ได้ไม่ชัดเจน แต่มีสิ่งบ่งชี้ถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละขั้นของวัฏจักรหรือผลการคิดค้น						
0	- ไม่แสดงออกถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ - ไม่เขียนหรือไม่ตอบ						

ตอนที่ 4 แบบประเมินเกณฑ์การให้คะแนนด้านความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์

การตรวจให้คะแนนด้านความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์เมื่อเรียนรู้ด้วยโมดูลการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น ที่ใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบพิจารณาองค์รวม

ตาราง เกณฑ์การตรวจให้คะแนนด้านความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์

คะแนน	การแสดงความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์	ความถูกต้อง			ความเหมาะสม		
		+1	0	-1	+1	0	-1
4	- แสดงออกถึงความสามารถในด้านการเปรียบเทียบ การประยุกต์ใช้ การตีความหมายของข้อมูล แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล การสรุปหลักการ และการตัดสินใจทั้งในกระบวนการเรียนรู้และผลของการเรียนรู้ครบ 5-6 ด้าน						
3	- แสดงออกถึงความสามารถในด้านการเปรียบเทียบ การประยุกต์ใช้ การตีความหมายของข้อมูล แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล การสรุปหลักการ และการตัดสินใจทั้งในกระบวนการเรียนรู้และผลของการเรียนรู้เป็นส่วนใหญ่ 3-4 ด้าน						
2	- แสดงออกถึงความสามารถในด้านการเปรียบเทียบ การประยุกต์ใช้ การตีความหมายของข้อมูล แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล การสรุปหลักการ และการตัดสินใจทั้งในกระบวนการเรียนรู้และผลของการเรียนรู้บางส่วน 1-2 ด้าน						
1	- แสดงออกถึงความสามารถในด้านการเปรียบเทียบ การประยุกต์ใช้ การตีความหมายของข้อมูล แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล การสรุปหลักการ และการตัดสินใจทั้งในกระบวนการเรียนรู้และผลของการเรียนรู้ไม่ชัดเจน แต่มีสิ่งบ่งชี้ถึงความสามารถในการคิดวิจารณญาณ						
0	- ไม่แสดงออกถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ - ไม่เขียนหรือไม่ตอบ						

ตอนที่ 4 แบบสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับเกณฑ์การให้คะแนน

คำชี้แจง : ขอให้ท่านได้โปรดแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขโครงร่างหลักสูตรให้ดีขึ้นก่อนที่จะนำไปทดลองใช้ต่อไป

1. เกณฑ์การให้คะแนนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

……

……

ข้อ 1. ……

……

……

……

ข้อ 2. ……

……

……

……

ข้อ 3. ……

……

……

……

ข้อ 4. ……

……

……

……

ข้อ 5. ……

……

……

……

ข้อ 6. ……

……

……

……

ข้อ 7. .....

.....

.....

.....

ข้อ 8. .....

.....

.....

.....

ข้อ 9. .....

.....

.....

.....

ข้อ 10. .....

.....

.....

.....

ข้อ 11. .....

.....

.....

.....

2. เกณฑ์การให้คะแนนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

3. เกณฑ์การให้คะแนนด้านความสามารถในการคิดวิจารณญาณทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

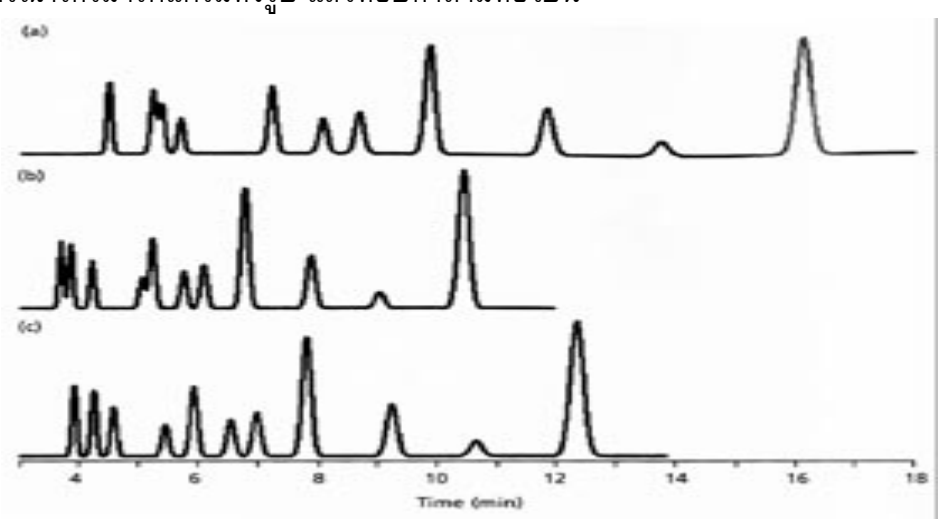
.....

ภาคผนวก ฉ

แบบทดสอบระหว่างการเรียนรู้

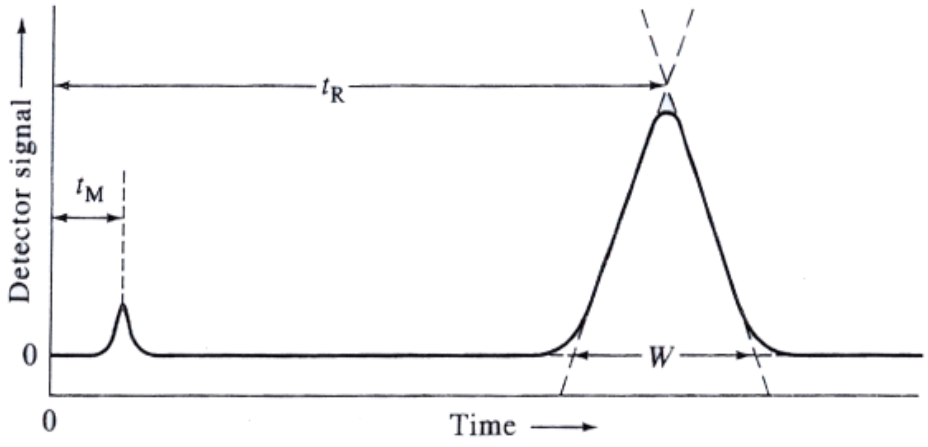
แบทดสอบหลังเรียนตอนที่ 1

คำชี้แจง ผู้เรียนจงตอบคำถามต่อไปนี้ เวลา 8.30-9.30 น. คะแนน 30 คะแนน คิด จง พิจารณาโครมาโทแกรมดังรูป แล้วตอบคำถามต่อไปนี้



ผู้เรียนอธิบายและเปรียบเทียบค่าการแยก (Resolution) ในกรณี a ,b และ c ได้อย่างไร
จากผลการทดลองข้าง ให้ผู้เรียนสรุปว่าสภาวะใดเหมาะสมที่สุด เพราะอะไร
ผู้เรียนคาดว่าปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อค่าการแยก
ถ้าโครมาโทรแกรมที่ได้กว้างมาก(Band broadening) ผู้เรียนจะอธิบายด้วยทฤษฎีใด อย่างไร

2. จงคำนวณหาค่าจำนวนเพลตตามทฤษฎีและ height plate สำหรับคอลัมน์ที่มีความยาว 50.0cm ซึ่งให้โครมาโทแกรมดังรูป



แบทดสอบหลังเรียนตอนที่ 2

คำชี้แจง แบทดสอบหลังเรียนตอนที่ 2 มีแบทดสอบจำนวน 2 ข้อ

1. จากการศึกษาเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ ผู้เรียนจงตอบคำถามต่อไปนี้

   1.1 กลไกการแยกของเทคนิคนี้เป็นอย่างไร อย่างไร

   1.2 เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษถ้าทำการทดลองโดยใช้กระดาษที่แตกต่างกันคือ ความละเอียดมาก ปานกลางและหยาบ โดยเฟสที่เคลื่อนที่และสารตัวอย่างชนิดเดียวกัน ผู้เรียนคิดว่าจะได้ผลการทดลองอย่างไร เพราะอะไร

   1.3.อธิบายหลักการเลือกวัฏภาคเคลื่อที่ และผลของวัฏภาคเคลื่อที่ที่มีต่อการแยกสาร

   1.4 เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษมีวิธีการใส่สารตัวอย่างแบบจุด(spot)ให้ผู้เรียนอธิบายวิธีการทำและถ้าจุดสารตัวอย่างมีขนาดใหญ่จะมีผลต่อการแยกอย่างไร

2. หลังการทำดีเวลลอป paper chromatography ปรากฏว่า solvent front 15.5 cm สารประกอบชนิดที่ 1, 2 และ 3 เคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น ได้11.6 , 5.6 และ1.5 cm ตามลำดับ จงคำนวณหาค่า R_f ของสารประกอบแต่ละชนิดจากค่าที่คำนวณได้ผู้เรียนคิดว่าสภาวะของการแยกและค่าการแยกเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

แบทดสอบหลังเรียนตอนที่ 3

คำชี้แจง แบทดสอบหลังเรียนตอนที่ 3 มีแบทดสอบจำนวน 3 ข้อ
จากการศึกษาเรื่องเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง ผู้เรียนจงตอบคำถามต่อไปนี้

1. กลไกการแยกของเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษและแบบเยื่อบาง เหมือนหรือแตกต่างกัน หรือไม่ อย่างไร
2. เพราะเหตุใดในการแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางจึงต้องทำให้อยู่ในสภาวะสมดุลของไอตัวทำละลาย
3. จงเปรียบเทียบความแตกต่างของเทคนิคTLCและ HPTLC

แบทดสอบหลังเรียนตอนที่ 4

คำชี้แจง แบทดสอบหลังเรียนตอนที่1 มีแบทดสอบจำนวน 3 ข้อ

ให้ผู้เรียนอธิบายความหมายของคำต่อไปนี้ สารประกอบชนิดที่

1.1 counter ion

1.2 exchange capacity

1.3 pore

1.4 dual column IC

1.5 ion exchange group

2. เมื่อต้องการแยกสารจำพวกกรดคาร์บอกซิลิก

2.1 ผู้เรียนคิดว่าควรใช้เรซินชนิดใด และสารละลายตัวอย่างควรมีค่า เท่าไร เพราะอะไร

2.2 จงทำนายว่ากรดคาร์บอกซิลิกที่มีค่า pKa เท่ากับ 4 และ 5 สารใดจะถูกอีลูทออกจากคอลัมน์ก่อน เพราะอะไร

3. น้ำกระด้างคือน้ำที่มีเกลือของแคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็กอยู่มาก เราสามารถแก้ไขได้ด้วยการกรองน้ำด้วยเครื่องกรองน้ำที่ใช้เรซินเป็นวัฏภาคนิ่ง ผู้เรียนตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 จงอธิบายหลักการในการกรองของเครื่องกรองน้ำ

3.2 ผู้เรียนจะเลือกใช้เรซินชนิดแอนไอออนหรือแคทไอออนเพราะอะไร

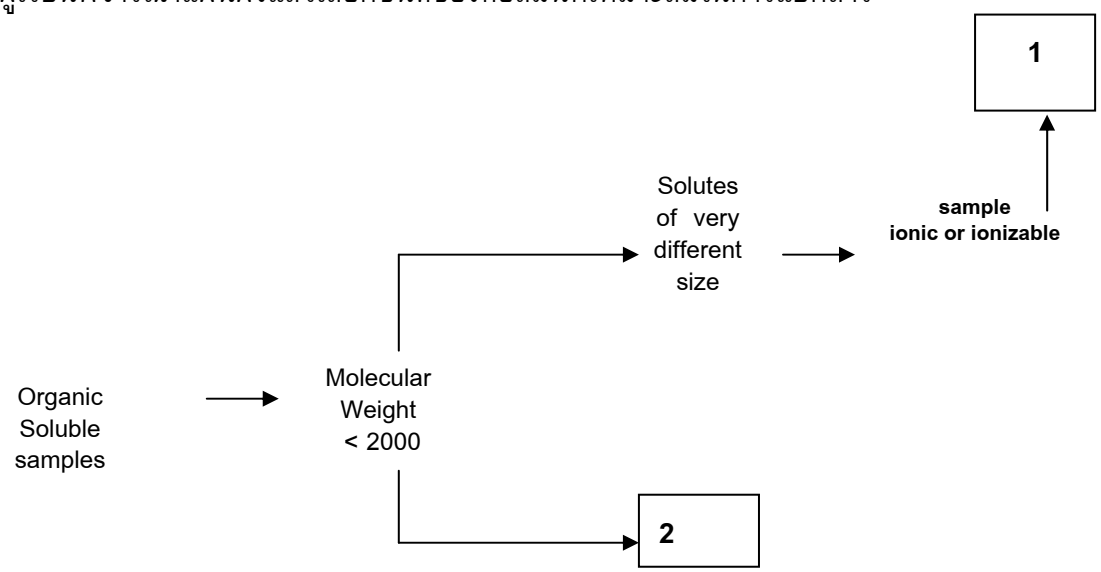
3.3 ผู้ผลิตเครื่องกรองน้ำแนะนำว่าเมื่อใช้เครื่องกรองน้ำประมาณ 1-2 เดือน ให้นำเรซินไปแช่ในน้ำเกลือแกง ทำไมต้องทำเช่นนั้น

แบทดสอบหลังเรียนตอนที่ 5

คำชี้แจง แบทดสอบหลังเรียนตอนที่ 5 มีแบทดสอบจำนวน 3 ข้อ

1. เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของคอลัมน์แบบเปิด และ HPLC

2. .ผู้เรียนพิจารณาแผนผังแล้วเลือกชนิดของคอลัมน์ที่เหมาะสมในการแยกสาร



ช่องว่าง 1และ2 คือ คอลัมน์ชนิดใด และผู้เรียนมีเหตุผลอย่างไรจึงเลือกคอลัมน์ชนิดนั้น

1……

……

2……

……

3.จงพิจารณาตัวตรวจวัดแต่ละชนิดต่อไปนี้ UV –detector , refractive index , fluorescence และ conductivity

3.1 ผู้เรียนคิดว่าตัวตรวจวัดชนิดที่มีความไว(sensitive)ที่สุดคือ.....

เพราะ.....

3.2 ผู้เรียนคิดว่าตัวตรวจวัดที่ใช้กว้างขวาง(universal)ที่สุดคือ.....

เพราะ.....

3.3 ผู้เรียนคิดว่าตัวตรวจวัดที่เหมาะสมในการตัววัดสารประกอบ อโรมาติกที่สุด คือ

.....

เพราะ.....

……

แบทดสอบหลังเรียนตอนที่ 6

1. ให้ผู้เรียนอ่านและพิจารณาบทความอย่างครบถ้วนและไตร่ตรอง

HPLC สามารถเพิ่มผลผลิต Ethanol ที่ใช้เป็นพลังงานทดแทน

(Gasohol) จากกระบวนการหมักได้อย่างไร

Waters Application Note: “Optimizing Ethanol production with High Performance Liquid Chromatography” , Waters Corporation, Milford U.S.A.

Ethanol พลังงานทดแทน

ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจกับการนำ Ethanol มาใช้เป็นพลังงานทางเลือกหรือพลังงานทดแทนน้ำมันเบนซิน (Gasoline) โดยผลิตจากวัตถุดิบการเกษตร Ethanol เมื่อนำมาใช้แล้วจะสร้างมลภาวะน้อยกว่าน้ำมันเบนซินทั่วไป เช่น ในประเทศบราซิล ปริมาณรถยนต์ 40% ขับเคลื่อนด้วยพลังงานจาก Ethanol 100% ที่เหลือจะเป็นรถที่ใช้น้ำมันที่มีส่วนผสมของ Ethanol ต่อ Gasoline เป็น 22 ต่อ 78 และในประเทศสหรัฐอเมริกามียานพาหนะประมาณ 12% ใช้ Gasoline ที่มีส่วนผสมของ Ethanol 10% และ Gasoline 90%

เพื่อสนองความต้องการ Ethanol ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว สหรัฐอเมริกาผลิต Ethanol มากกว่า 1,700 ล้านแกลลอนต่อปี มีโรงงานผลิต 60 โรงงานใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบหลัก และยังมีโรงงานผลิต Ethanol อีก 47 แห่ง ที่กำลังก่อสร้างและกำหนดเสร็จในปี 2548
อะไรเป็นสาเหตุที่มีการเพิ่มปริมาณผลิต Ethanol อย่างมากมายเช่นนี้ เหตุผลเนื่องจากต้องการลดการนำเข้าน้ำมัน และ Ethanol สามารถใช้แทนสารเพิ่ม octane (Oxygenate-additive) ที่ดี ที่ปัจจุบันใช้ MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) ผสมในน้ำมันเบนซิน MTBE เคยปนเปื้อนในน้ำดื่ม ซึ่งอาจทำให้ยกเลิกการใช้ในสหรัฐอเมริกา หากมีการยกเลิกแล้วปริมาณความต้องการของ Ethanol จะเพิ่มเป็น 3 เท่าทีเดียว

การผลิต Ethanol โดยวิธี Dry Milling

การผลิต Ethanol จากผลิตผลทางการเกษตร เช่น ข้าวโพด ฯลฯ ตามวิธี Dry-Milling มีหลายขั้นตอน แต่ละขั้นตอนต้องควบคุมอย่างดีเพื่อให้ได้ Yield สูงสุดและเวลาที่ใช้หมักสั้นที่สุด

ในการหมัก น้ำตาลจะเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ (โดยที่ของเหลวในการหมักประกอบด้วย น้ำตาล แอลกอฮอล์ แร่ธาตุและ กรดอินทรีย์ต่างๆ) กรดอินทรีย์เป็นตัวบ่งชี้ว่ามีแบคทีเรียปนเปื้อนในกระบวนการหมัก ซึ่งสามารถทำลายกระบวนการหมักได้ หากไม่ทราบ

HPLC เป็นเทคนิคที่สามารถนำมาใช้เพื่อควบคุมกระบวนการหมักโดยสามารถวัดปริมาณของน้ำตาลชนิดต่างๆ organic acid ชนิดต่างๆ และ แอลกอฮอล์ แยกกันเป็นเอกเทศในการ

วิเคราะห์เพียงฉีดตัวอย่างเพียง 1 ครั้ง ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาควบคุมคุณภาพตลอดกระบวนการในแต่ละครั้ง นอกจากนี้ ในการติดตั้งระบบผลิตใหม่ HPLC ยังสามารถช่วยให้ระบบผลิตติดขัดน้อยลง

HPLC กับการเพิ่มผลผลิต Ethanol

HPLC สามารถใช้ทดแทน วิธีการวัด 2 วิธี ที่เป็นมาตรฐานดั้งเดิม คือ 1) การวัดค่า Brix โดยใช้ refractometer และ 2) การวัดด้วยเครื่อง Flame gravimetric ซึ่งทั้ง 2 วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่าย แต่ให้ข้อมูลที่น้อยกว่า กินเวลานาน และเป็นการวัดที่ไม่เฉพาะเจาะจง HPLC เป็นวิธีที่สามารถวัดแบบเฉพาะเจาะจงและให้ความถูกต้องแม่นยำ สามารถนำข้อมูลมาใช้ในการกำหนดทิศทางกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงขึ้นในเวลาน้อยกว่า ความสามารถของเทคนิค HPLC ทำให้ของโรงงานผลิต Ethanol กว่า 68% ในสหรัฐอเมริกาเลือกใช้ HPLC ที่มี refractive index (RI) detector ของ Waters

เทคนิค HPLC สามารถใช้หาปริมาณ Complex Sugar และ Simple Sugar รวมถึง Ethanol เพื่อดูความเป็นไปของกระบวนการหมัก ดังนั้นอาจลดเวลาในกระบวนการหมักได้หากได้ Ethanol ถึงระดับที่ต้องการแล้ว หรืออาจมีการปรับกระบวนการหมัก หากพบว่า อัตราการเปลี่ยนน้ำตาล (การลดลง) ช้าเกินไป นอกจากนี้ เทคนิค HPLC ยังสามารถนำมาตรวจระดับน้ำตาล (ที่สูงเกินไป) ในน้ำที่จะไปผ่านกระบวนการหมัก เช่น ที่จะผ่านระบบ Tube Heat Exchanger ทำให้ไม่เกิดการอุดตัน ไม่ต้องบำรุงรักษาระบบที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงมาก การวิเคราะห์หาปริมาณ Ethanol ด้วย HPLC ยังสามารถใช้ในการตรวจ Yield ในหอกลั่น และคาดคะเนการใช้ประโยชน์ของถังหมักต่างๆ

สรุปได้ว่า การที่ HPLC สามารถใช้วัดน้ำตาลแต่ละตัวได้ในปริมาณที่แน่นอน สามารถวัดกรดอินทรีย์ รวมถึงปริมาณแอลกอฮอล์ ยังส่งผลให้ :

- ประหยัดเวลาในการหมัก หากถึง Target Yield เร็วกว่าเดิม
- ปรับกระบวนการหมักได้ทันท่วงทีเมื่อพบว่าปริมาณน้ำตาลลดต่ำและหมดลง แต่ปริมาณ Ethanol ยังไม่เพิ่มขึ้น
- แก้ไขได้ทันท่วงทีเมื่อตรวจพบ Organic acid ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าเกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียในขบวนการหมัก
- พิมพ์รายงานกระบวนการหมักเพื่อผลิต Ethanol ได้อย่างอัตโนมัติ เสมือนเป็นส่วนหนึ่งวิธีวิเคราะห์

ระบบ HPLC ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Waters Breeze HPLC system)

ระบบ Breeze HPLC เป็นระบบตรวจวิเคราะห์หา Ethanol Sugar Organic Acid ที่ใช้งานง่าย ประกอบด้วย Breeze Software, 1515 HPLC pump, 2414 RI detector, injector (Manual injector หรือ 717 plus auto injector) และ specific column ที่มีวิธีการวิเคราะห์หาน้ำตาล , organic acid และ Ethanol Breeze HPLC เป็นระบบที่เที่ยงตรง มีประสิทธิภาพและ

น่าเชื่อถือ

ความแตกต่างเมื่อใช้ HPLC ในการวิเคราะห์

เวลาที่ใช้ในกระบวนการหมักทั่วไปคือประมาณ 48 ถึง 60 ชั่วโมง แต่เมื่อนำ HPLC มาตรวจสอบปริมาณสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมาประมวล ก็สามารถลดเวลาของกระบวนการหมักอย่างเห็นได้ชัด เช่น ถ้าลดเวลาได้เพียงเล็กน้อยแค่ 1 ชั่วโมง ก็สามารถเพิ่มจำนวน batch ได้ 2.5 ถึง 4 เท่าต่อปี

เมื่อพิจารณาบทความข้างต้นแล้วตอบคำถามต่อไปนี้

1. การนำเทคนิค HPLC ในกระบวนการผลิต เอทานอล เพื่อจุดประสงค์ใด
2. การนำเทคนิค HPLC ไปใช้เพิ่มผลผลิตได้อย่างไร
3. ให้ผู้เรียนอธิบายเกี่ยวกับระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ ว่าหมายถึงอะไรและมีหลักการอย่างไร

   2414 RI detector

   specific column
4. ผู้เรียนคิดว่าสามารถบอกชนิด organic acid ได้หรือไม่ และต้องทำอย่างไร
5. ในบทความนี้ไม่ได้อธิบายวิธีการวิเคราะห์ปริมาณ เมื่อผู้เรียนเป็นนักเคมีวิเคราะห์ ผู้เรียนสามารถอธิบายถึงวิธีการดังกล่าวได้อย่างไร
6. เมื่ออ่านและพิจารณาบทความนี้แล้วในฐานะที่ผู้เรียนเป็นนักเคมีวิเคราะห์ ผู้เรียนมีความรู้สึกอย่างไร

แบทดสอบหลังเรียน ตอนที่ 7

วิชาเคมีวิเคราะห์ขั้นสูง

จงตอบคำถามต่อไปนี้

ถ้าผู้เรียนเป็นฝ่ายตรวจสอบคุณภาพของเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ในโรงงานแห่งหนึ่ง ปรากฏว่ามีผู้ร้องเรียนว่าเครื่องดื่มจากโรงงานที่ผู้เรียนทำงานนี้ทำให้ผู้ป่วยอาเจียน วิงเวียน และทำให้ตาบอด เนื่องจากมี เมททานอลเจือปนอยู่ในจำนวนที่มาก โรงงานจึงจำเป็นเรียกกลับเครื่องดื่มนั้นแล้วนำมาให้ผู้เรียนต้องทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง เพื่อยืนยันว่า เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ที่ผลิตในโรงงานนี้ไม่สารพิษเจือปน

1. ผู้เรียนต้องตรวจวัดอะไร และ ผู้เรียนจะใช้เครื่องมือใดในการตรวจวัดสารดังกล่าว
2. ให้ผู้เรียนกำหนดสภาวะที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือดังกล่าวว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง และให้ผู้เรียนลองกำหนดสภาวะที่ผู้เรียนคิดว่าเหมาะสม
3. ผู้เรียนมีวิธีการทำการทดลองเพื่อยืนยันว่าไม่มีเมทานอลเจือปนในเครื่องดื่มดังกล่าวได้อย่างไร
4. เมื่อผู้เรียนต้องรายงานปริมาณของแอลกอฮอล์แต่ละชนิดให้ทางราชการทราบผู้เรียนมีวิธีการทำการทดลองอย่างไร
5. ถ้านิสิต้องการการวิเคราะห์ที่รวดเร็วและมีความถูกต้อง แม่นยำสูง ผู้เรียนจะมีเทคนิคในการวิเคราะห์อย่างไร

ภาคผนวก ช

ใบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 หลักการและทฤษฎีโครมาโทกราฟี

ชื่อ……section…….

คำชี้แจง ให้ผู้เรียนตอบคำถามต่อไปนี้

ระบุปัญหา นักวิทยาศาสตร์บางคนกล่าวว่าทฤษฎีเกี่ยวกับอัตราของโครมาโทกราฟี (Rate Theory of Chromatography) เป็นทฤษฎีที่ดีกว่าทฤษฎีเพลตของโครมาโทกราฟี (Plate Theory of Chromatography) เนื่องจากอธิบายได้ดีกว่า มีสมการและค่าตัวแปรต่าง ๆที่ชัดเจนกว่าจึงนับว่าเป็นทฤษฎีที่สมบูรณ์ปราศจากข้อบกพร่อง

1.ผู้เรียนคิดคำกล่าวข้างต้นถูกต้องหรือไม่ เพราะอะไร

……

2.ผู้เรียนจะพิสูจน์คำกล่าวของนักวิทยาศาสตร์ว่าถูกต้องหรือไม่ถูกต้องได้อย่างไร

……

คำถามที่ผู้เรียนตั้งขึ้นมาเกี่ยวข้องกับสิ่งใดบ้าง

……

……..

……

พาสู่ทางแก้

3.คำตอบที่ผู้เรียนคาดไว้คือ.....

.....

4.ผู้เรียนวางแผนที่จะพิสูจน์คำกล่าวของนักวิทยาศาสตร์ว่าถูกต้องหรือไม่ ดังนี้

.....

.....

.....

.....

ถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร

5. เมื่อผู้เรียนจะต้องทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมคำสำคัญ (key word)ที่ใช้สืบค้นคือ

1.....3.....

2.....4.....

6.ผู้เรียนบันทึกข้อมูลและแหล่งข้อมูลที่ค้นพบ พร้อมทั้งจำแนกว่าข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับแนวคิดของผู้เรียน

……

……

……

4.ให้ผู้เรียนสรุปสาระและข้อตัดสินที่ผู้เรียนได้จากการศึกษาค้นคว้า ผ่านระบบออนไลน์

……

……

……

5.ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของการแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีมีอะไรบ้าง

……

……

……

6.Adsorption Chromatography กับ Partition Chromatography เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

……

……

……

……

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

ชื่อ……section…….

ระบุปัญหา

ถ้าผู้เรียนมีสารย้อม (dye) อยู่แล้วอยากทราบว่าสีย้อมที่มีอยู่มีองค์ประกอบด้วยสีใดบ้างและส่วนประกอบเหล่านั้นเป็นสีย้อมชนิดใด

1.ผู้เรียนจะเลือกใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบใดบ้าง เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

2.ผู้เรียนมีความคิดเห็นอย่างไรกับคำกล่าวของ ดร.สรวงสุดา

.....

.....

.....

.....

.....

3.หากผู้เรียนวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ ตัวทำละลายที่เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับการแยกหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

4.ให้ผู้เรียนตั้งคำถามขึ้นเองโดยให้ครอบคลุมข้อ1-3 ข้างต้น

.....

.....

.....

พาสู่ทางแก้

1.จากคำถามที่ผู้เรียนตั้งเองคำตอบที่ผู้เรียนคาดไว้คือ

.....

2.วิธีที่จะวิเคราะห์หาองค์ประกอบของสีย้อม และพิสูจน์ว่าตัวทำละลายที่เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับการแยกหรือไม่ พร้อมทั้งบอกเหตุผลในการที่วางแผนแต่ละข้อ มีดังนี้

.....

.....

.....

.....

ถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร

1.เมื่อผู้เรียนจะต้องทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมคำสำคัญ (key word)ที่ใช้สืบค้นคือ

1.....3.....

2.....4.....

2.ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับแนวคิด/วิธีการของผู้เรียนและผู้เรียนจะต้องนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงแนวคิดหรือวิธีการให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น **บันทึกข้อมูลและแหล่งข้อมูล**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จัดการปัญหา

1.วิธีการในการหาชนิดขององค์ประกอบของสีย้อมและผลของตัวทำละลายในเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ มีดังนี้

.....

.....

.....

.....

.....

2.สรุปจากข้อมูลที่ผู้เรียนค้นคว้าตัวทำละลายเกี่ยวข้องกับการแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ หรือไม่ อย่างไร

……

……

……

……

……

ตีค่าประเมิน

ข้อคิดเห็นที่ผู้เรียนได้จากเพื่อนคือ

.....

.....

.....

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. normal phase chromatography แตกต่างจาก reversed phase chromatography อย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

2. เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ การdevelopment แบบ 2 มิติ แตกต่างจาก แบบ 1 มิติ อย่างไรบ้าง

.....

.....

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 3 เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง

ชื่อ……section…….

ระบุปัญหา

1.ผู้เรียนมีความคิดเห็นอย่างไรกับคำกล่าวของ ท่านเซอร์สมฉาย

.....

.....……

……

……

2.ให้ผู้เรียนตั้งคำถามขึ้นเองเพื่อพิสูจน์ท่านเซอร์สมฉาย

.....

.....……

พาสู่ทางแก้

1.จากคำถามที่ผู้เรียนตั้งเองคำตอบที่ผู้เรียนคาดไว้คือ

.....

2.วิธีการพิสูจน์หาคำตอบมีดังนี้

.....

.....

.....

.....

……

ถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร

1.เมื่อผู้เรียนจะต้องทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมคำสำคัญ (key word)ที่ใช้สืบค้นคือ

1.....3.....

2.....4.....

2.ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับแนวคิด/วิธีการของผู้เรียนและผู้เรียนจะต้องนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงแนวคิดหรือวิธีการให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น **บันทึกข้อมูลและแหล่งข้อมูล**

.....

.....

.....

.....

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

จัดการปัญหา

1.สรุปข้อมูลที่ได้จากการศึกษา มีดังนี้

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

2.ข้อมูลที่ผู้เรียนค้นคว้ามาได้ช่วยตัดสินคำกล่าวของท่านเซอร์สมฉาย ดังนี้

……
……
……
……
……

ตีค่าประเมิน

ข้อคิดเห็นจากเพื่อนเกี่ยวกับการตัดสินคำกล่าวของท่านเซอร์สมฉาย ของผู้เรียนคือ

คนที่ 1.....

คนที่ 2.....

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ความมีขั้วหรือไม่มีขั้วของวัฏภาคเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับการแยกด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบางอย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. เทคนิค HPTLC คืออะไร

.....

.....

.....

3.ปัจจัยที่มีผลต่อการแยกด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง คือปัจจัยใดบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 4 โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์เปิด

ชื่อ……section…….

ระบุปัญหา

ถ้ามีเกลือของโลหะแคลเซียม แมกนีเซียมและเหล็กละลายอยู่ในน้ำจะทำให้นำกระด้าง ทำให้เกิดไคลสบู่และหากนำไปต้มจะมีตะกรันเกิดขึ้นทำให้หม้อต้มผุกร่อนชำรุดได้ง่าย ผู้เรียนจะแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้หรือไม่ อย่างไร

1. ให้ผู้เรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับปัญหาข้างต้น

.....

……

……

พาสู่ทางแก้

1.จากคำถามที่ผู้เรียนตั้งไว้คำตอบที่ผู้เรียนคาดไว้คือ

.....

2.วิธีการพิสูจน์หาคำตอบข้างต้นมีดังนี้

.....

.....

.....

.....

……

ถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร

1.เมื่อผู้เรียนจะต้องทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมคำสำคัญ (key word)ที่ใช้สืบค้นคือ

1.....3.....

2.....4.....

2.ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับแนวคิด/วิธีการของผู้เรียนและผู้เรียนจะต้องนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงแนวคิดหรือวิธีการให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น **บันทึกข้อมูลและแหล่งข้อมูล**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จัดการปัญหา

1.สรุปข้อมูลที่ได้จากการศึกษา มีดังนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตีค่าประเมิน

ข้อคิดเห็นจากเพื่อนเกี่ยวกับการแก้ปัญหาข้างต้นของผู้เรียนคือ

คนที่ 1.....

คนที่ 2.....

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงอธิบายขั้นตอนและวิธีการแยกสารด้วยคอลัมน์แบบเปิด

.....

.....

.....

.....

2.จงอธิบายว่าความจุของการแลกเปลี่ยน (Exchange Capacity)คืออะไร

.....

.....

.....

3.ปัจจัยที่มีผลต่อการแยกด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์เปิด มีปัจจัยใดบ้าง

.....

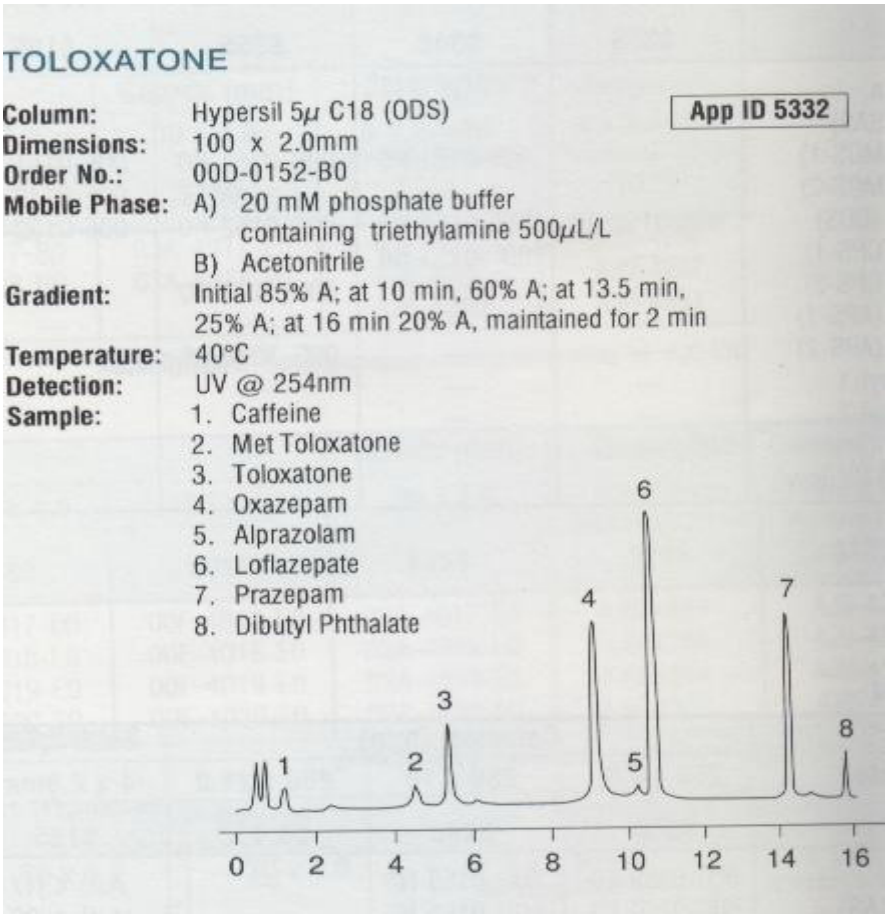
.....

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 5 โครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง

ชื่อ.....section.....

ระบุปัญหา ผู้เรียนพิจารณาโครมาโทแกรมที่ได้จากการแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC)ข้างล่าง โดยพิจารณาในแต่ละสภาวะของการแยกในทุกๆสภาวะ เช่น

Column : Hypersil 5u C18 (ODS) หมายถึงอะไร เป็นต้น



1. ให้ผู้เรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับปัญหาข้างต้น

.....

.....

.....

.....

พาสู่ทางแก้

1.จากคำถามที่ผู้เรียนตั้งไว้คำตอบที่ผู้เรียนคาดไว้คือ

.....

.....

……

……

2.ผู้เรียนจะต้องทำอะไรบ้าง(เรียงตามลำดับขั้นตอน) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์สภาวะการแยกสารด้วย HPLC ข้างต้น

.....

.....

.....

.....

……

ถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร

1.เมื่อผู้เรียนจะต้องทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมคำสำคัญ (key word)ที่ใช้สืบค้นคือ

1.....3.....

2.....4.....

2. ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับแนวคิด/วิธีการของผู้เรียนและผู้เรียนจะต้องนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงแนวคิดหรือวิธีการให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น **บันทึกข้อมูลและแหล่งข้อมูล**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จัดการปัญหา

สรุปข้อมูลที่ได้จากการศึกษาตามหัวข้อต่อไปนี้

Column :

Dimensions :

ตีค่าประเมิน

ข้อคิดเห็นจากเพื่อนเกี่ยวกับการแก้ปัญหาข้างต้นของผู้เรียนคือ

คนที่ 1.....

คนที่ 2.....

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงอธิบายขั้นตอนและวิธีการแยกสารด้วยคอลัมน์แบบเปิด

.....

.....

.....

2.จงอธิบายว่าความจุของการแลกเปลี่ยน (Exchange Capacity)คืออะไร

.....

.....

……

3.ปัจจัยที่มีผลต่อการแยกด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์เปิด มีปัจจัยใดบ้าง

.....

.....

……

.....

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 6

การประยุกต์ใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง

ระบุปัญหา ให้ผู้เรียนศึกษาการทดลองต่อไปนี้

http://www.bioanalytical.com/NWL/pdfs/AAPS2002PE.pdf

1.จากการศึกษาการทดลองข้างต้น ถ้าสมมติว่าผู้ทำการทดลองนี้เป็นผู้เรียนจะตั้งคำถามว่าอย่างไรจึงจะนำมาสู่การแก้ปัญหาดังวิธีการข้างต้นได้

2.คำถามที่ผู้เรียนตั้งขึ้นมาเกี่ยวข้องกับสิ่งใดบ้างพร้อมทั้งอธิบายประกอบว่าให้เห็นว่าคำถามที่ผู้เรียนตั้งจะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างไร

.....

.....

.....

พาสู่ทางแก้

1. คำตอบที่ผู้ทำการทดลองคาดไว้คืออะไร

.....

.....

.....

2. เขาจะต้องทำอะไรบ้าง เพื่อพิสูจน์ว่าคำตอบที่ผู้เรียนคาดไว้ถูกต้อง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.ผู้เรียนบอกเหตุผลในการที่กระทำสิ่งเหล่านั้นของผู้ทดลองได้หรือไม่ว่าทำไมจึงกำหนดสภาวะในการวิเคราะห์แบบนั้น เพราะอะไร

.....

.....

.....

4.ให้ผู้เรียนกำหนดลำดับสิ่งที่ผู้ทดลองต้องทำเพื่อตอบคำถามข้างต้น

.....

.....

.....

ถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร

1. ผู้เรียนทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมด้วยคำสำคัญต่อไปนี้

.....

.....

.....

2. การค้นคว้าผู้เรียนค้นพบข้อมูลที่สรุปได้ดังนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จัดการปัญหา

1.ศึกษาการการทดลองแล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองตามหัวข้อต่อไปนี้ เฟสคงที่ เฟสที่เคลื่อนที่ วิธีการวิเคราะห์ ตัวตรวจวัด คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.ผู้เรียนบอกเหตุผลในการกำหนดสภาวะข้างต้นของการทดลองนี้ได้แก่ เฟสคงที่ เฟสที่เคลื่อนที่ ตัวตรวจวัดได้ว่าอย่างไร

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

3.ผู้ทดลองใช้วิธีใดในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณ และมีวิธีการอย่างไร บันทึก

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

4. นอกจากวิธีการข้างต้นในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณยังมีวิธีการอื่นอีกหรือไม่ ให้ผู้เรียนนำเสนอวิธีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณมาอย่างละ 1 วิธี

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

ตีค่าประเมิน

1.วิธีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณที่ผู้เรียนเสนอมาดีกว่าวิธีการในการทดลองข้างต้นหรือไม่อย่างไรให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น วิพากษ์วิจารณ์การทดลองทั้งสองข้างต้นด้วยความคิดเห็นของตนเอง ถ้าสมมติว่าผู้เรียนเป็นผู้ทำการทดลองผู้เรียนจะแก้ไขหรือเพิ่มเติมให้การทดลองสมบูรณ์ได้อย่างไร

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

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 7 โครมาโทกราฟีแบบแก๊ส

ระบุปัญหา

ให้ผู้เรียนพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ในการวิเคราะห์แอลกอฮอล์ในตัวอย่างเลือดด้วยเทคนิค GC

1. ความสามารถในการกลายเป็นไอของสาร (Volatility of compound)

2. ความมีขั้วของสารตัวอย่าง (Polar compounds)

3. อุณหภูมิของคอลัมน์ (Column temperature)

4. ความมีขั้วของสารที่บรรจุในคอลัมน์ (Column packing polarity).

5. อัตาการไหลของแก๊สพา (Flow rate of the carrier gas)

6. ความยาวของคอลัมน์ (Length of the column)

7.ขีดจำกัดของการตรจหา(Detection limit)

ผู้เรียนคิดว่าปัจจัยข้างต้นมีผลต่อการวิเคราะห์หรือไม่ และเกี่ยวข้องกับส่วนประกอบใดใน GC หรือไม่ อย่างไร

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

ผู้เรียนจะตั้งคำถามว่าอย่างไรจึงจะแก้ปัญหาข้างต้นได้ และคำถามที่ผู้เรียนตั้งขึ้นมาเกี่ยวข้องกับสิ่งใดบ้างพร้อมทั้งอธิบายประกอบว่าให้เห็นว่าคำถามที่ผู้เรียนตั้งจะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างไร

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

พาสู่ทางแก้

คำตอบที่ผู้เรียนคาดไว้คืออะไร

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

ผู้เรียนจะต้องทำอะไรบ้าง เพื่อพิสูจน์ว่าคำตอบที่ผู้เรียนคาดไว้ ถูกต้อง

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

ให้ผู้เรียนกำหนดลำดับสิ่งที่จะต้องทำเพื่อตอบคำถามข้างต้น

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

ถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร

1.เมื่อผู้เรียนจะต้องทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมคำสำคัญ (key word)ที่ใช้สืบค้นคือ

1.....3.....

2.....4.....

5……6……

2.ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับแนวคิด/วิธีการของผู้เรียนและผู้เรียนจะต้องนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงแนวคิดหรือวิธีการให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น **บันทึกข้อมูลและแหล่งข้อมูล**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จัดการปัญหา

ผู้เรียนสรุปข้อมูลที่ได้เกี่ยวกับปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการวิเคราะห์สารด้วยเทคนิค GC อย่างไร

1. ความสามารถในการกลายเป็นไอของสาร (Volatility of compound)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ความมีขั้วของสารตัวอย่าง (Polar compounds)

.....

.....

.....

3. อุณหภูมิของคอลัมน์ (Column temperature)

.....

.....

.....

4. ความมีขั้วของสารที่บรรจุในคอลัมน์ (Column packing polarity).

.....

.....

.....

5. อัตราการไหลของแก๊สพา (Flow rate of the carrier gas)

.....

.....

.....

6. ความยาวของคอลัมน์ (Length of the column)

.....

.....

.....

7.ขีดจำกัดของการตรจหา(Detection limit)

.....

.....

.....

8. ถ้าต้องการวิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์ในตัวอย่างเลือดผู้เรียนจะมีวิธีการอย่างไรจึงทำให้ได้ค่าการวัดที่ถูกต้องมากขึ้น

วิธีการ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตีค่าประเมิน

ผู้เรียนร่วมแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ผู้เรียนสรุปได้กับเพื่อน 3-5 คน ผ่านทางการส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์หรือกระดานสนทนาเกี่ยวกับปัญหาข้างต้น เพื่อตรวจสอบข้อสรุปของตนเองว่าถูกต้องหรือสมบูรณ์หรือไม่ แล้วปรับปรุงจนสมบูรณ์ พร้อมทั้งบันทึกสิ่งที่ผู้เรียนค้นคว้าได้

.....

.....

.....

.....

.....

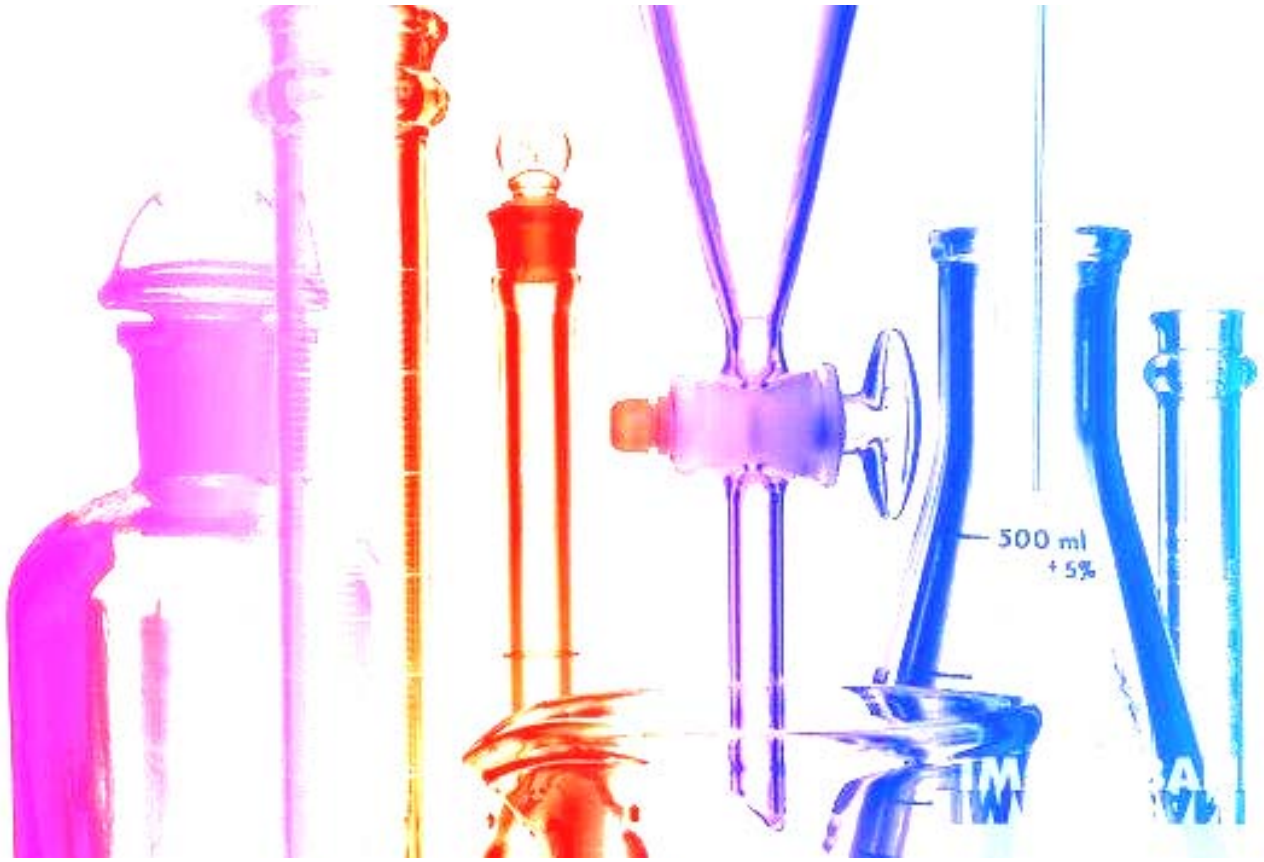
.....

ภาคผนวก ซ

คู่มือการเรียนรู้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นผ่านระบบออนไลน์

คู่มือการเรียนรู้

โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นผ่านระบบออนไลน์



คำนำ

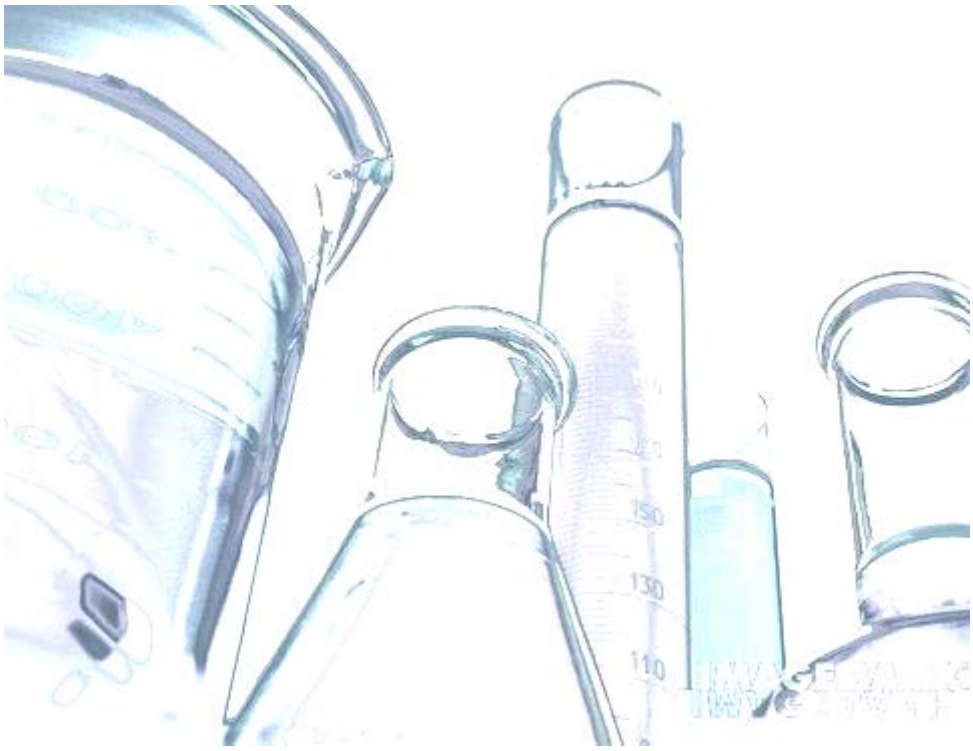
คู่มือการเรียนรู้ด้วยโมดูลการเรียนรู้ วิชาเคมีวิเคราะห์ระดับอุดมศึกษาจัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและเพิ่มความสะดวกในการเรียนรู้โมดูลการเรียนรู้ ผ่านระบบออนไลน์ ประกอบด้วยจุดประสงค์ของโมดูลการเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น ตลอดจนวิธีการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือการเรียนรู้ด้วยโมดูลการเรียนรู้ วิชาเคมีวิเคราะห์ระดับอุดมศึกษาที่จัดทำขึ้น จะสามารถช่วยผู้เรียนให้เรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปิยัตน์ ดรบัณฑิต
ผู้จัดทำ

สารบัญ

วัฏจักรการคิดค้นพบ	1 - 2
การเข้าศึกษาในรายวิชา	3 - 4
การเข้าสู่บทเรียน (Login) และการออกจากบทเรียน (Logout)	5
การไปยังส่วนต่าง ๆ ในรายวิชา	6 - 7
กิจกรรมหลัก	8 – 10



โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้น

จุดม่งหมายของโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ 2 (CH351)

เมื่อผู้เรียน ศึกษา ค้นคว้า และทำกิจกรรมในโมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ เรื่อง เทคนิคโครมาโทกราฟี แล้วผู้เรียนมีความสามารถดังนี้

ด้านพุทธพิสัย

1. อธิบายหลักการและนำหลักการและทฤษฎีไปอธิบายปรากฏการณ์ทางโครมาโทกราฟีได้
2. คำนวณหาค่าต่างๆ ที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพของคอลัมน์ได้
3. จำแนกชนิดของเทคนิคโครมาโทกราฟี
4. เปรียบเทียบหลักการของเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ แบบเยื่อบาง และแบบคอลัมน์ได้
6. ประยุกต์ใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ แบบเยื่อบาง และแบบคอลัมน์ได้
7. อธิบายหลักการของเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแลกเปลี่ยนไอออนได้
8. ประยุกต์ใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแลกเปลี่ยนไอออนได้
9. อธิบายหลักการโครมาโทกราฟีแบบแยกตามขนาดได้
10. ประยุกต์ใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแยกตามขนาดได้
11. อธิบายหลักการและรายละเอียดของส่วนประกอบของเครื่องมือHPLCและ GC ได้
12. ออกแบบและตัดสินใจเลือกสภาวะในการวิเคราะห์สารตัวอย่างด้วยเทคนิค HPLC และ GC ได้เหมาะสม
13. แสดงเหตุผลในเลือกใช้คอลัมน์และตัวตรวจวัดสำหรับสารตัวอย่างที่กำหนดให้ได้ถูกต้องเหมาะสม
14. อธิบายรายระเอียดของวิธีการวิเคราะห์ทางคุณภาพและปริมาณของสารตัวอย่างได้
15. เปรียบเทียบการประยุกต์ใช้เทคนิคเทคนิค HPLCและ GC ได้ถูกต้องและครบถ้วน

ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. กำหนดคำสำคัญในเรื่องที่ทำการศึกษาค้นคว้าได้

2. อธิบายและสรุปหลักการจากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา, ค้นคว้าทางอินเตอร์เนต หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

3. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษา ค้นคว้ามาทำนายผลที่อาจจะเกิดขึ้นได้

4. ออกแบบรูปแบบที่ใช้นำเสนอข้อมูลที่ได้จากศึกษาค้นคว้าได้เหมาะสม

5. กำหนดสภาวะที่เหมาะสมของการแยกด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีตามสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างมีหุผล

6. กำหนดวิธีการวิเคราะห์หาคุณภาพและปริมาณของสารตัวอย่างได้ถูกต้องเหมาะสม

ด้านการคิดวิจารณญาณ

1. เปรียบเทียบข้อมูลจากการศึกษาค้นคว้าในสถานกราณ์ที่กำหนดให้ได้

2. วางแผน เพื่อตรวจสอบข้อมูลได้

3. ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลได้

4. ตัดสินข้อมูลในสถานการณ์ที่กำหนดให้ด้วยเหตุผล

5. บ่งชี้ลักษณะร่วม หรือความสำคัญของข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาสืบค้นได้

6.นำหลักการทางโครมาโทกราฟีไปใช้ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม

7. แสดงความคิดเห็นและวิพากย์วิจารณ์ได้

กระบวนการเรียนรู้

สำหรับการเรียนรู้โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ เรื่องเทคนิคโครมาโทกราฟีผ่านระบบออนไลน์ ผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนตาม**วัฏจักรการคิดค้นพบ**เพื่อให้การเรียนรู้บรรลุตามจุดประสงค์ของโมดูล

วัฏจักรการคิดค้นพบ หมายถึง กระบวนการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านระบบออนไลน์ที่ส่งเสริมองค์ความรู้ ทักษะทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิจารณญาณไปพร้อมกัน ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. ระบุปัญหา (Problem) หมายถึง กิจกรรมที่ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจในปัญหาให้ถ่องแท้ ได้แก่

1.1 ทบทวนความรู้เดิมและหลักการที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

1.2 วิเคราะห์ปัญหา เมื่อผู้เรียนและ/หรือผู้สอนนำเสนอสถานการณ์เหตุการณ์ผู้เรียนระบุปัญหาโดยการตั้งคำถาม

1.3 คิดพิจารณาปัญหา ว่าปัญหาเกี่ยวข้องกับอะไรบ้าง ระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องและเป็นสาเหตุของปัญหา ปัญหามีความน่าสนใจอย่างไร บอกประโยชน์ที่จะได้รับจากการแก้ปัญหาและความสำคัญของปัญหา

2. พาสู่ทางแก้ (Problem plan) หมายถึง กิจกรรมการคิดหาวิธีในการแก้ปัญหาที่น่าจะเป็นไปได้ ได้แก่

2.1 ระบุวิธีที่จะแก้ปัญหามีอะไรบ้าง แต่ละวิธีมีข้อดี-ข้อเสียและกระบวนการอย่างไร

2.2 วิธีแก้ปัญหาใดที่ดีที่สุดเพราะอะไร มีลำดับขั้นตอนและวิธีการอย่างไร

2.3 ระบุเครื่องมือ อุปกรณ์ และระยะเวลาที่ต้องการ

3.ถ่องแท้ข้อมูลข่าวสาร(Problem information) หมายถึง กิจกรรมการสืบค้นข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

3.1 สืบค้นข้อมูลและ ข่าวสาร(data and information) จากแหล่งข้อมูล

3.2 มีข้อมูลและข่าวสารใดบ้างที่สนับสนุนหรือขัดแย้งวิธีการแก้ปัญหาตามแผน

3.3 ข้อมูลข่าวสารใดบ้างที่มีอยู่สามารถนำไปปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงแผนการแก้ปัญหา

4.จัดการปัญหา (Problem organization) หมายถึง กิจกรรมในการดำเนินการแก้ปัญหา ได้แก่

4.1 ลงมือแก้ปัญหาตามที่วางแผนไว้

4.2 บันทึก รวบรวบข้อมูล(data) ตีความหมายของข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ของเหตุและผลทางวิทยาศาสตร์ของข้อมูล

4.3 สรุปอ้างจากกรณีเฉพาะสู่กรณีทั่วไป

5. ตีค่าประเมิน(Problem evaluation) หมายถึง กิจกรรมประเมินผลและตรวจสอบการแก้ปัญหาด้วยตนเองและผู้อื่น ได้แก่

5.1 ประเมินผลการแก้ปัญหาว่าดีหรือไม่ดี ถูกหรือผิด เหมาะสมหรือไม่เหมาะสม เพราะอะไร มีประโยชน์หรือไม่ อย่างไร และใช้อะไรเป็นเกณฑ์ในการประเมิน ประเมินความพอใจและความภาคภูมิใจของตนเองและ/หรือกลุ่ม ในการแก้ปัญหา

5.2 ผลการแก้ปัญหาครั้งนี้นำสู่ปัญหาและความท้าทายในการแก้ปัญหาครั้งใหม่ หรือไม่ อย่างไร

5.3 การนำเสนอผลของการแก้ปัญหาและการอภิปราย วิพากษ์ วิจารณ์

การเข้าศึกษาในรายวิชา

รายวิชาที่เปิดสอน

ผู้เรียนสามารถตรวจสอบรายวิชาที่เปิดสอนจากหน้าแรกของเว็บไซต์ภายใต้หัวข้อรายวิชาที่มีอยู่

หรือในกรณีที่หน้าแรกไม่แสดงรายละเอียดของรายวิชา ผู้เรียนสามารถดูรายวิชาทั้งหมดได้โดยการคลิกที่
“รายวิชาทั้งหมด” จากบล็อกรายวิชาทั้งหมดเมื่อคลิกที่เมนูดังกล่าวแล้วระบบจะแสดงหน้ารวมของทุกรายวิชา
ที่มีอยู่ในเว็บไซต์และเปิดให้ผู้เรียนเข้าไปศึกษา

ลงทะเบียนสำหรับเข้าเรียนในห้องเรียนออนไลน์

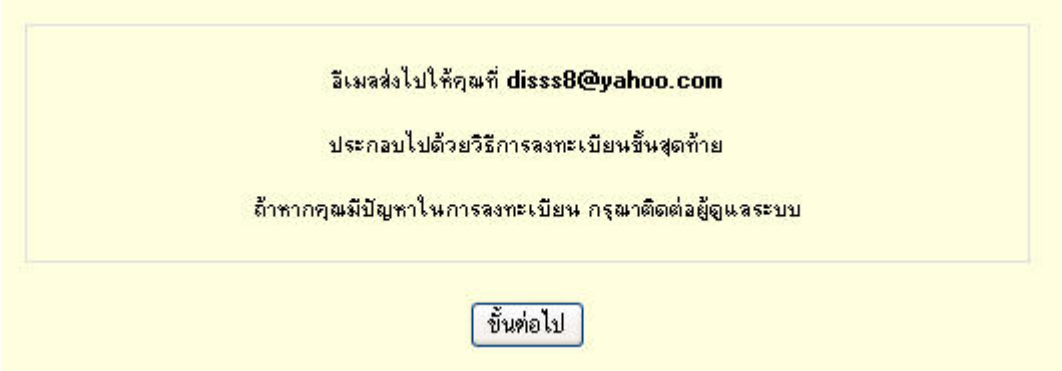
การลงทะเบียนสำหรับเข้าเรียนในห้องออนไลน์นั้นอาจะทำหรือไม่ต้องขึ้นอยู่กับผู้ดูแลระบบของเวบไซต์นั้น ถ้าหากไม่ได้รับชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านจากอาจราย์ ผู้เรียนจำเป็นที่ต้องทำการสมัครเป็นสมาชิกของเวบไซต์นั้นด้วยตนเอง เมื่อได้รับชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านแล้วจึงเข้าสู่ระบบ ด้านบนขวาด้านล่างสุดของหน้าจอระบบจะแสดงสถานการณ์เข้าสู่ระบบดังนี้ หากคลิกชื่อของผู้เรียนระบบจะ

แสดงหน้าประวัติส่วนตัว แต่ถ้าคลิก “ออกจากระบบ” ระบบจะนำผู้เรียนออกจากระบบทำให้ออกจากรายวิชาและจากเวบไซต์เมื่อต้องการเข้ามาศึกษาก็ต้องทำการเข้าสู่ระบบใหม่ หลังจากเข้าสู่ระบบแล้วให้คลิกเข้าไปดูรายชื่อรายวิชาทั้งหมดจากนั้นให้ผู้เรียนคลิกเข้าไปยังรายวิชาที่ต้องการศึกษา

1. คลิก LOGIN เพื่อเข้าสู่ระบบการลงทะเบียน จะพบหน้า LOGIN ให้คลิกสมัครเป็นสมาชิก

2. กรอกข้อมูล ลงทะเบียนผู้ใช้ระบบ

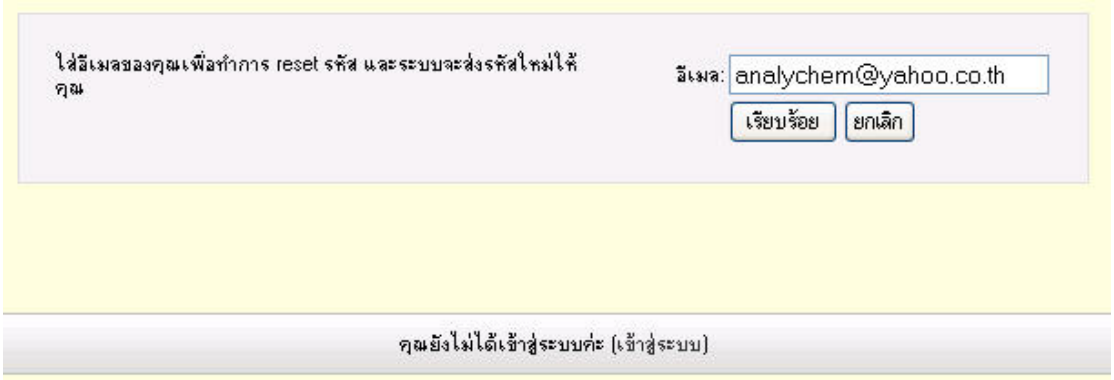
3. ระบบจะส่ง อีเมลล์ไปให้คุณเพื่อยืนยันการลงทะเบียนขั้นสุดท้าย คลิกขั้นต่อไป ท่านจะเข้าสู่บทเรียน



การเข้าสู่บทเรียน (Login) และการออกจากบทเรียน (Logout)

1. เข้าสู่ระบบโดยการกรอก username และ password ที่กรอบด้านขวาของเวบไซต์ แล้วคลิกปุ่ม “Login” เพื่อเข้าสู่บทเรียน

หากผู้ใช้ลืม username หรือ password ให้คลิกปุ่มส่งรายละเอียดผ่านอีเมลล์ เพื่อระบบจะทำการ reset รหัส และส่งอีเมล์ไปให้ เพื่อตั้งค่ารหัสใหม่เพื่อเข้าใช้ระบบอีกครั้ง



การออกจากระบบ (Logout) หลังจากที่ผู้ใช้เข้าไปใช้งานระบบเรียบร้อยแล้ว หาจะเลิกใช้งานระบบจะต้อง Logout โดยการคลิกที่ “Logout” เพื่อความปลอดภัยของข้อมูลการใช้งาน

การไปยังส่วนต่าง ๆ ในรายวิชา

การไปยังส่วนต่างๆ ในรายวิชานั้นมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน หากผู้เรียนต้องการทราบว่าตนเองกำลังศึกษาหัวข้อใด ให้สังเกตดูจากเมนูที่เป็นแถบยาวๆ ด้านบนของหน้าจอ

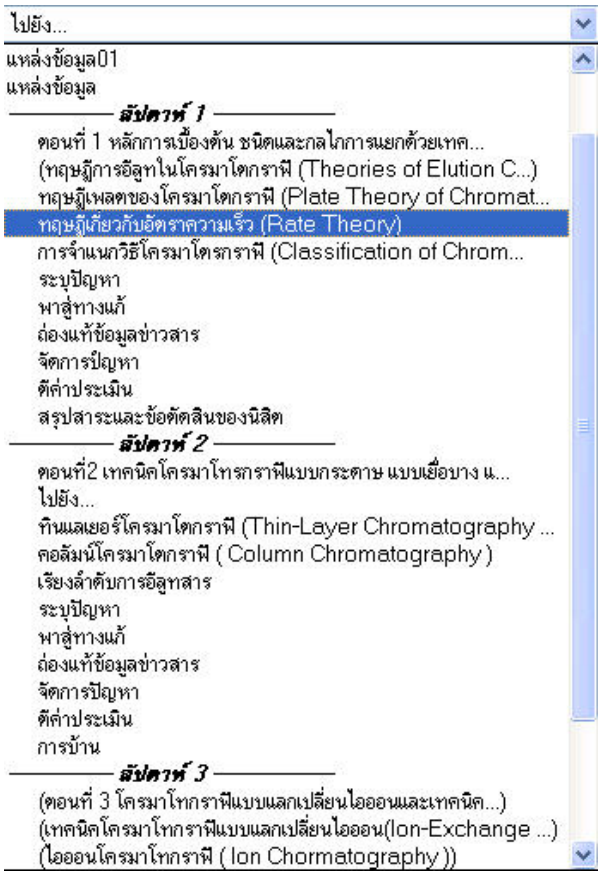
ANALYCHEM เป็นชื่อย่อของเว็บไซต์ หากคลิกที่นี่ระบบจะนำไปหน้าแรกของเว็บไซต์

CH350 เป็นชื่อย่อของรายวิชาหากคลิกที่นี่ระบบจะนำไปยังหน้าแรกของรายวิชา

แหล่งข้อมูล แสดงให้เห็นประเภทของกิจกรรมที่แสดงอยู่ในหน้านี้ซึ่งก็คือ แหล่งข้อมูล หากคลิกที่เมนูนี้ ระบบจะแสดงแหล่งข้อมูลที่มีอยู่ในรายวิชา

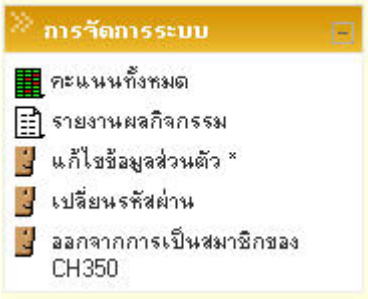
เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ (PAPER CHROMATOGRAPHY) เป็นชื่อของแหล่งข้อมูลที่กำลังแสดงอยู่ขณะนี้

ถ้าผู้เรียนต้องการกลับไปหน้าแรกก็ให้คลิกที่ ANALYCHEM หากต้องการกลับไปหน้าแรกของรายวิชาก็คลิกที่ CH350 แต่หากต้องการข้ามไปศึกษาหัวข้ออื่นในรายวิชาหรือกระโดดไปยังหน้าอื่น ๆ สามารถทำได้โดยเลือกหัวข้อที่ต้องการ ศึกษาจากดรอปดาวน์เมนู ซึ่งอยู่มุมบนซ้ายซึ่งจะแสดงหัวข้อทั้งหมดในรายวิชา



ถ้าหากคลิกที่ปุ่ม >หน้าต่อไป <หน้าก่อน ระบบจะนำผู้เรียนไปยังหัวข้อถัดไปตามลำดับที่ มีการเรียงไว้ก่อนหลังในหน้ารายวิชาซึ่งมองเห็นลำดับดังกล่าว ได้จากดรอปดาวน์เมนู ผู้เรียนยังสามารถใช้ปุ่มที่อยู่บนเว็บบราวเซอร์ เช่น ปุ่ม BACK NEXT แต่ว่าไม่แนะนำให้ใช้เพราะว่าการแสดงผลบนหน้าจออาจจะไม่แน่นอนเหมือนคลิกจากเมนูที่ได้อธิบายไว้แล้วข้างต้น

การจัดการระบบ



คะแนนทั้งหมด เมนูนี้จะแสดงคะแนนทุกกิจกรรมที่ผู้เรียนทำในวิชานี้ เช่น คะแนนจากแบบทดสอบ การบ้าน กระดานเสวนา เป็นต้น

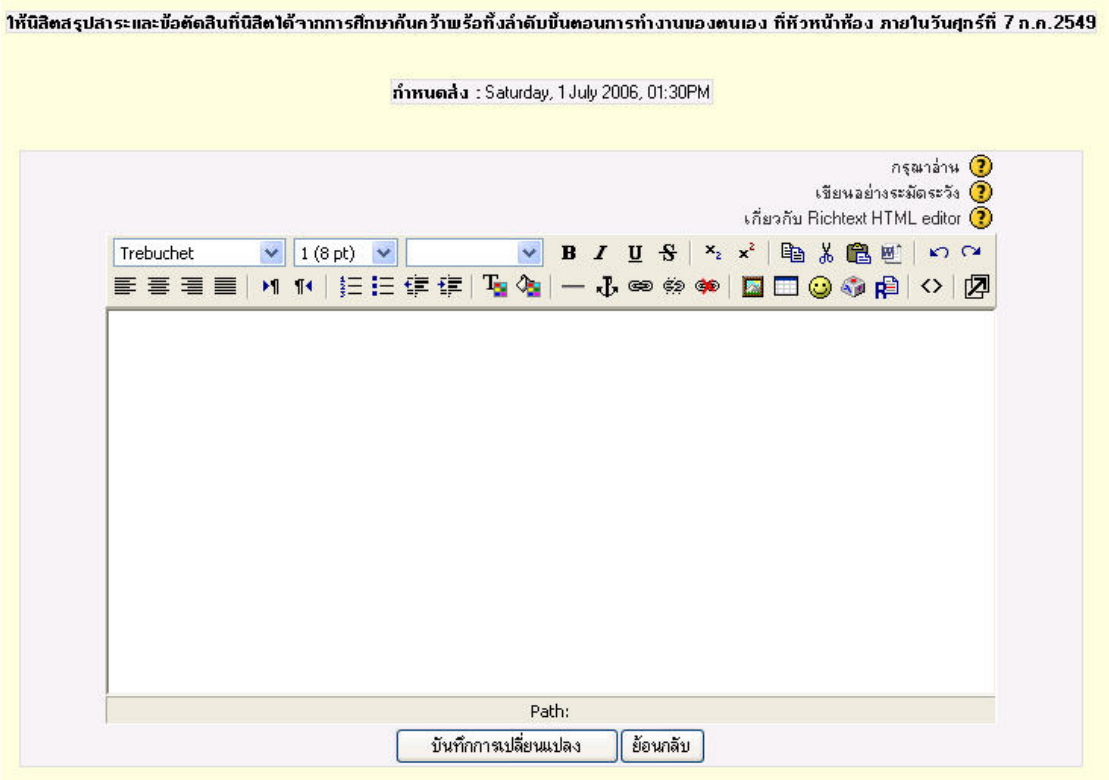
เปลี่ยนรหัสผ่าน หากผู้เรียนได้รับรหัสผ่านมาจากผู้ดูแลระบบหรืออาจารย์ผู้สอน รหัสดังกล่าวอาจยากในการจดจำ ผู้เรียนสามารถเปลี่ยนเป็นรหัสผ่านที่ตนเองจำได้ง่ายโดยเลือกเมนูนี้

ออกจากการเป็นสมาชิกของรายวิชา หากผู้เรียนไม่ต้องการเรียนในรายวิชานี้แล้ว ผู้เรียนสามารถจะออกจากการเป็นสมาชิกรายวิชานี้ได้ ผู้เรียนจะไม่ได้รับข่าวสารที่ส่งออกจากรายวิชานี้อีก

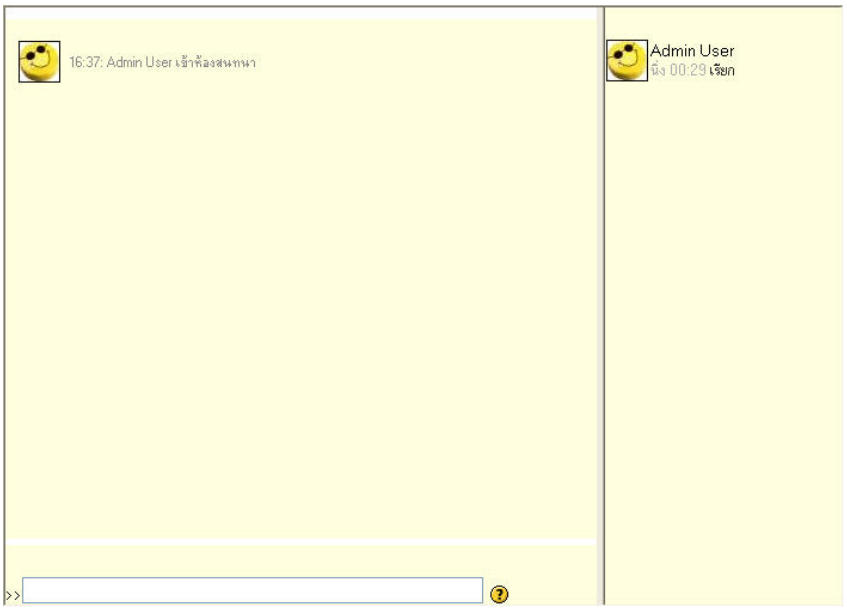
รายงานผลกิจกรรม ถ้าหากผู้สอนเปิดการใช้งานในฟังก์ชันนี้ จะมีเมนูดังกล่าวแสดงให้ผู้เรียนเห็น ผู้เรียนจะเห็นการทำรายงานกิจกรรมในรายวิชานี้ของตนเองว่าได้เข้ามาเวลาใดและได้ทำกิจกรรมใดบ้าง

กิจกรรมหลัก

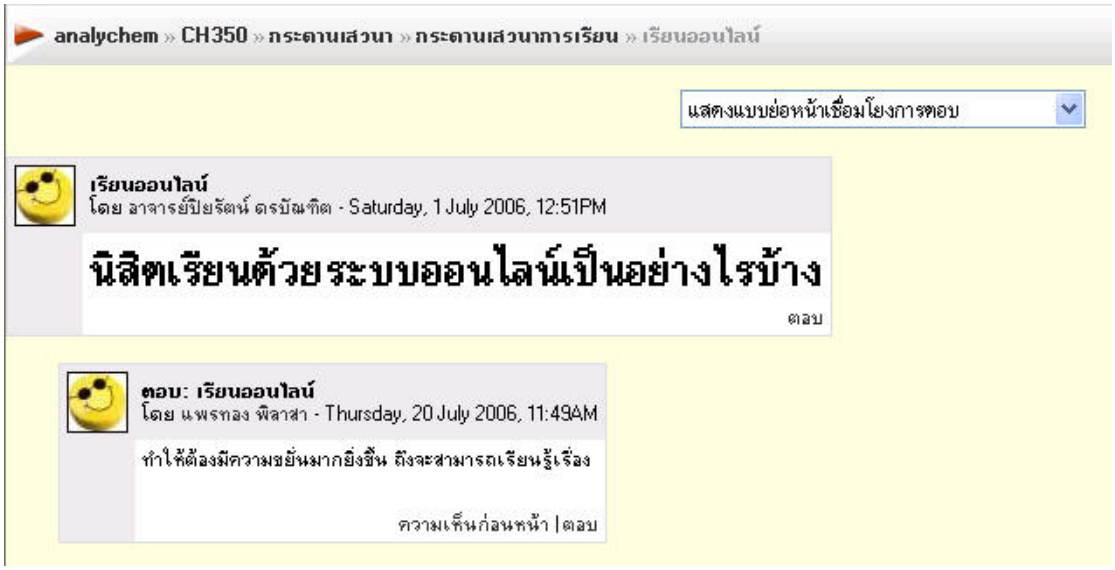
1.) การบ้าน (Assignment) กำหนดวันส่ง, คะแนนสูงสุด, ให้ส่งการบ้านออนไลน์, ผู้สอนสามารถให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะสำหรับการบ้านแต่ละชิ้น



2.) ห้องสนทนา (Chat) สื่อสารแบบต่อเนื่องในเวลาจริง, แสดงภาพในประวัติส่วนตัว, แสดงลิงก์ URLs, รูปภาพ เป็นต้น

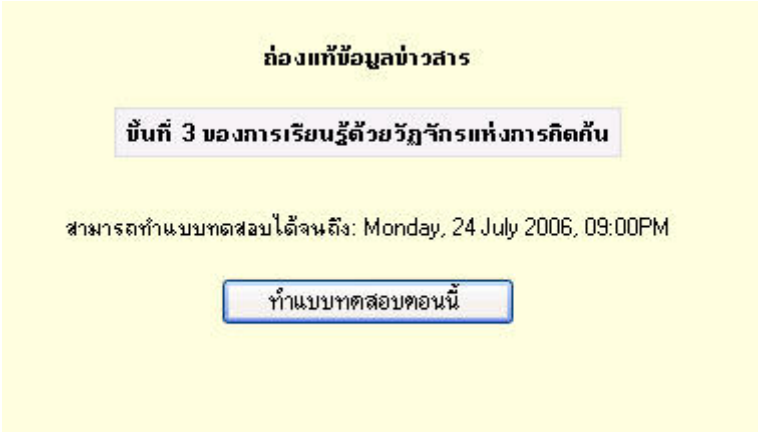


3.) กระดานเสวนา (Forum) มีหลายประเภทให้เลือก, สมัครเป็นสมาชิกได้สมาชิกจะ ได้รับอีเมลเมื่อมีการโพสต์ในการดานเสวนา, ให้คะแนนการโพสต์ได้ .โมดูลบันทึกความก้าวหน้า (Journal) ช่วยในการสื่อสารระหว่าง



ผู้สอนและผู้เรียนโดย เฉพาะ, สะท้อนให้เห็นความคิดของผู้เรียนที่มีต่อวิชานั้นๆ ปัญญาที่เกิดขึ้น, หรือให้ผู้สอนได้ดูพัฒนาการในการเรียนของผู้เรียน

4.) แบบทดสอบ (Quiz) ตัดเกรดอัตโนมัติ ปรนัย, เติมคำ, ถูก/ผิด, จับคู่ ,แบบสุ่ม, ตัวเลข, หลายตัวเลือก, นำเข้าคำถามได้หลายรูปแบบและสามารถกำหนดเวลาในการทำ แบบทดสอบได้

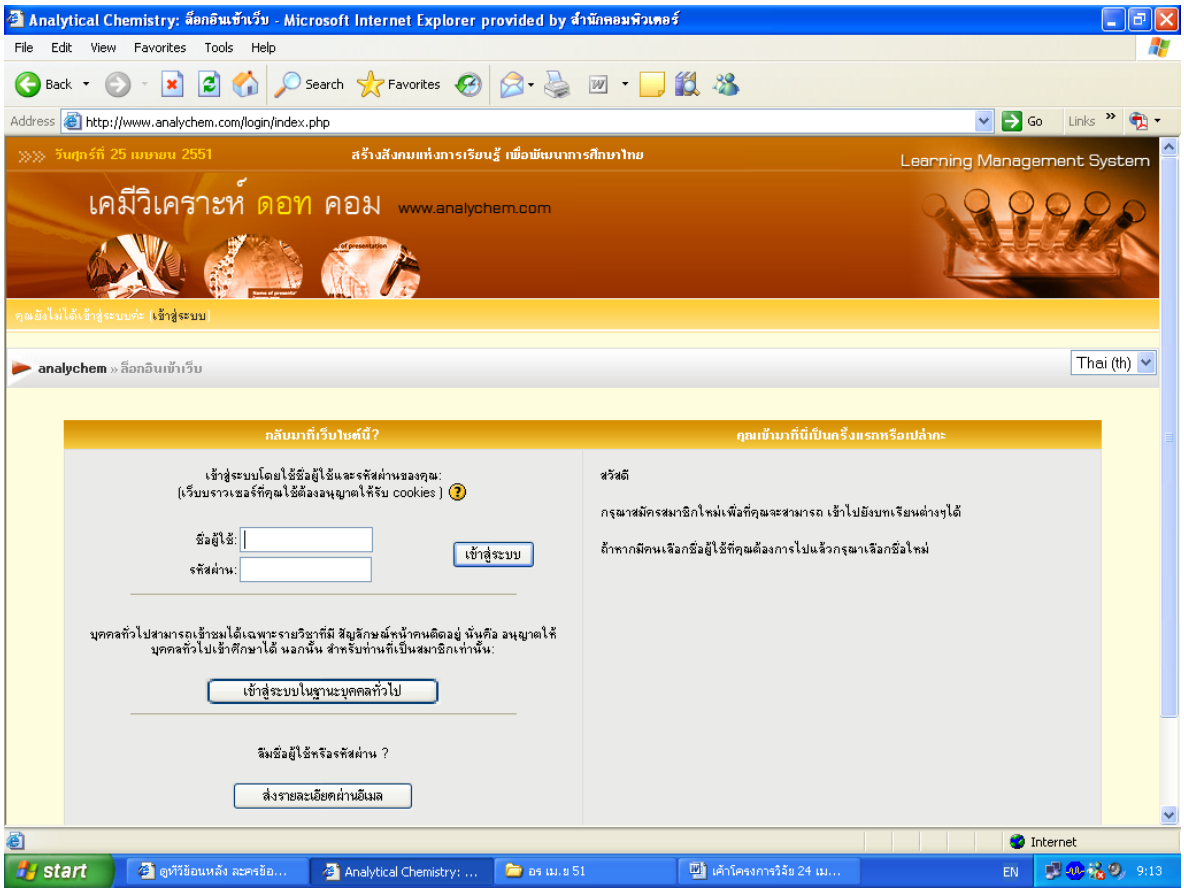


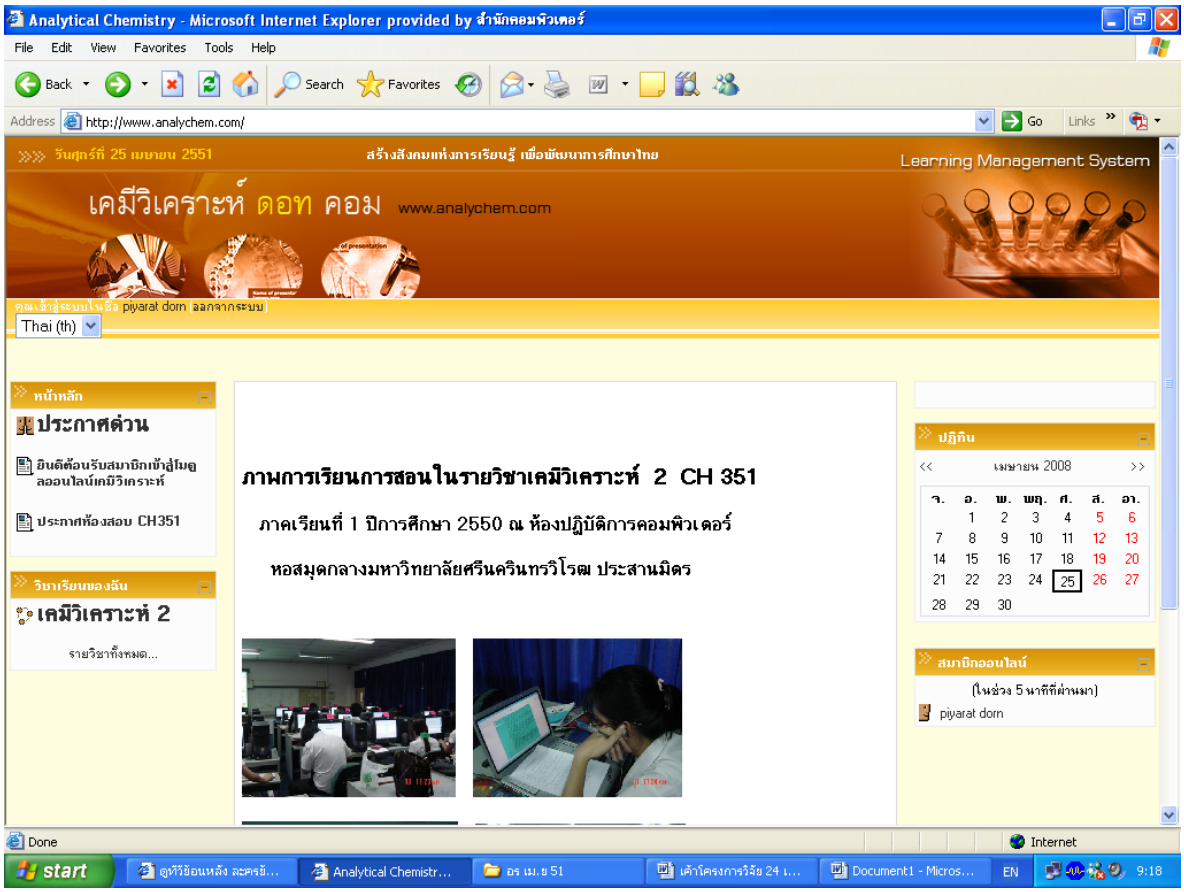
5.) แหล่งข้อมูล (Resource) นำเสนอเนื้อหาหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นไฟล์เวิร์ด แฟลช พาวเอวร์พ้อยท์ วีดีโอ เสียง html เป็นต้น ย่อย, ผู้เรียนศึกษาและทำ แบบทดสอบจนกว่าจะเข้าใจ, นำเข้าคำถามได้

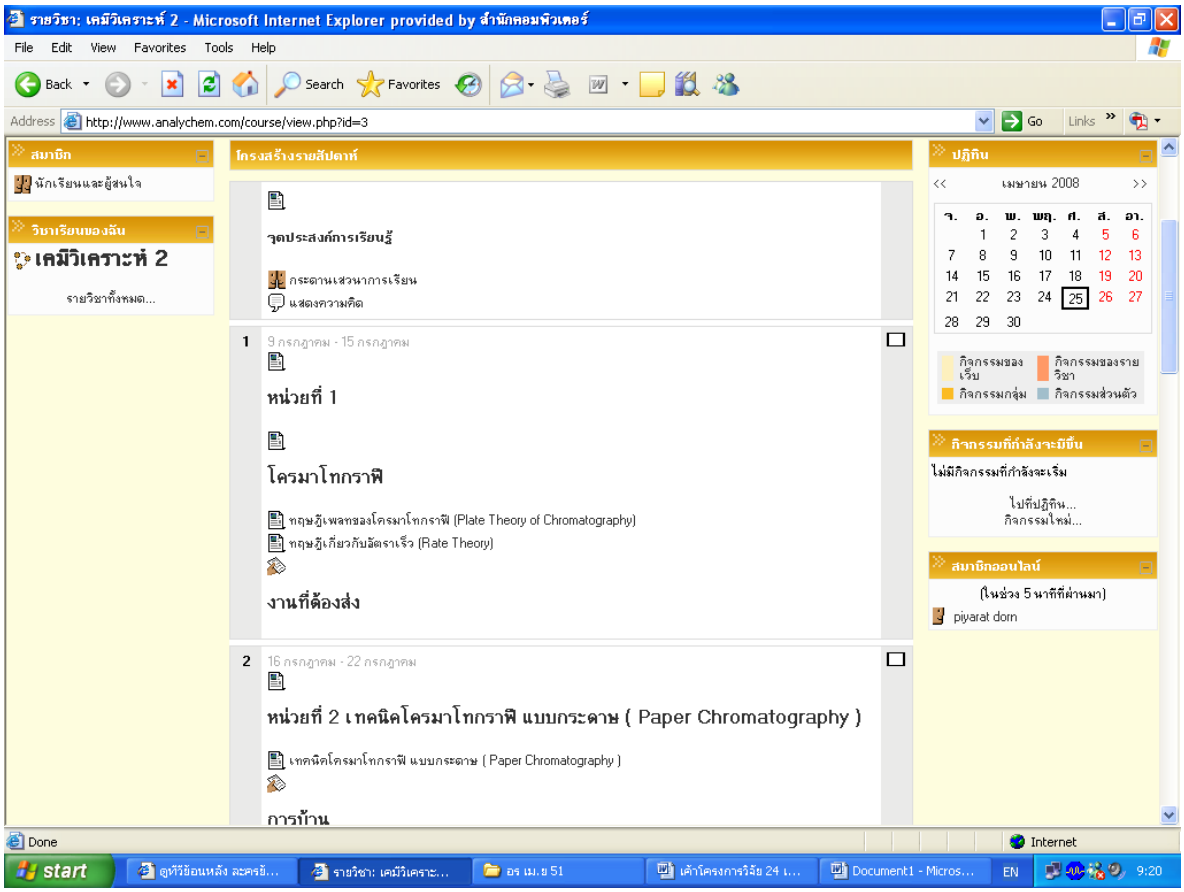
6.) อภิธานศัพท์ (Glossary) เพิ่มคำศัพท์สำหรับแต่ละรายวิชา, ผู้เรียนเพิ่มคำศัพท์ได้, มีระบบการให้คะแนนคำศัพท์, แสดงความเห็นต่อการให้ความหมายของคำศัพท์

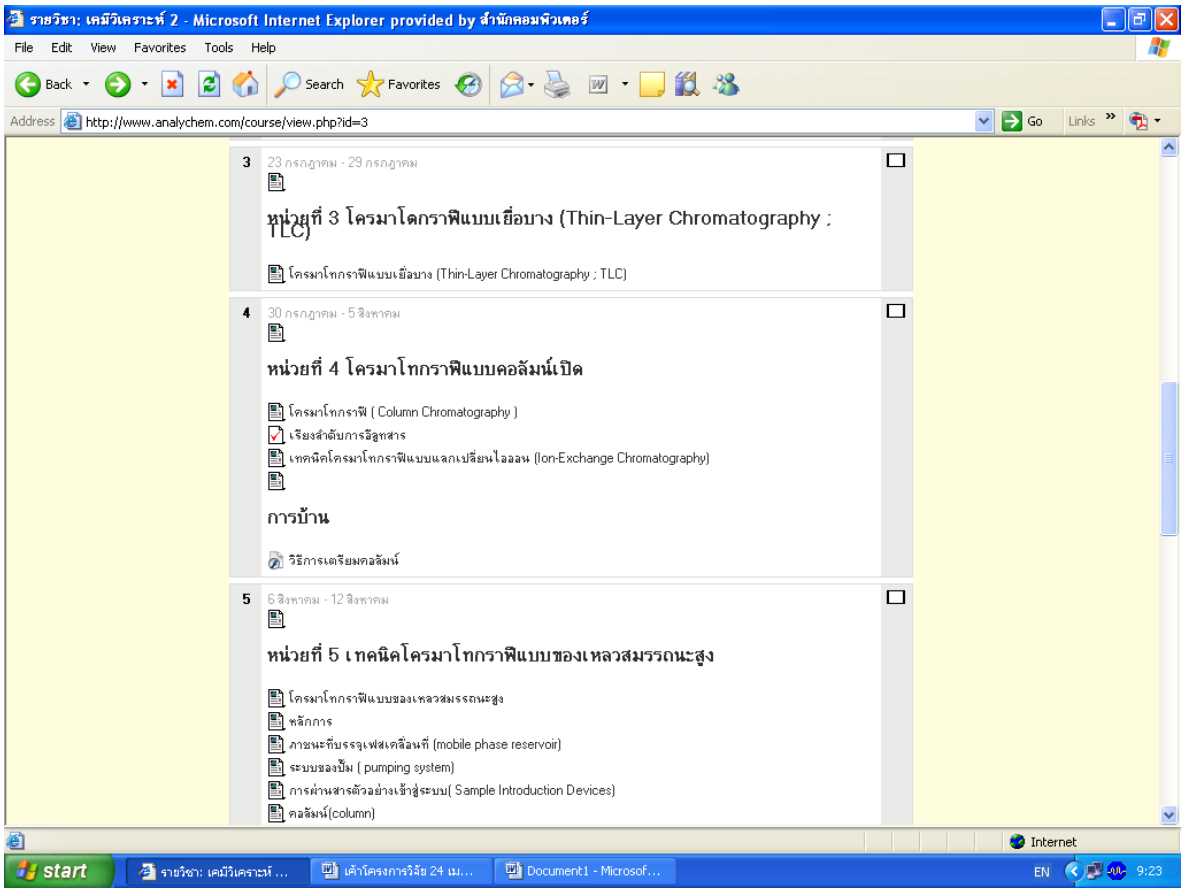
ภาคผนวก ฌ

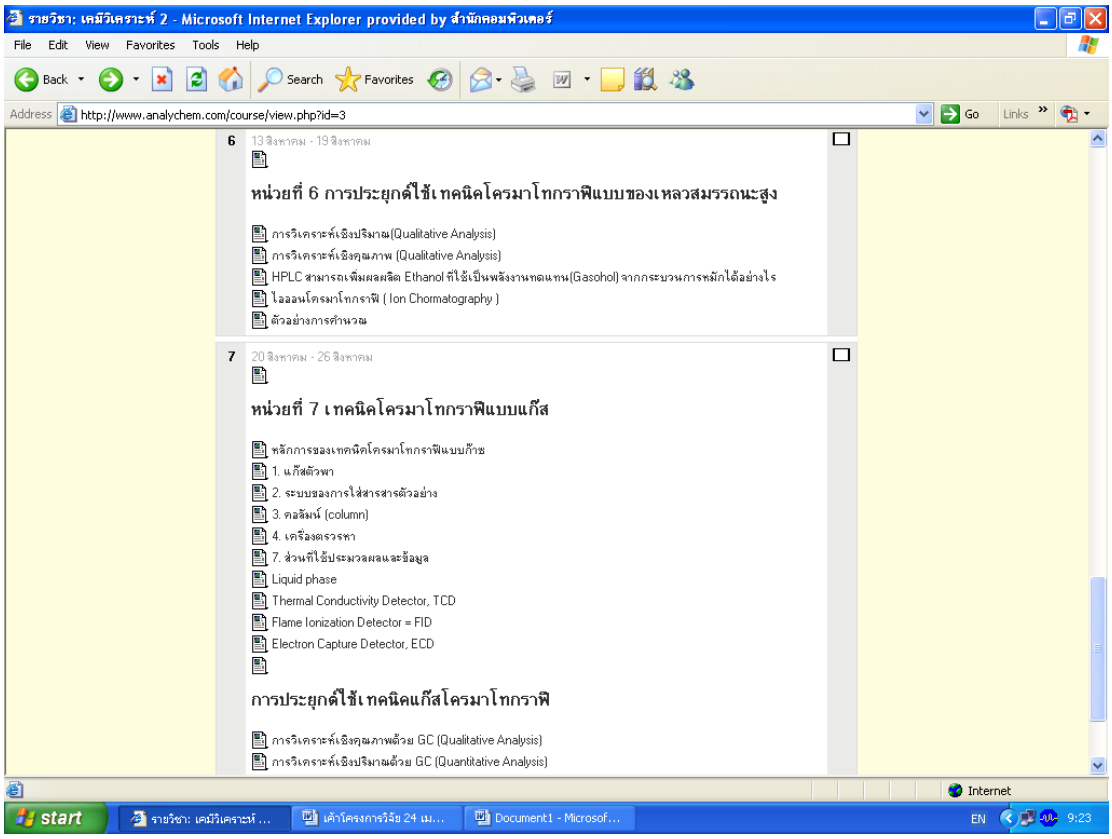
โมดูลการเรียนรู้วิชาเคมีวิเคราะห์ในระดับอุดมศึกษาด้วยวัฏจักรแห่งการคิดค้นผ่านระบบออนไลน์ในเวบไซต์ analychem.com

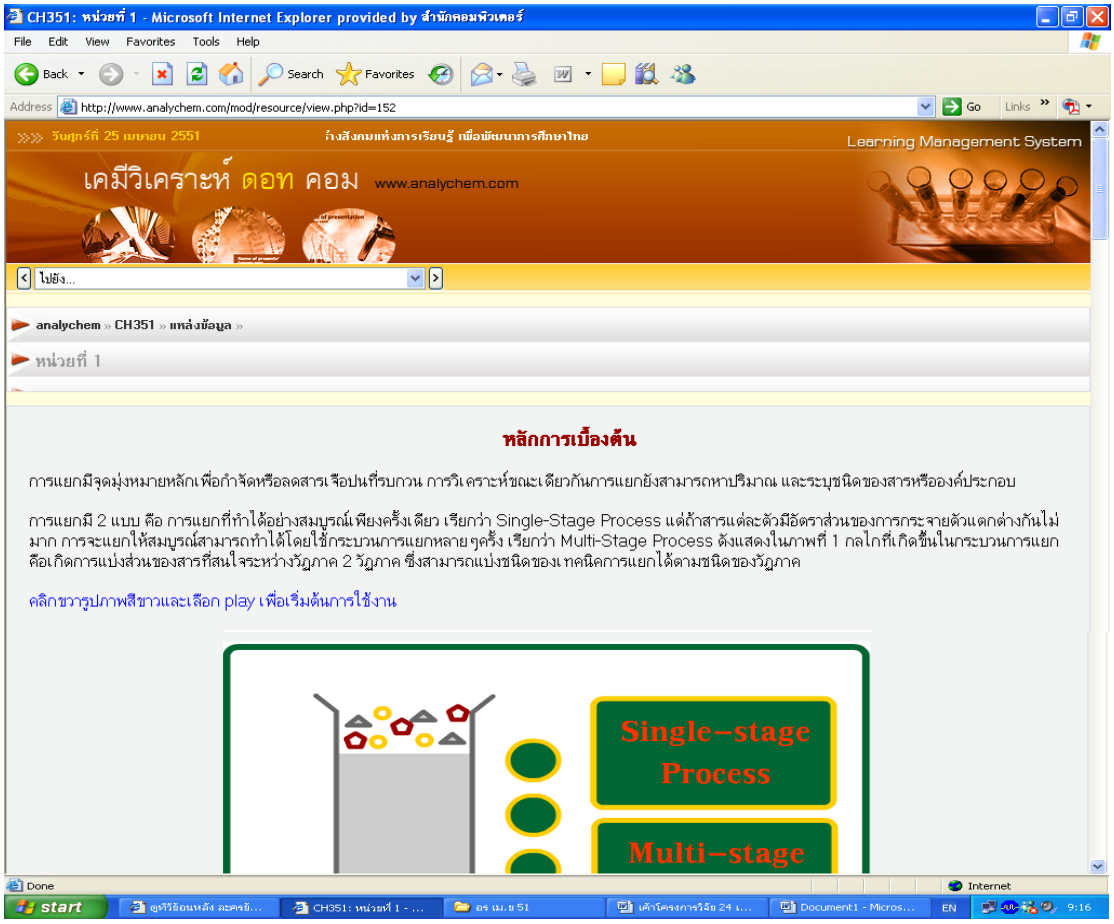

Analytical Chemistry: ล็อกอินเข้าเว็บ - Microsoft Internet Explorer provided by สำนักคอมพิวเตอร์
File Edit View Favorites Tools Help
Back Search Favorites
Address http://www.analychem.com/login/index.php
Go Links
วันศุกร์ที่ 25 เมษายน 2551
สร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาการศึกษาไทย
Learning Management System
เคมีวิเคราะห์ ดอท คอม www.analychem.com
คุณยังไม่ได้เข้าสู่ระบบค่ะ เข้าสู่ระบบ
analychem » ล็อกอินเข้าเว็บ
Thai (th)
กลับมาที่เว็บไซต์นี้?
คุณเข้ามาที่นี่เป็นครั้งแรกหรือเปล่าคะ
เข้าสู่ระบบโดยใช้ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านของคุณ:
(เว็บบราวเซอร์ที่คุณใช้ต้องอนุญาตให้รับ cookies)
ชื่อผู้ใช้:
รหัสผ่าน:
เข้าสู่ระบบ
สวัสดี
กรุณาสมัครสมาชิกใหม่เพื่อที่คุณจะสามารถ เข้าไปยังบทเรียนต่างๆได้
ถ้าหากมีคนเลือกชื่อผู้ใช้ที่คุณต้องการไปแล้วกรุณาเลือกชื่อใหม่
บุคคลทั่วไปสามารถเข้าชมได้เฉพาะรายวิชาที่มี สัญลักษณ์หน้าคนติดอยู่ นั่นคือ อนุญาตให้บุคคลทั่วไปเข้าศึกษาได้ นอกนั้น สำหรับท่านที่เป็นสมาชิกเท่านั้น:
เข้าสู่ระบบในฐานะบุคคลทั่วไป
ลืมชื่อผู้ใช้หรือรหัสผ่าน ?
ส่งรายละเอียดผ่านอีเมล
Internet
start
Analytical Chemistry: ...
EN
9:13

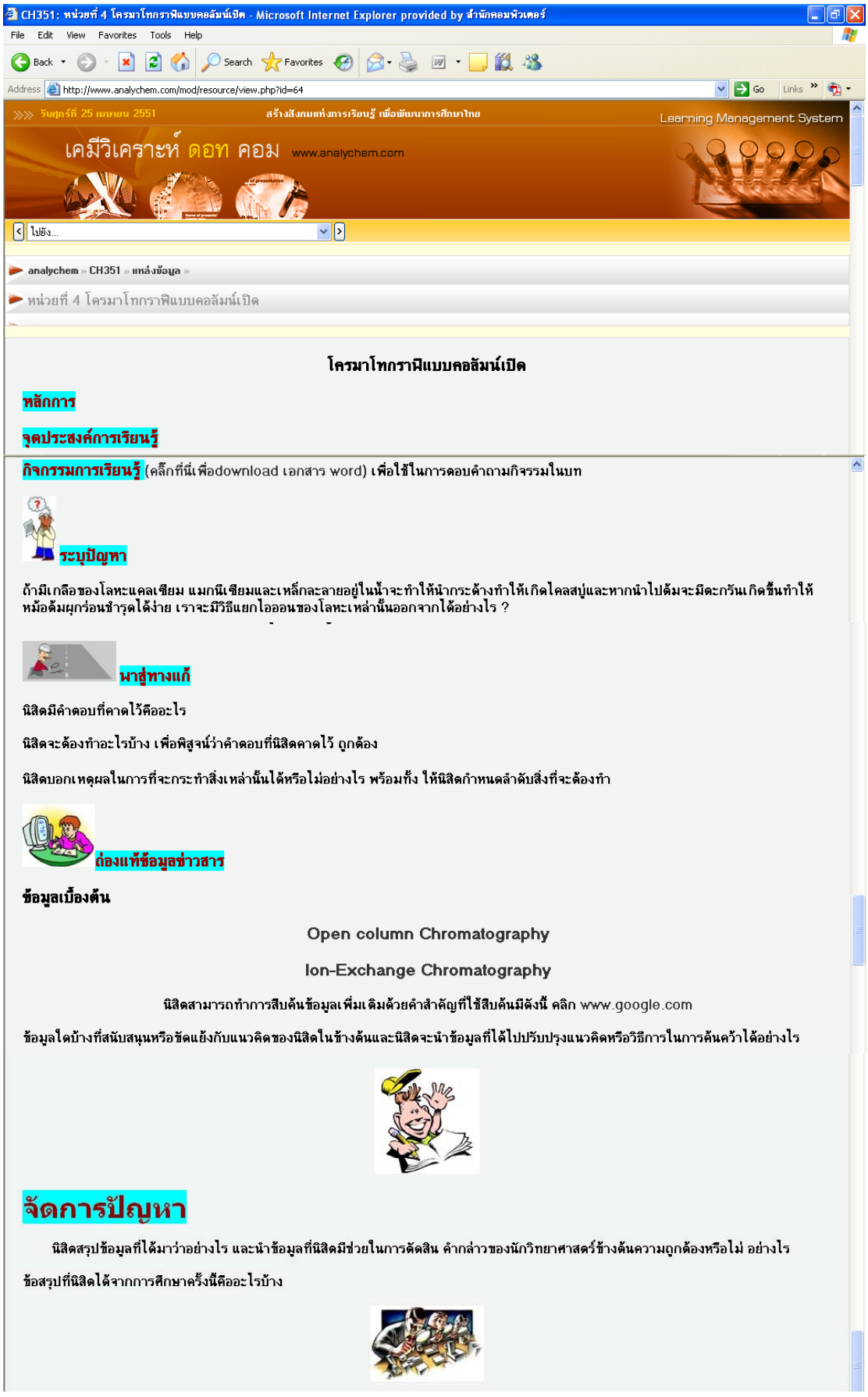

Analytical Chemistry - Microsoft Internet Explorer provided by สำนักคอมพิวเตอร์
File Edit View Favorites Tools Help
Back Search Favorites
Address http://www.analychem.com/
Go Links
วันศุกร์ที่ 25 เมษายน 2551
สร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาการศึกษาไทย
Learning Management System
เคมีวิเคราะห์ ดอท คอม www.analychem.com
คุณเข้าสู่ระบบในชื่อ: piyarat dorn ออกจากระบบ
Thai (th)
หน้าหลัก
ประกาศด่วน
ยินดีต้อนรับสมาชิกเข้าสู่โมดูลออนไลน์เคมีวิเคราะห์
ประกาศห้องสอบ CH351
วิชาเรียนของฉัน
เคมีวิเคราะห์ 2
รายวิชาทั้งหมด...
ภาพการเรียนการสอนในรายวิชาเคมีวิเคราะห์ 2 CH 351
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 ณ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
หอสมุดกลางมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
ปฏิทิน
เมษายน 2008
สมาชิกออนไลน์
(ในช่วง 5 นาทีที่ผ่านมา)
piyarat dorn
Done
Internet
start
Analytical Chemistr...
Document1 - Micros...
EN
9:18

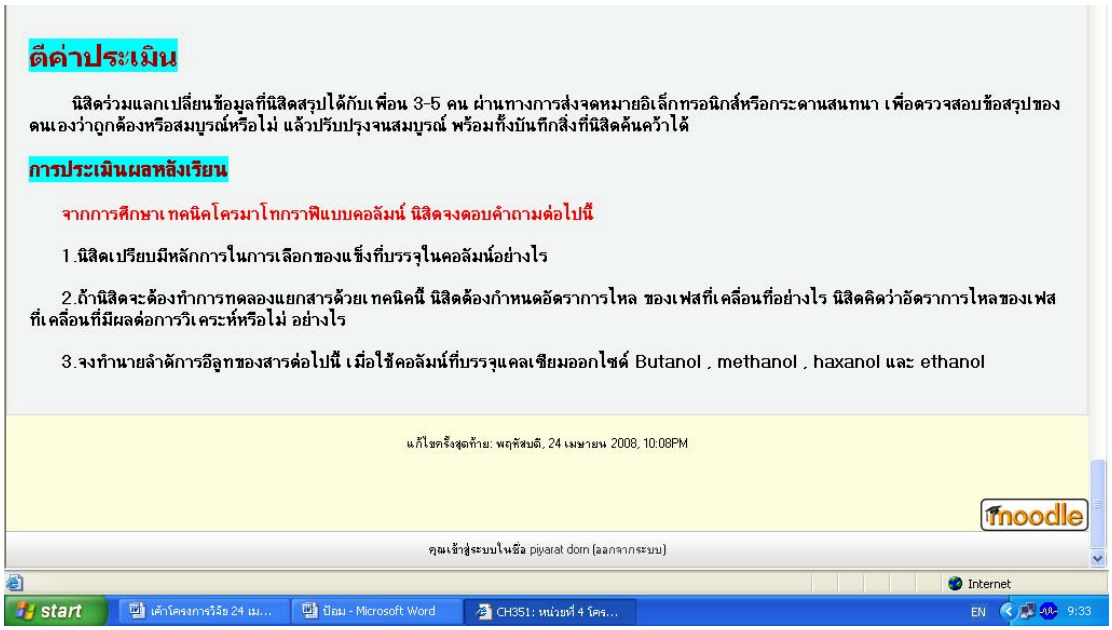

รายวิชา: เคมีวิเคราะห์ 2 - Microsoft Internet Explorer provided by สำนักคอมพิวเตอร์
File Edit View Favorites Tools Help
Back Search Favorites
Address http://www.analychem.com/course/view.php?id=3
Go Links
สมาชิก
นักเรียนและผู้สนใจ
วิชาเรียนของฉัน
เคมีวิเคราะห์ 2
รายวิชาทั้งหมด...
โครงสร้างรายสัปดาห์
จุดประสงค์การเรียนรู้
กระดานเสวนาการเรียน
แสดงความคิด
1 9 กรกฎาคม - 15 กรกฎาคม
หน่วยที่ 1
โครมาโทกราฟี
ทฤษฎีเพลทของโครมาโทกราฟี (Plate Theory of Chromatography)
ทฤษฎีเกี่ยวกับอัตราเร็ว (Rate Theory)
งานที่ต้องส่ง
2 16 กรกฎาคม - 22 กรกฎาคม
หน่วยที่ 2 เทคนิคโครมาโทกราฟี แบบกระดาษ (Paper Chromatography)
เทคนิคโครมาโทกราฟี แบบกระดาษ (Paper Chromatography)
การบ้าน
ปฏิทิน
เมษายน 2008
กิจกรรมล่าสุด
กิจกรรมกลุ่ม
กิจกรรมส่วนตัว
กิจกรรมที่กำลังจะมีขึ้น
ไม่มีกิจกรรมที่กำลังจะเริ่ม
ไปที่ปฏิทิน...
กิจกรรมใหม่...
สมาชิกออนไลน์
(ในช่วง 5 นาทีที่ผ่านมา)
piyarat dorn
Done
Internet
start
9:20


รายวิชา: เคมีวิเคราะห์ 2 - Microsoft Internet Explorer provided by สำนักคอมพิวเตอร์
File Edit View Favorites Tools Help
Back Search Favorites
Address http://www.analychem.com/course/view.php?id=3
Go Links
3 23 กรกฎาคม - 29 กรกฎาคม
หน่วยที่ 3 โครมาโตกราฟีแบบเยื่อบาง (Thin-Layer Chromatography ; TLC)
โครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง (Thin-Layer Chromatography ; TLC)
4 30 กรกฎาคม - 5 สิงหาคม
หน่วยที่ 4 โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์เปิด
โครมาโทกราฟี (Column Chromatography)
เรียงลำดับการอ้างอิง
เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแลกเปลี่ยนไอออน (Ion-Exchange Chromatography)
การบ้าน
วิธีการเตรียมคอลัมน์
5 6 สิงหาคม - 12 สิงหาคม
หน่วยที่ 5 เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง
โครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง
หลักการ
ภาชนะที่บรรจุเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase reservoir)
ระบบของปั๊ม (pumping system)
การผ่านสารตัวอย่างเข้าสู่ระบบ(Sample Introduction Devices)
คอลัมน์(column)
Internet
start
9:23


รายวิชา: เคมีวิเคราะห์ 2 - Microsoft Internet Explorer provided by สำนักคอมพิวเตอร์
File Edit View Favorites Tools Help
Back Search Favorites
Address http://www.analychem.com/course/view.php?id=3
Go Links
6 13 สิงหาคม - 19 สิงหาคม
หน่วยที่ 6 การประยุกต์ใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง
การวิเคราะห์เชิงปริมาณ(Qualitative Analysis)
การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis)
HPLC สามารถเพิ่มผลผลิต Ethanol ที่ใช้เป็นพลังงานทดแทน(Gasohol) จากกระบวนการหมักได้อย่างไร
ไอออนโครมาโทกราฟี (Ion Chormatography)
ตัวอย่างการคำนวณ
7 20 สิงหาคม - 26 สิงหาคม
หน่วยที่ 7 เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแก๊ส
หลักการของเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบก๊าซ
1. แก๊สตัวพา
2. ระบบของการใส่สารสารตัวอย่าง
3. คอลัมน์ (column)
4. เครื่องตรวจหา
7. ส่วนที่ใช้ประมวลผลและข้อมูล
Liquid phase
Thermal Conductivity Detector, TCD
Flame Ionization Detector = FID
Electron Capture Detector, ECD
การประยุกต์ใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี
การวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วย GC (Qualitative Analysis)
การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วย GC (Quantitative Analysis)
Internet
start
EN 9:23


CH351: หน่วยที่ 1 - Microsoft Internet Explorer provided by สำนักคอมพิวเตอร์
File Edit View Favorites Tools Help
Back Search Favorites
Address http://www.analychem.com/mod/resource/view.php?id=152
Go Links
วันศุกร์ที่ 25 เมษายน 2551
ก้าวสังคมแห่งการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาการศึกษาไทย
Learning Management System
เคมีวิเคราะห์ ดอท คอม www.analychem.com
ไปยัง...
analychem » CH351 » แหล่งข้อมูล »
หน่วยที่ 1
หลักการเบื้องต้น
การแยกมีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อกำจัดหรือลดสารเจือปนที่รบกวน การวิเคราะห์ขณะเดียวกันการแยกยังสามารถหาปริมาณ และระบุชนิดของสารหรือองค์ประกอบ
การแยกมี 2 แบบ คือ การแยกที่ทำได้อย่างสมบูรณ์เพียงครั้งเดียว เรียกว่า Single-Stage Process แต่ถ้าสารแต่ละตัวมีอัตราส่วนของการกระจายตัวแตกต่างกันไม่มาก การจะแยกให้สมบูรณ์สามารถทำได้โดยใช้กระบวนการแยกหลายๆครั้ง เรียกว่า Multi-Stage Process ดังแสดงในภาพที่ 1 กลไกที่เกิดขึ้นในกระบวนการแยกคือเกิดการแบ่งส่วนของสารที่สนใจระหว่างวัฏภาค 2 วัฏภาค ซึ่งสามารถแบ่งชนิดของเทคนิคการแยกได้ตามชนิดของวัฏภาค
คลิกขวารูปภาพสีขาวและเลือก play เพื่อเริ่มต้นการใช้งาน
Single-stage Process
Multi-stage
Done
Internet
start
EN 9:16


CH351: หน่วยที่ 4 โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์เปิด - Microsoft Internet Explorer provided by สำนักคอมพิวเตอร์
File Edit View Favorites Tools Help
Back Search Favorites
Address http://www.analychem.com/mod/resource/view.php?id=64
Go Links
วันศุกร์ที่ 25 เมษายน 2551
สร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาการศึกษาไทย
Learning Management System
เคมีวิเคราะห์ ดอท คอม www.analychem.com
ไปยัง...
analychem » CH351 » แหล่งข้อมูล »
หน่วยที่ 4 โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์เปิด
โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์เปิด
หลักการ
จุดประสงค์การเรียนรู้
กิจกรรมการเรียนรู้ (คลิ๊กที่นี่เพื่อdownload เอกสาร word) เพื่อใช้ในการตอบคำถามกิจรรมในบท
ระบุปัญหา
ถ้ามีเกลือของโลหะแคลเซียม แมกนีเซียมและเหล็กละลายอยู่ในน้ำจะทำให้น้ำกระด้างทำให้เกิดไคลสบู่และหากนำไปต้มจะมีตะกรันเกิดขึ้นทำให้หม้อต้มผุกร่อนชำรุดได้ง่าย เราจะมีวิธีแยกไอออนของโลหะเหล่านั้นออกจากได้อย่างไร ?
มาสู่ทางแก้
นิสิตมีคำตอบที่คาดไว้คืออะไร
นิสิตจะต้องทำอะไรบ้าง เพื่อพิสูจน์ว่าคำตอบที่นิสิตคาดไว้ ถูกต้อง
นิสิตบอกเหตุผลในการที่จะกระทำสิ่งเหล่านั้นได้หรือไม่อย่างไร พร้อมทั้ง ให้นิสิตกำหนดลำดับสิ่งที่จะต้องทำ
ต้องแท้ข้อมูลข่าวสาร
ข้อมูลเบื้องต้น
Open column Chromatography
Ion-Exchange Chromatography
นิสิตสามารถทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมด้วยคำสำคัญที่ใช้สืบค้นมีดังนี้ คลิก www.google.com
ข้อมูลใดบ้างที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับแนวคิดของนิสิตในข้างต้นและนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงแนวคิดหรือวิธีการในการค้นคว้าได้อย่างไร
จัดการปัญหา
นิสิตสรุปข้อมูลที่ได้มาว่าอย่างไร และนำข้อมูลที่นิสิตมีช่วยในการตัดสิน คำกล่าวของนักวิทยาศาสตร์ข้างต้นความถูกต้องหรือไม่ อย่างไร
ข้อสรุปที่นิสิตได้จากการศึกษาครั้งนี้คืออะไรบ้าง



ตีค่าประเมิน

นิสิตร่วมแลกเปลี่ยนข้อมูลที่นิสิตสรุปได้กับเพื่อน 3-5 คน ผ่านทางการส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์หรือกระดานสนทนา เพื่อตรวจสอบข้อสรุปของตนเองว่าถูกต้องหรือสมบูรณ์หรือไม่ แล้วปรับปรุงจนสมบูรณ์ พร้อมทั้งบันทึกสิ่งที่นิสิตค้นคว้าได้

การประเมินผลหลังเรียน

จากการศึกษาเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ นิสิตจงตอบคำถามต่อไปนี้

1.นิสิตเปรียบมีหลักการในการเลือกของแข็งที่บรรจุในคอลัมน์อย่างไร

2.ถ้านิสิตจะต้องทำการทดลองแยกสารด้วยเทคนิคนี้ นิสิตต้องกำหนดอัตราการไหล ของเฟสที่เคลื่อนที่อย่างไร นิสิตคิดว่าอัตราการไหลของเฟสที่เคลื่อนที่มีผลต่อการวิเคราะห์หรือไม่ อย่างไร

3.จงทำนายลำดับการอีลูทของสารต่อไปนี้ เมื่อใช้คอลัมน์ที่บรรจุแคลเซียมออกไซด์ Butanol , methanol , haxanol และ ethanol

แก้ไขครั้งสุดท้าย: พฤหัสบดี, 24 เมษายน 2008, 10:08PM

moodle

คุณเข้าสู่ระบบในชื่อ piyarat dom (ออกจากระบบ)

Internet

start | เค้าโครงการวิจัย 24 เม... | ป้อม - Microsoft Word | CH351: หน่วยที่ 4 โคร... | EN | 9:33

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล	ปิยรัตน์ (ศรีวิไล) ดรบัณฑิต
วัน เดือน ปี เกิด	วันอาทิตย์ที่ 11 เดือน มิถุนายน พุทธศักราช 2515
สถานที่เกิด	จังหวัดขอนแก่น
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	26/737 หมู่ที่ 10 ตำบลลาดสวาย อ. ลำลูกกา จ.ปทุมธานี 12150
สถานที่ทำงาน	ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สุขุมวิท23 แขวงคลองเตย เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2534	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนร่องคำ อำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์
พ.ศ. 2538	สำเร็จการศึกษาหลักสูตรการศึกษาบัณฑิต (กศ.บ.) สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
พ.ศ. 2543	สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาเคมีวิเคราะห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
พ.ศ. 2551	สำเร็จการศึกษาหลักสูตรการศึกษาดุษฎีบัณฑิต (กศม.) สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ