

โครงการวิจัย

เรื่อง

ผลการเรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวโดยใช้แนวทางการจัดการ
เรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วย“โครงการ Green
Chem Green Life” ที่มีต่อความสามารถในการคิด
วิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนิสิตระดับ
ปริญญาบัณฑิต

ทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช ประจำปี 2558

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ชาวสุภา

ธันวาคม 2559

โครงการวิจัย

เรื่อง

ผลการเรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวโดยใช้แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วย“โครงการ Green Chem Green Life” ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนิสิตระดับปริญญาบัณฑิต

ทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช ประจำปี 2558
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ชาวสุภา

ธันวาคม 2559

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลการเรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวเมื่อใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped classroom) โดยผ่านการจัดกิจกรรมโครงการ Green Chem Green Life ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ 2) ศึกษาผลการเรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวเมื่อใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped classroom) โดยผ่านการจัดกิจกรรมโครงการ Green Chem Green Life ที่มีต่อความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ นิสิตสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 และ 4 ปีการศึกษา 2557 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.73 ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.26-0.75 และแบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.78 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบค่าที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) นิสิตที่เรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวผ่านแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วย "โครงการ Green Chem Green Life" แล้วมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ค่าเฉลี่ยร้อยละ 78.43 อยู่ในระดับดีและสูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ที่ค่าเฉลี่ยร้อยละ 70 2) นิสิตที่เรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวผ่านการจัดกิจกรรมโครงการ Green Chem Green Life แล้วมีความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับดีมากโดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 72.84 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยที่ตั้งไว้ในสมมติฐานการวิจัยคือร้อยละ 65 ในระดับดีและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Abstract

The purposes of this research were to 1) study effect of green chemistry concept learning using the flipped classroom approach with "project green chem green life" on analytical thinking ability before and after learning through the flipped classroom approach with "project green chem green life" 2) study effect of green chemistry concept learning using the flipped classroom approach with "project green chem green life" on environmental awareness before and after learning through the flipped classroom approach with "project green chem green life" The sample group was 30 chemistry pre-service teachers in third and fourth year, in academic year 2014. The research instruments were analyzing ability test with reliability at 0.73, the level of difficulty between 0.26-0.75 and environmental awareness questionnaire with reliability at 0.78. The collected data were

analyzed by using means, means of percentage, standard deviation and the hypothesis was tested by using t-test. The research findings were summarized as follows: 1)) After the experiment, the undergraduate student who learned through the flipped classroom approach with "project green chem green life" had an average scores in analytical ability at 78.43 percent which higher than criterion scores at 70 percent and higher than before the experiment at 0.05 level of significance. 2) After the experiment, the undergraduate student who learned through the flipped classroom approach with "project green chem green life" had an average scores in environmental awareness in excellent level at 72.84 percent with higher than criterion scores at 65 percent and higher than before the experiment at 0.05 level of significance.

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันมนุษย์ได้พัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ อย่างต่อเนื่องทำให้เกิดรูปแบบใหม่ๆ ในการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ เทคโนโลยีเป็นสิ่งที่มีมนุษย์ใช้สร้างเครื่องมือหรือสิ่งอำนวยความสะดวกในการดำเนินชีวิตนอกจากเทคโนโลยีจะเป็นวิทยาการใหม่ที่ช่วยให้วิถีชีวิตของมนุษย์เป็นไปอย่างสะดวกสบายมากขึ้นแล้วในทางกลับกันวิทยาการเหล่านี้ก็สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไม่น้อย ดังเช่นรถยนต์เป็นยานพาหนะที่อำนวยความสะดวกในการเดินทางซึ่งนับได้ว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นในชีวิตประจำวันของมนุษย์ในยุคปัจจุบันเมื่อมีความต้องการซื้อรถยนต์ในปริมาณมากก็ย่อมมีการผลิตในปริมาณมากเทคโนโลยีการผลิตรถยนต์ตลอดจนการใช้รถยนต์และเชื้อเพลิงเป็นหนึ่งตัวอย่างที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากมายตามมา เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงเกิดแนวคิดเกี่ยวกับการบริโภคที่ยั่งยืน (sustainable consumption) และเกิดแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืน (sustainable development) ขึ้นในหลายภาคส่วนทั้งส่วนการบริหารนโยบายการผลิตและการศึกษา โดยทุกภาคส่วนต่างให้ความสำคัญกับการพัฒนาที่ยั่งยืนนับได้ว่าเป็นเรื่องที่ทำหายอย่างยิ่งสำหรับนักเคมี นักชีวเคมีวิศวกรและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตหรือสร้างนวัตกรรมที่มีส่วนประกอบของสารเคมีหรือผลิตภัณฑ์ทางเคมีตั้งนั้นเพื่อตอบสนองแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืนและกระตุ้นให้ผู้บริโภคได้ตระหนักถึงการบริโภคผลิตภัณฑ์ต่างๆ อย่างยั่งยืนแนวทางปฏิบัติสำคัญที่นักเคมีชีวเคมีวิศวกรและผู้ที่เกี่ยวข้องควรตระหนักและให้ความสำคัญอย่างยิ่งคือการลด(reduction)ปริมาณของเสียที่เกิดจากการผลิตหรือใช้นวัตกรรมนั้นๆลดการใช้วัตถุดิบเชื้อเพลิงตัวทำลายค่าใช้จ่ายความเสี่ยงและตระหนักถึงความคุ้มค่าในการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ให้สูงสุดการตระหนักถึงความต้องการในการลดหรือหยุดการทำลายสิ่งแวดล้อมอันเกิดจากผลิตภัณฑ์หรือนวัตกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้นรวมถึงกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตหรือสร้างนวัตกรรมเหล่านั้น ทำให้เกิดแนวคิดเคมีสีเขียวซึ่งคำว่าเคมีสีเขียวหรือ "green chemistry" ปรากฏขึ้นครั้งแรกใน ปีค.ศ.1991 เคมีสีเขียว (green chemistry) เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวกับการลด หลีกเลี่ยงหรือกำจัดสารก่อให้เกิดอันตรายกับสิ่งแวดล้อมในการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการสังเคราะห์สาร รวมทั้งการใช้ผลิตภัณฑ์ทางเคมีต่างๆ ดังนั้นหัวใจสำคัญของเคมีสีเขียวจึงเป็นการวางแผนการปฏิบัติในกระบวนการหรือขั้นตอนทางเคมีเพื่อให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

แนวคิดเคมีสีเขียวประกอบไปด้วยหลักการพื้นฐาน 12 ประการซึ่งเป็นแนวทางสำหรับการคิด การวางแผน ออกแบบ พัฒนาและการนำไปสู่การปฏิบัติ เพื่อทำให้มีการลดหรือเลิกการใช้และผลิตสารในกระบวนการผลิตทางเคมีที่เป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (Wardencki, 2005; วิบูลย์, 2554) แนวคิดดังกล่าวประกอบด้วย

1. การป้องกันการเกิดของเสีย (prevention) คือการหลีกเลี่ยงการทำให้เกิดของเสียจากการผลิต การสังเคราะห์หรือกระบวนการต่างๆซึ่งย่อมเป็นสิ่งที่ดีกว่าการบำบัดหรือกำจัดของเสียนั้นภายหลัง

2. การใช้สารเคมีทุกอะตอมให้คุ้มค่า (atom economy) ในกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี จำเป็นต้องมีการออกแบบให้สารตั้งต้นถูกใช้อย่างคุ้มค่าทุกอะตอมซึ่งการประเมินการใช้สารเคมีทุกหน่วยอะตอมหรือเรียกว่าการหาประสิทธิภาพการมีส่วนร่วมทุกอะตอมของสารสามารถคำนวณได้ดังสูตรดังนี้

$$\% \text{ atom economy} = \frac{\text{มวลโมเลกุลของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ}}{\text{มวลโมเลกุลของสารตั้งต้นทั้งหมด}} \times 100$$

3. กระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีที่เป็นอันตรายน้อยลง (less hazardous chemical syntheses) คือการออกแบบกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีที่ไม่เป็นอันตรายและควรลดความเป็นพิษลงโดยส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด

4. สารเคมีที่สังเคราะห์ได้ไม่เป็นพิษและมีประสิทธิภาพ (designing safer chemicals) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมีเป็นสารที่ใช้งานได้มีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ของการสังเคราะห์และในขณะเดียวกันก็มีความเป็นพิษน้อยหรือไม่สร้างผลเสียที่กระทบต่อชีวิตมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

5. การเลือกใช้ตัวทำละลายและตัวช่วยที่ปลอดภัย (safer solvents and auxiliaries) การใช้ตัวทำละลายและตัวช่วยที่ปลอดภัย เช่น น้ำ ตัวทำละลายมีประจุ หรือคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต (supercritical carbon dioxide) และเลือกใช้สภาวะการทดลองที่ไม่รุนแรง เช่น ไม่ใช้สภาวะที่เป็นกรดหรือเบสที่รุนแรง เป็นต้น ผู้ใช้ควรพิจารณาหลีกเลี่ยงหรือเลือกใช้ตัวทำละลายหรือกระบวนการที่ปลอดภัยมากกว่า เช่น บางปฏิกิริยาที่ไม่ใช้ตัวทำละลายในการสังเคราะห์สารเลย

6. การออกแบบการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (design for energy efficiency) ควรออกแบบการใช้พลังงานในขั้นตอนการสังเคราะห์ทางเคมีอย่างมีประสิทธิภาพโดยตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจควรลดการใช้เชื้อเพลิงหากเป็นไปได้พิจารณาวิธีการใช้พลังงานที่สามารถควบคุมระดับอุณหภูมิและความดันให้เป็นปกติได้กล่าวคือสามารถใช้ความดัน ณ สภาวะปกติและความร้อนที่อุณหภูมิห้องได้ หรือใช้อุณหภูมิห้อง แต่ใช้ความดันสูง ก็จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของปฏิกิริยาเคมีบางชนิดได้

7. การใช้วัตถุดิบหรือสารที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ (use of renewable feedstocks) วัตถุดิบหรือสารที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีควรเป็นสารที่สามารถนำมาใช้ใหม่ได้อีกซึ่งรวมถึงวัตถุดิบหรือสารที่เหลือใช้หรือทิ้งจากกระบวนการอื่นๆ ได้ทั้งนี้ผู้ใช้ควรพิจารณาเลือกสารที่มาจากแหล่งผลิตทดแทนได้อย่างต่อเนื่อง โดยพิจารณาความเป็นไปได้ทั้งทางเทคนิคการใช้สารและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ประกอบกัน

8. ลดการทำสารอนุพันธ์ (reduce derivatives) คือควรลดการสังเคราะห์สารอนุพันธ์ที่ไม่จำเป็นอาทิ การใส่หมู่ป้องกัน (blocking group) โดยการใส่หมู่ป้องกันและการนำหมู่ป้องกันออกในขั้นตอนการสังเคราะห์สารเคมี (protection/deprotection) อาจเกิดสารที่เป็นของเสียขึ้นมาได้

9. การเร่งปฏิกิริยา (catalysis) ในการสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์จากสารตั้งต้นต่างๆ ควรใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา เพราะเมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดตัวเร่งปฏิกิริยาจะกลับสู่สภาพเดิมและสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้อีกในปฏิกิริยาแบบเดียวกันไม่ควรใช้สารตั้งต้นปริมาณมากๆ ฉะนั้นการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจะช่วยให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้นและให้ผลที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าปฏิกิริยาแบบเดียวกันที่มีการใช้สารตั้งต้นในปริมาณมากกว่าหรือเท่ากับหน่วยปริมาณสัมพันธ์ (stoichiometric reagent) ซึ่งจะให้ของเสียในปริมาณที่มากกว่าและใช้สารได้เพียงครั้งเดียว

10. การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ (design for degradation) ควรออกแบบให้ผลิตภัณฑ์เมื่อย่อยสลายแล้วไม่มีการตกค้างหรือสะสมในสิ่งแวดล้อมไม่เป็นพิษ ซึ่งขึ้นอยู่กับขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างของทางเคมีของผลิตภัณฑ์นั้นอีกด้วย

11. การตรวจวิเคราะห์ติดตามผลเพื่อป้องกันการเกิดมลภาวะตลอดเวลา (real-time analysis for pollution prevention) คือการเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบหรือพัฒนาวิธีวิเคราะห์เพิ่มเข้ามาเพื่อติดตามว่าระหว่างกระบวนการทางเคมีนั้นทำให้เกิดมลภาวะหรือเป็นเหตุให้มีสารซึ่งเป็นอันตรายเกิดขึ้นหรือไม่โดยกำกับดูแลหรือประเมินแบบตลอดเวลา ทุกระยะ เพื่อปรับเปลี่ยนแก้ไขได้ทันทีก่อนเกิดมลภาวะในทุกขั้นตอนแบบการประเมินตลอดวงจรการใช้งาน (life-cycle assessment) ตั้งแต่เริ่มต้นระหว่างกระบวนการและได้ผลิตภัณฑ์ออกมาตลอดจนการใช้ผลิตภัณฑ์จนหมดอายุการใช้งาน (Doble, 2007)

12. คุณสมบัติด้านความปลอดภัยเพื่อลดหรือป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ (inherently safer chemistry for accident prevention) สารที่ใช้ในกระบวนการทางเคมีควรเลือกใช้ชนิดและสถานะของสารให้เหมาะสมเพื่อลดอุบัติเหตุทางเคมีที่อาจเกิดขึ้นได้เช่นการรั่วไหล (releases) การระเบิด (explosions) และการลุกไหม้ (fires) เพราะในกระบวนการทางเคมีมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุตลอดเวลาจึงควรเลือกใช้สารเคมีที่มีความปลอดภัยสูงและควรฝึกป้องกันและแก้ไขสถานการณ์ที่เป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุได้

ในการสอนโดยประยุกต์แนวคิดเคมีสีเขียวนี้ หัวใจสำคัญอยู่ที่การสอนที่ควบคู่ไปกับการฝึกปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ นักเคมีรุ่นใหม่นอกจากจะมีความรู้และทักษะทางเคมีแล้ว จะต้องมีความตระหนักรู้ว่าปฏิบัติการทางเคมีต้องเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วยโดยยึดหลักการพื้นฐานตามแนวคิดเคมีสีเขียว Wardencki, W. และคณะ (2005) เสนอแนะให้มีการสร้างความเข้าใจแนวคิดหรือหลักการพื้นฐานในระดับมัธยมศึกษาโดยให้ผู้เรียนรู้จักการสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลทางเคมีรูปแบบใหม่ พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการประเมินหรือวิเคราะห์การก่อให้เกิดของเสียแต่ละ

ขั้นตอน อันจะส่งผลให้เกิดนักเคมีรุ่นใหม่ที่น่าสนใจสิ่งแวดล้อม ดังนั้นผู้สอนจึงมีบทบาทสำคัญในการกำหนดแนวทางการเรียนรู้ผ่านการออกแบบหลักสูตรให้เกิดการเรียนรู้สู่การพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไปซึ่งในการสอนโดยประยุกต์แนวคิดเคมีสีเขียวนั้น หัวใจสำคัญอยู่ที่การสอนที่ควบคู่ไปกับการฝึกปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ นักเคมีรุ่นใหม่นอกจากจะมีความรู้และทักษะทางเคมีแล้ว จะต้องมีความตระหนักรู้ว่าปฏิบัติการทางเคมีต้องเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วยโดยยึดหลักการพื้นฐานตามแนวคิดเคมีสีเขียว ซึ่งการจะนำแนวคิดเคมีสีเขียวสู่กระบวนการจัดการเรียนการสอนนั้น พบว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันส่วนใหญ่ยังไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์เท่าที่ควร ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์นั้นต้องเริ่มต้นด้วยการกระตุ้นให้ผู้เรียนหาคำตอบด้วยตนเอง มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ พร้อมทั้งสามารถเชื่อมโยงความรู้และนำมาใช้ประโยชน์ได้ ฉะนั้นการคิดวิเคราะห์จึงเป็นทักษะหนึ่งในการรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งผู้เรียนจะได้เปรียบเทียบและจำแนกเพื่อเชื่อมโยงให้เกิดการประเมินค่า ตัดสินใจและอธิบายสาเหตุการตัดสินใจนั้นได้ส่วนความตระหนัก (awareness) เป็นพฤติกรรมด้านอารมณ์แสดงถึงการรับรู้ หรือการมีจิตสำนึกต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งเกิดจากสิ่งเร้า โดยจะสามารถพัฒนาไปเป็นเจตคติ ค่านิยมหรือพฤติกรรมในขั้นสูงต่อไป (ยุบล ธงวิชัย และ วิมล สาราญวานิช, 2552) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความตระหนักเป็นการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการคิดจำแนกแยกแยะอย่างมีเหตุผล โดยฝึกให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อนำมาสู่การคิดวิเคราะห์ ไตร่ตรอง จนถึงการนำมาสู่ความตระหนักในสิ่งที่ถูกต้องและไม่ก่อให้เกิดปัญหาขึ้นในสังคมซึ่งการจะให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์และการตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมเมื่อใช้แนวคิดเคมีสีเขียวในการเรียนการสอนแล้วสิ่งสำคัญก็คือการจัดการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ พบว่าแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบใหม่ที่น่าสนใจ คือ ห้องเรียนกลับด้าน (flipped classroom) โดย Jonathan Bergman และ Aaron Sams ครูสอนวิชาเคมีของโรงเรียน Woodland Park High School ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้คิดค้นขึ้นในปี ค.ศ. 2007 ปัจจุบันแนวทางการจัดการเรียนการสอนนี้ได้แพร่หลายไปยังหลายๆประเทศและเป็นที่ยอมรับเนื่องจากเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ผู้เรียนจะเรียนวิชาการที่บ้าน และทำการบ้านที่โรงเรียนหรือรับถ่ายทอดความรู้ที่บ้านแล้วมาสร้างความรู้ต่อยอดจากวิชาที่รับถ่ายทอดมาให้เป็นความรู้ที่สอดคล้องกับชีวิต ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีพลัง เกิดทักษะที่เรียกว่า ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (กุลธิดา ปัญญาจิรภูมิ, 2556) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของการเรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวโดยใช้แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (flipped classroom) เนื่องจากวิธีสอนแบบกลับทางห้องเรียน จะช่วยให้การเรียนรู้แบบ project-based learning (PBL) ทำได้สะดวกขึ้นเพราะสามารถใช้เวลาในชั้นเรียนทำโครงการและครุมีเวลาช่วยแนะนำหรืออำนวยความสะดวกได้มากขึ้นโดยกิจกรรมที่ผู้วิจัยได้ออกแบบให้นี้สันททำหรือสืบค้นและทำเป็นรูปธรรมโดยให้ทำการเผยแพร่ให้ผู้สนใจอีกด้วยคือ โครงการ

Green Chem Green Life โดยการวิจัยนี้ศึกษาผลของกระบวนการวิจัยดังกล่าวที่มีต่อการคิดวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนิสิตระดับปริญญาบัณฑิต

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวเมื่อใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped classroom) โดยผ่านการจัดกิจกรรมโครงการ Green Chem Green Life ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

2. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวเมื่อใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped classroom) โดยผ่านการจัดกิจกรรมโครงการ Green Chem Green Life ที่มีต่อความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ตัวแปรต้น คือ แนวทางการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านผ่านการจัดกิจกรรมโครงการ Green Chem Green Life

ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

สมมติฐานงานวิจัย คือ

1. นิสิตที่เรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านผ่านการจัดกิจกรรมโครงการ Green Chem Green Life แล้วมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มและสูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

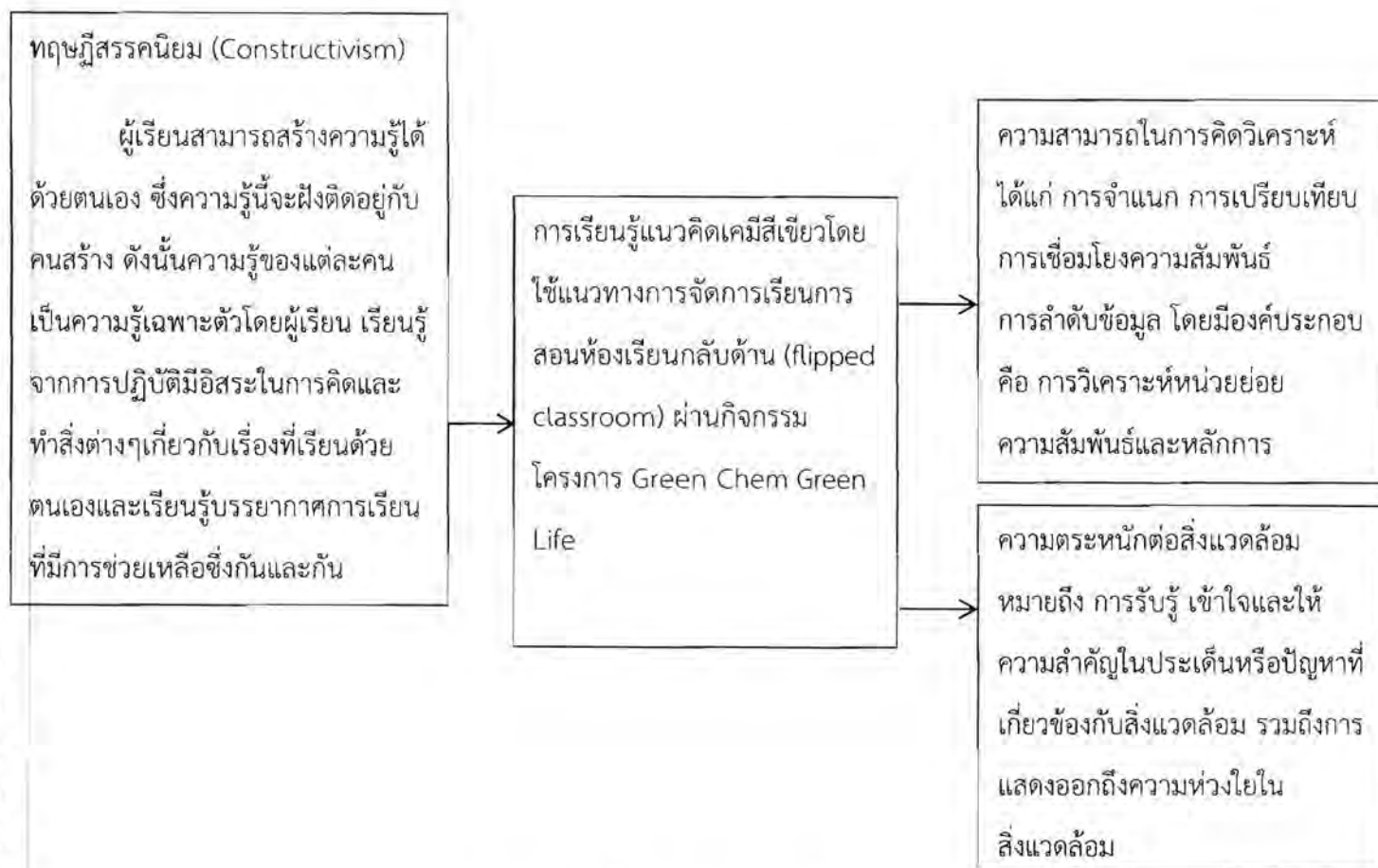
2. นิสิตที่เรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านผ่านการจัดกิจกรรมโครงการ Green Chem Green Life แล้วมีความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับดีและสูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา

นิสิตระดับปริญญาบัณฑิตชั้นปีที่ 3 และ 4 สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ วิชาเอกเคมี(เดี่ยว) และ วิทยาศาสตร์-เคมี ภาคต้น ปีการศึกษา 2557 จำนวน 30 คน

5. กรอบแนวคิด ทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวเมื่อใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped classroom) โดยผ่านการจัดกิจกรรมโครงการ Green Chem Green Life ของนิสิตระดับปริญญาบัณฑิต ซึ่งสรุปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยดังแสดงในแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

6. ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1. นิสิตระดับปริญญาบัณฑิตปีวิชาเอกเคมี(เอกเดี่ยว) และวิทยาศาสตร์-เคมี (เอกคู่) ที่เรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวโดยใช้แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน(flipped classroom) ด้วยการจัดกิจกรรมโครงการ Green Chem Green Life มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์
2. นิสิตระดับปริญญาบัณฑิตมีความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการสอนต่อไปในอนาคต
3. เพื่อเป็นแนวทางให้กับนักเรียน นิสิต ครู หรือผู้สนใจในการนำแนวคิดเคมีสีเขียวสู่กิจกรรมการเรียนการสอนต่อไป
4. เพื่อเป็นการเผยแพร่แนวคิดเคมีสีเขียวผ่านโครงการ Green Chem Green Life

7. นิยามศัพท์เฉพาะ

1. โครงการ Green Chem Green Life หมายถึง การจัดแสดงการทดลองทางเคมีที่น่าสนใจบนพื้นฐานของแนวคิดเคมีสีเขียว จำนวน 10 การทดลองให้แก่ผู้สนใจทั่วไป อาทิ นักเรียน ครู เป็นต้น

2. แนวทางการจัดการเรียนการสอนห้องเรียนกลับด้าน (flipped classroom) หมายถึง รูปแบบหนึ่งของการสอนโดยที่ผู้เรียนจะได้เรียนรู้จากการบ้านที่ได้รับผ่านการเรียนด้วยตนเองจากสื่อวีดิทัศน์ (Video) นอกชั้นเรียนหรือที่บ้าน ส่วนการเรียนในชั้นเรียนปกตินั้นจะเป็นการเรียนแบบสืบค้นหาความรู้ที่ได้รับร่วมกันกับเพื่อนร่วมชั้น โดยมีครูเป็นผู้คอยให้ความช่วยเหลือชี้แนะโดยประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดยุทธวิธีเพิ่มพูนประสบการณ์ (Experiential Engagement)
2. การสืบค้นเพื่อให้เกิดมโนทัศน์รวบยอด (Concept Exploration)
3. การสร้างองค์ความรู้ที่มีความหมาย (Meaning Making)
4. การสาธิตและประยุกต์ใช้ (Demonstration & Application)

2. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกแยกแยะข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยๆ เพื่อหาความสัมพันธ์หรือความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกันระหว่างส่วนย่อยนั้น และสามารถค้นหาหลักการที่เชื่อมโยงส่วนย่อยต่างๆ เป็นส่วนรวมได้ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบได้แก่

2.1 การวิเคราะห์หน่วยย่อย เป็นการแยกแยะข้อมูลออกเป็นหน่วยย่อยหรือการค้นหาหน่วยย่อยที่มีอยู่ในข้อมูลซึ่งไม่ได้กล่าวอย่างชัดเจน

2.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการระบุความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อยต่างๆ หรือองค์ประกอบย่อยกับเรื่องราวทั้งหมด

2.3 การวิเคราะห์หลักการ เป็นการระบุโครงสร้างของการจัดระบบ หลักการ จุดมุ่งหมาย แนวคิดสำคัญของเรื่องเพื่อให้เข้าใจการเชื่อมโยงเกี่ยวข้องกัน

3. ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม หมายถึง การรับรู้ เข้าใจและให้ความสำคัญในประเด็นหรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม รวมถึงการแสดงออกถึงความห่วงใยในสิ่งแวดล้อมแสดงพฤติกรรมการมีเจตคติด้านสิ่งแวดล้อม แบ่งการวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเจตคติด้านสิ่งแวดล้อม และด้านการปฏิบัติตน วัดจากเครื่องมือ 2 ชุด คือ แบบสอบถามความตระหนักสิ่งแวดล้อมและแบบสัมภาษณ์ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องผลการเรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวโดยใช้แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วย “โครงการ Green Chem Green Life” ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนิสิตระดับปริญญาบัณฑิต ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ความหมายของเคมีสีเขียวและองค์ประกอบแนวคิดเคมีสีเขียว
2. ห้องเรียนกลับด้าน (Flipped classroom)
3. ลักษณะโครงการ Green Chem Green Life
4. ความหมายและองค์ประกอบของความสามารถในการคิดวิเคราะห์
5. ความหมายของความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม
6. แนวทางการวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความหมายของเคมีสีเขียวและองค์ประกอบแนวคิดเคมีสีเขียว

เคมีสีเขียวเป็นการใช้เคมีเพื่อป้องกันมลพิษโดยเฉพาะอย่างยิ่งเคมีสีเขียวเป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์เคมีและกระบวนการเคมีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นเคมีสีเขียวจะรวมลักษณะชนิดของกระบวนการเคมีเข้าด้วยกันเพื่อลดผลกระทบทางลบที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์กันโดยการลดหรือการจัดการใช้สารอันตรายและของเสียที่ปล่อยออกมารวมกับการสังเคราะห์หรือกระบวนการเฉพาะทางเคมีแบบใหม่ซึ่งจะสามารถลดความเสี่ยงที่มีผลต่อสุขภาพมนุษย์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้โดยเคมีสีเขียวสามารถสอดแทรกอยู่ได้ในเคมีพื้นฐานแขนงต่างๆไม่ว่าจะเป็นอินทรีย์เคมี (organic chemistry) อนินทรีย์เคมี (inorganic chemistry) ชีวเคมี (biochemistry) เคมีชีวภาพ (chemical biology) เคมีวิเคราะห์ (analytical chemistry) หรือแม้แต่ฟิสิกส์เคมี (physical chemistry) ตลอดจนมีการประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมที่มีการใช้กระบวนการทางเคมีในแขนงต่างๆเช่นปิโตรเคมีโพลิเมอร์นาโนเทคโนโลยีเป็นต้นทั้งนี้ด้วยวัตถุประสงค์อันเป็นจุดมุ่งหมายเดียวกันคือการทำให้เกิดมลภาวะน้อยที่สุดแต่เพิ่มประสิทธิผลและศักยภาพของกระบวนการผลิตและสังเคราะห์ตลอดจนการนำไปใช้ประโยชน์ในปีค.ศ. 1998 พอลที่แอนัสตัส (Paul Anastas) และจอห์นซีวอร์เนอร์ (John C. Warner) ได้คิดหลักการการพัฒนาเคมีสีเขียวไว้ 12 ข้อดังนี้ (Anastas and Warner, 1998)

1. การป้องกันการเกิดของเสีย (prevention) คือการหลีกเลี่ยงการทำให้เกิดของเสียจากการผลิต การสังเคราะห์หรือกระบวนการต่างๆซึ่งย่อมเป็นสิ่งที่ดีกว่าการบำบัดหรือกำจัดของเสียนั้นภายหลัง

2. การใช้สารเคมีทุกอะตอมให้คุ้มค่า (atom economy) ในกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี จำเป็นต้องมีการออกแบบให้สารตั้งต้นถูกใช้อย่างคุ้มค่าทุกอะตอมซึ่งการประเมินการใช้สารเคมีทุกหน่วยอะตอมหรือเรียกว่าการหาประสิทธิภาพการมีส่วนร่วมทุกอะตอมของสารสามารถคำนวณได้ดังสูตรดังนี้

$$\% \text{ atom economy} = \frac{\text{มวลโมเลกุลของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ}}{\text{มวลโมเลกุลของสารตั้งต้นทั้งหมด}} \times 100$$

3. กระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีที่เป็นอันตรายน้อยลง (less hazardous chemical syntheses) คือการออกแบบกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีที่ไม่เป็นอันตรายและควรลดความเป็นพิษลงโดยส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด

4. สารเคมีที่สังเคราะห์ได้ไม่เป็นพิษและมีประสิทธิภาพ (designing safer chemicals) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมีเป็นสารที่ใช้งานได้ดีมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ของการสังเคราะห์และในขณะเดียวกันก็มีความเป็นพิษน้อยหรือไม่สร้างผลเสียที่กระทบต่อชีวิตมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

5. การเลือกใช้ตัวทำละลายและตัวช่วยที่ปลอดภัย (safer solvents and auxiliaries) การใช้ตัวทำละลายและตัวช่วยที่ปลอดภัย เช่น น้ำ ตัวทำละลายมีประจุ หรือคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต (supercritical carbon dioxide) และเลือกใช้สภาวะการทดลองที่ไม่รุนแรง เช่น ไม่ใช้สภาวะที่เป็นกรดหรือเบสที่รุนแรง เป็นต้น ผู้ใช้ควรพิจารณาหลีกเลี่ยงหรือเลือกใช้ตัวทำละลายหรือกระบวนการที่ปลอดภัยมากกว่า เช่น บางปฏิกิริยาก็ไม่ใช้ตัวทำละลายในการสังเคราะห์สารเลย

6. การออกแบบการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (design for energy efficiency) ควรออกแบบการใช้พลังงานในขั้นตอนการสังเคราะห์ทางเคมีอย่างมีประสิทธิภาพโดยตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจควรลดการใช้เชื้อเพลิงหากเป็นไปได้พิจารณาวิธีการใช้พลังงานที่สามารถควบคุมระดับอุณหภูมิและความดันให้เป็นปกติได้กล่าวคือสามารถใช้ความดัน ณ สภาวะปกติและความร้อนที่อุณหภูมิห้องได้ หรือใช้อุณหภูมิห้อง แต่ใช้ความดันสูง ก็จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของปฏิกิริยาเคมีบางชนิดได้

7. การใช้วัตถุดิบหรือสารที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ (use of renewable feedstocks) วัตถุดิบหรือสารที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีควรเป็นสารที่สามารถนำมาใช้ใหม่ได้อีกซึ่งรวมถึงวัตถุดิบหรือสารที่เสียใช้หรือทิ้งจากกระบวนการอื่นๆ ได้ทั้งนี้ผู้ใช้ควรพิจารณาเลือกสารที่มาจากแหล่งผลิตทดแทนได้อย่างต่อเนื่องโดยพิจารณาความเป็นไปได้ทั้งทางเทคนิคการใช้สารและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ประกอบกัน

8. ลดการทำสารอนุพันธ์ (reduce derivatives) คือลดการสังเคราะห์สารอนุพันธ์ที่ไม่จำเป็นอาทิ การใส่หมู่ป้องกัน (blocking group) โดยการใส่หมู่ป้องกันและการนำหมู่ป้องกันออกในขั้นตอนการสังเคราะห์สารเคมี (protection/deprotection) อาจเกิดสารที่เป็นของเสียขึ้นมาได้

9. การเร่งปฏิกิริยา (catalysis) ในการสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์จากสารตั้งต้นต่างๆ ควรใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา เพราะเมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดตัวเร่งปฏิกิริยาจะกลับสู่สภาพเดิมและสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้อีกในปฏิกิริยาแบบเดียวกันไม่ควรใช้สารตั้งต้นปริมาณมากๆ ฉะนั้นการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจะช่วยให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น และให้ผลที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าปฏิกิริยาแบบเดียวกันที่มีการใช้สารตั้งต้นในปริมาณมากกว่าหรือเท่ากับ หน่วยปริมาณสัมพันธ์ (stoichiometric reagent) ซึ่งจะให้ของเสียในปริมาณที่มากกว่าและใช้สารได้เพียงครั้งเดียว

10. การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ (design for degradation) ควรออกแบบให้ผลิตภัณฑ์เมื่อย่อยสลายแล้วไม่มีการตกค้างหรือสะสมในสิ่งแวดล้อมไม่เป็นพิษ ซึ่งขึ้นอยู่กับขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างของทางเคมีของผลิตภัณฑ์นั้นอีกด้วย

11. การตรวจวิเคราะห์ติดตามผลเพื่อป้องกันการเกิดมลภาวะตลอดเวลา (real-time analysis for pollution prevention) คือการเพิ่มขั้นตอนการตรวจสอบหรือพัฒนาวิธีวิเคราะห์เพิ่มเข้ามาเพื่อติดตามว่าระหว่างกระบวนการทางเคมีนั้นทำให้เกิดมลภาวะหรือเป็นเหตุให้มีสารซึ่งเป็นอันตรายเกิดขึ้นหรือไม่โดยกำกับดูแลหรือประเมินแบบตลอดเวลา ทุกระยะ เพื่อปรับเปลี่ยนแก้ไขได้ทันทีก่อนเกิดมลภาวะในทุกขั้นตอนแบบ การประเมินตลอดวงจรการใช้งาน (life-cycle assessment) ตั้งแต่เริ่มต้นระหว่างกระบวนการและได้ผลิตภัณฑ์ออกมาตลอดจนการใช้ผลิตภัณฑ์จนหมดอายุการใช้งาน (Doble, 2007)

12. คุณสมบัติด้านความปลอดภัยเพื่อลดหรือป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ (inherently safer chemistry for accident prevention) สารที่ใช้ในกระบวนการทางเคมีควรเลือกใช้ชนิดและสถานะของสารให้เหมาะสมเพื่อลดอุบัติเหตุทางเคมีที่อาจเกิดขึ้นได้เช่นการรั่วไหล (releases) การระเบิด (explosions) และการลุกไหม้ (fires) เพราะในกระบวนการทางเคมีมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุตลอดเวลาจึงควรเลือกใช้สารเคมีที่มีความปลอดภัยสูงและควรฝึกป้องกันและแก้ไขสถานการณ์ที่เป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุได้

2. ห้องเรียนกลับด้าน (Flipped classroom)

ห้องเรียนกลับด้าน ตรงกับภาษาอังกฤษว่า The Flipped Classroom เป็นศัพท์บัญญัติที่นิยมไว้ ดังนี้ Flipped Classroom (n.) A Model of Teaching which students' homework is the traditional lecture viewed outside of class on a video. Class time is then spent on inquiry-based learning that would include what would traditionally be viewed as students' homework assignments. สรุปได้ว่าห้องเรียนกลับด้านเป็นรูปแบบหนึ่งของการสอนโดยที่ผู้เรียนจะได้เรียนรู้จากการบ้านที่ได้รับผ่านการเรียนด้วยตนเองจากสื่อวีดิทัศน์ (Video) นอกชั้นเรียนหรือที่บ้าน ส่วนการเรียนในชั้นเรียนปกติ นั้นจะเป็นการเรียนแบบสืบค้นหาความรู้ที่ได้รับร่วมกันกับเพื่อนร่วมชั้น โดยมีครูเป็นผู้คอยให้ความช่วยเหลือชี้แนะ จุดเริ่มต้นของการพัฒนานวัตกรรมประเภทนี้เกิดจากการจัดการเรียนการสอนนักเรียนระดับมัธยม

ปลายที่โรงเรียน Woodland Park High School เมือง Woodland Park รัฐ Colorado สหรัฐอเมริกา โดยครูผู้สอนวิทยาศาสตร์สองคนชื่อ Jonathan Bergmann และ Aaron Sams ราวปี ค.ศ. 2007 ที่เขาได้เริ่มทำการบันทึกเทปวิดีโอซึ่งเป็นเนื้อหาสาระการสอนเพื่อให้นักเรียนนำไปศึกษาด้วยตนเองที่บ้าน แล้วให้ผู้เรียนนำเอาผลการศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเองนำกลับมาสู่กระบวนการอภิปราย สืบค้นเพื่อหาบทสรุปของคำตอบที่ชั้นเรียนอีกครั้งหนึ่งโดยครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดประสบการณ์ทางการเรียนดังกล่าว ซึ่งวิธีการเรียนแบบนี้เป็นการเรียนแบบกลับด้านแนวคิดจากแบบเดิมที่ต้องเรียนเนื้อหาที่โรงเรียนและนำงานกลับไปทำต่อที่บ้าน โดยให้เรียนเนื้อหาที่บ้านด้วยตนเอง แล้วนำงานหรือประสบการณ์ที่ได้รับมาทำการเรียนรู้เพิ่มเติมที่โรงเรียนร่วมกับเพื่อนต่อไปโดยครูจะเป็นผู้ให้คำแนะนำ ชี้แจงในประเด็นคำตอบที่เกิดขึ้นซึ่งรูปแบบดังกล่าวนี้ภายหลังได้พัฒนาและขยายขอบข่ายไปกว้างขวาง โดยเฉพาะการปรับใช้กับสื่อ ICT หลากหลายประเภทที่มีศักยภาพค่อนข้างสูงในปัจจุบัน

2.1 ข้อเปรียบเทียบของการเรียนแบบเดิมกับการเรียนแบบกลับด้าน

ได้กล่าวถึงแนวคิดของห้องเรียนกลับด้านมาในเบื้องต้นนี้ มีบทสรุปเปรียบเทียบให้เห็นถึงรูปแบบของการจัดการเรียนการสอนแบบกลับด้าน (Flipped Learning) กับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบเดิม (Traditional Learning) กล่าวคือการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับทางนั้นจะมุ่งเน้นการสร้างสรคองค์ความรู้ด้วยตัวผู้เรียนเองตามทักษะ ความรู้ความสามารถและสติปัญญาของเอ็กต์บุคคล (Individualized Competency) ตามอัตราความสามารถทางการเรียนแต่ละคน (Self-Paced) จากมวลประสบการณ์ที่ครูจัดให้ผ่านสื่อเทคโนโลยี ICT หลากหลายประเภทในปัจจุบัน และเป็นลักษณะการเรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้นอกชั้นเรียนอย่างอิสระทั้งด้านความคิดและวิธีปฏิบัติซึ่งแตกต่างจากการเรียนแบบเดิมที่ครูจะเป็นผู้ป้อนความรู้ประสบการณ์ให้ผู้เรียนในลักษณะของครูเป็นศูนย์กลาง (Teacher Center) ดังนั้นการสอนแบบกลับทางจะเป็นการเปลี่ยนแปลงบทบาทของครูอย่างสิ้นเชิง กล่าวคือครูไม่ใช่ผู้ถ่ายทอดความรู้แต่จะทำบทบาทเป็นติวเตอร์ (Tutors) หรือโค้ช (Coach) ที่จะเป็นผู้จุดประกายและสร้างความสนุกสนานในการเรียน รวมทั้งเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียน (Facilitators) ในชั้นเรียนนั้นๆ ข้อเปรียบเทียบด้านตัวอย่างของกิจกรรมและเวลา ระหว่างการเรียนแบบเดิม กับห้องเรียนกลับด้าน ดังแสดงให้เห็นจากตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบกิจกรรมและเวลาเรียนระหว่างห้องเรียนแบบเดิมกับห้องเรียนกลับด้าน
(วิจารณ์ พานิช, 2556)

ห้องเรียนแบบเดิม (Traditional classroom)	ห้องเรียนแบบกลับด้าน (Flipped classroom)
กิจกรรม Warm-up 5 นาที	กิจกรรม Warm-up 5 นาที
ทบทวนการบ้านก่อน 20 นาที	ถาม - ตอบ เกี่ยวกับวิดีโอทัศน์ 10 นาที
บรรยายเนื้อหาวิชาใหม่ 30 - 45 นาที	กิจกรรมเรียนรู้ที่ครูมอบหมายหรือนักเรียนคิดเอง หรือปฏิบัติการทดลอง 1 ชั่วโมง 15 นาที
กิจกรรมเรียนรู้ที่ครูมอบหมายหรือนักเรียน คิดเอง หรือปฏิบัติการทดลอง 20 - 35 นาที	

2.2 ตัวแบบ (Model) ของห้องเรียนแบบกลับด้าน

การจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) ซึ่งเป็นนวัตกรรมการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ในการสร้างผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้แบบรอบด้านหรือ Mastery Learning นั้น จะมีองค์ประกอบสำคัญที่เกิดขึ้น 4 องค์ประกอบที่เป็นวัฏจักร (Cycle) หมุนเวียนกันอย่างเป็นระบบซึ่งองค์ประกอบทั้ง 4 ที่เกิดขึ้นได้แก่

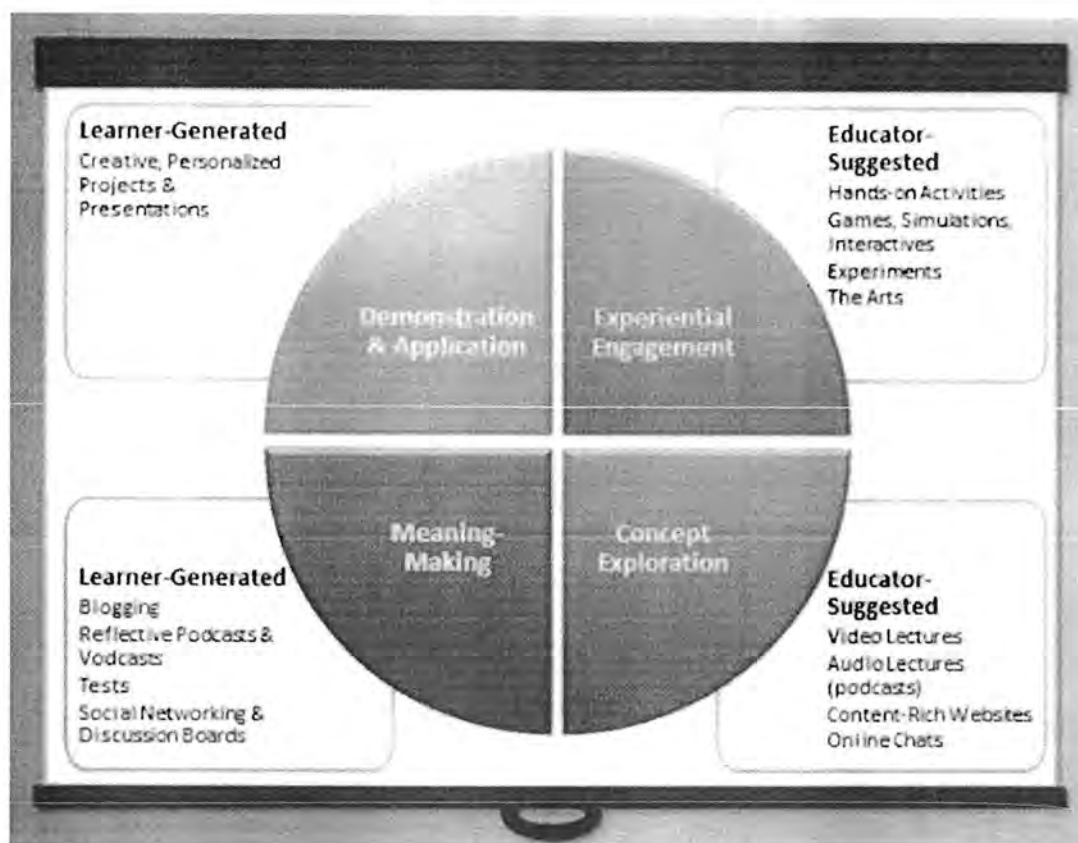
1. การกำหนดยุทธวิธีเพิ่มพูนประสบการณ์ (Experiential Engagement) โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้ชี้แนะวิธีการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนเพื่อเรียนเนื้อหาโดยอาศัยวิธีการที่หลากหลายทั้งการใช้ กิจกรรมที่กำหนดขึ้นเอง เกม สถานการณ์จำลอง สื่อปฏิสัมพันธ์ การทดลอง หรืองานด้าน ศิลปะแขนงต่างๆ

2. การสืบค้นเพื่อให้เกิดมโนทัศน์รวบยอด (Concept Exploration) โดยครูผู้สอนเป็นผู้คอยชี้แนะให้กับผู้เรียนจากสื่อหรือกิจกรรมหลายประเภท เช่น สื่อประเภทวิดีโอบันทึกการบรรยาย การใช้สื่อบันทึกเสียงประเภท Podcasts การใช้สื่อ Websites หรือสื่อออนไลน์ Chats

3. การสร้างองค์ความรู้ที่มีความหมาย (Meaning Making) โดยผู้เรียนเป็นผู้บูรณาการสร้างทักษะองค์ความรู้จากสื่อที่ได้รับจากการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างกระดานความรู้ อิเล็กทรอนิกส์ (Blogs) การใช้แบบทดสอบ (Tests) การใช้สื่อสังคมออนไลน์และกระดาน สำหรับอภิปรายแบบออนไลน์ (Social Networking & Discussion Boards)

4. การสาธิตและประยุกต์ใช้ (Demonstration & Application) เป็นการสร้างองค์ความรู้โดยผู้เรียนเองในเชิงสร้างสรรค์ โดยการจัดทำเป็นโครงการ (Project) และผ่านกระบวนการนำเสนอผลงาน (Presentations) ที่เกิดจากการรังสรรค์งานเหล่านั้น Model หรือตัวแบบของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

แบบห้องเรียนกลับด้าน (The Flipped Classrooms) ที่กล่าวไว้ในเบื้องต้นนั้น สามารถกำหนดเป็นภาพเชิงกราฟิกดังแสดงในแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 โมเดลห้องเรียนแบบกลับด้าน

(<http://www.google.go.th/imgres?imgurl=http://1.bp.blogspot.com/Ppri>)

2.3 ประโยชน์ที่เกิดจากการเรียนแบบห้องเรียนกลับด้าน

มีเหตุผลบางประการที่บอกถึงคุณประโยชน์ของการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) ที่ Bergmann และ Sams กล่าวไว้ในหนังสือของเขาที่ชื่อ Flip Your Classroom : Reach Every Student in Every Class Every Day สรุปได้ดังนี้

1. เพื่อเปลี่ยนวิธีการสอนของครู จากการบรรยายหน้าชั้นเรียนหรือจากครูสอนไปเป็นครูฝึกฝึกการทำแบบฝึกหัดหรือทำกิจกรรมอื่นในชั้นเรียนให้แก่ศิษย์เป็นรายบุคคลหรืออาจเรียกว่าเป็นครูตัวต่อตัว
2. เพื่อใช้เทคโนโลยีการเรียนที่เด็กสมัยใหม่ชอบโดยใช้สื่อ ICT ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นการนำโลกของโรงเรียนเข้าสู่โลกของนักเรียนซึ่งเป็นโลกยุคดิจิทัล

3. ช่วยเหลือเด็กที่มีงานยุ่ง เด็กสมัยนี้มีกิจกรรมมาก ดังนั้นจึงต้องเข้าไปช่วยเหลือในการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทสอนที่สอนด้วยวิดีโออยู่บนอินเทอร์เน็ตช่วยให้เด็กเรียนไว้ล่วงหน้าหรือเรียนตามชั้นเรียนได้ง่ายขึ้น รวมทั้งเป็นการฝึกเด็กให้รู้จักการจัดเวลาของตนเอง

4. ช่วยเหลือเด็กเรียนอ่อนให้ชวนหาความรู้ ในชั้นเรียนปกติเด็กเหล่านี้จะถูกทอดทิ้งแต่ในห้องเรียนกลับด้านเด็กจะได้รับการเอาใจใส่จากครูมากที่สุดโดยอัตโนมัติ

5. ช่วยเหลือเด็กที่มีความสามารถแตกต่างกันให้ก้าวหน้าในการเรียนตามความสามารถของตนเอง เพราะเด็กสามารถฟัง-ดูวิดีโอได้เองจะหยุดตรงไหนก็ได้ กรอกลับ (Review) ก็ได้ ตามที่ตนเองพึงพอใจที่จะเรียน

6. ช่วยให้เด็กสามารถหยุดและกรอกลับครูของตนเองได้ทำให้เด็กจัดเวลาเรียนตามที่ตนพอใจ เบื่อก็หยุดพักได้ สามารถแบ่งเวลาในการดูเป็นช่วงได้

7. ช่วยให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างเด็กกับครูเพิ่มขึ้น ตรงกันข้ามกับการที่เรียนแบบออนไลน์ การเรียนแบบห้องเรียนกลับด้านยังเป็นรูปแบบการเรียนที่นักเรียนยังคงมาโรงเรียนและนักเรียน พบปะกับครู ห้องเรียนกลับด้านเป็นการประสานการใช้ประโยชน์ระหว่างการเรียนรู้แบบออนไลน์และการเรียนระบบพบหน้า ช่วยเปลี่ยนและเพิ่มบทบาทของครูให้เป็นที่ปรึกษา (Mentor) เพื่อน เพื่อนบ้าน (Neighbor) และผู้เชี่ยวชาญ (Expert)

8. ช่วยให้ครูรู้จักนักเรียนดีขึ้น หน้าที่ของครูไม่ใช่เพียงช่วยให้ศิษย์ได้ความรู้หรือเนื้อหาแต่ต้องกระตุ้นให้เกิดแรงบันดาลใจ (Inspire) ให้กำลังใจ รับฟังและช่วยเหลือส่งเสริมผู้เรียนซึ่งเป็นมิติสำคัญที่จะช่วยเสริมพัฒนาการทางการเรียนของเด็ก

9. ช่วยเพิ่มปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนนักเรียนด้วยกันเอง จากกิจกรรมทางการเรียนที่ครูจัด ประสบการณ์ขึ้นมานั้น ผู้เรียนสามารถที่จะช่วยเหลือเกื้อกูลซึ่งกันและกันได้ดี เป็นการปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ของนักเรียนที่เคยเรียนตามคำสั่งครูหรือทำงานให้เสร็จตามกำหนด เป็นการเรียนรู้เพื่อตนเองไม่ใช่คนอื่น ส่งผลต่อเด็กที่เอาใจใส่การเรียนรู้ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนด้วยกันจะเพิ่มขึ้นโดยอัตโนมัติ

10. ช่วยให้เห็นคุณค่าของความแตกต่าง ตามปกติแล้วในชั้นเรียนเดียวกันจะมีเด็กที่มีความแตกต่างกันมาก มีความถนัดและความชอบที่ต่างกัน ดังนั้นการจัดกิจกรรมการสอนแบบห้องเรียนกลับทางจะช่วยให้ครูเห็นจุดอ่อนจุดแข็งของผู้เรียนแต่ละคนเพื่อด้วยกันก็เห็นและช่วยเหลือกันด้วยจุดแข็งของแต่ละคน

11. เป็นการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการห้องเรียน ช่วยเปิดช่องให้ครูสามารถจัดการชั้นเรียนได้ ตามความต้องการที่จะทำ ครูสามารถทำหน้าที่ของการสอนที่สำคัญในเชิงสร้างสรรค์ เพื่อสร้างคุณภาพแก่ชั้นเรียน ช่วยให้เด็กรู้อนาคตของชีวิตได้ดีที่สุด

12. เปลี่ยนคำสนทนากับพ่อแม่ ประสานความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างโรงเรียนกับผู้ปกครอง ซึ่งการรับทราบและแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกันจะทำให้เด็กเกิดการเรียนรู้ที่ดีได้

13. ช่วยให้เกิดความโปร่งใสในการจัดการศึกษา การใช้ห้องเรียนแบบกลับทางโดยนำสาระคำสอนไปไว้ในวิดีโอที่นำไปเผยแพร่ทางอินเทอร์เน็ต เป็นการเปิดเผยเนื้อหาสาระทางการเรียนให้สาธารณชนได้ทราบสร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพการเรียนการสอนให้ผู้ปกครองทราบ

2.4 ห้องเรียนกลับด้านกับการเรียนแบบรอบรู้

การจัดประสบการณ์ทางการเรียนแบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) นั้นจะก่อให้เกิด กระบวนการสร้างองค์ความรู้ที่เรียกว่า “การเรียนแบบรอบรู้หรือการเรียนรู้ให้รู้จริง (Mastery Learning)” ซึ่งเป็นการเรียนที่ช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของเด็ก เพิ่มความร่วมมือระหว่างนักเรียน เพิ่มความมั่นใจในตนเองของผู้เรียน และช่วยให้โอกาสแก่นักเรียนได้ปรับปรุงแก้ไขตนเองในการเรียนรู้ให้บรรลุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีผลการวิจัยที่บ่งบอกว่า การเรียนแบบรอบรู้จะช่วยให้ผู้เรียนประมาณร้อยละ 80 สามารถเรียนเนื้อหาสำคัญได้ เทียบกับร้อยละ 20 เมื่อใช้วิธีสอนแบบเดิมที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน 6 ลักษณะสำคัญของการเรียนแบบรู้จริง (Mastery Learning) คือ

1. ผู้สอนกำหนดวัตถุประสงค์อย่างละเอียดในการเรียนรู้เนื้อหาสาระ มีการจัดกลุ่มวัตถุประสงค์ และต้องบ่งบอกสิ่งสำคัญที่ผู้เรียนจะต้องกระทำให้ได้เพื่อแสดงว่าตนได้เกิดการเรียนรู้จริงในสาระนั้นๆ วัตถุประสงค์ดังกล่าวต้องจัดเรียงจากสิ่งที่เป็นพื้นฐานไปสู่สิ่งที่ซับซ้อนขึ้นหรือจัดเรียงจากง่ายไปหายาก
2. ผู้สอนมีการวางแผนการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนแต่ละคนให้สามารถตอบสนองความถนัดที่แตกต่างกันของผู้เรียน ซึ่งอาจใช้สื่อการเรียนรู้ วิธีสอน หรือเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ทางการเรียนที่กำหนด
3. ผู้สอนแจ้งให้ผู้เรียนเข้าใจในจุดมุ่งหมาย วิธีการเรียน ระเบียบกติกา ข้อตกลงต่างๆ ในการทำงานให้ชัดเจน
4. ผู้เรียนมีการดำเนินการเรียนรู้ตามแผนการเรียนที่ผู้สอนจัดให้ มีการประเมินการเรียนตามวัตถุประสงค์แต่ละข้อ โดยผู้สอนคอยดูแลและให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล
5. หากผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์หนึ่งที่กำหนดไว้แล้ว จึงจะมีการดำเนินการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ต่อไป
6. หากผู้เรียนไม่สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ผู้สอนต้องมีการวินิจฉัยปัญหาและความต้องการของผู้เรียน และจัดโปรแกรมการสอนซ่อมในส่วนที่ยังไม่บรรลุผลนั้น แล้วจึง ประเมินผลอีกครั้งหนึ่ง หากสามารถทำได้จึงให้เรียนรู้ในวัตถุประสงค์ต่อไป

7. ผู้เรียนดำเนินการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดจนครบทุกวัตถุประสงค์ ซึ่งผู้เรียนอาจใช้เวลาอย่างน้อยต่างกันตามความถนัดและความต้องการของผู้เรียนแต่ละคน

8. ผู้สอนมีการติดตามความก้าวหน้าในการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ของผู้เรียน และเก็บข้อมูล การเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นรายบุคคล และมีการใช้ข้อมูลในการวางแผนการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนต่อไป

3. ลักษณะโครงการ Green Chem Green Life

โครงการนี้จัดขึ้นเพื่อให้นิสิตได้ใช้และแสดงถึงความรู้ความเข้าใจในพื้นฐานเกี่ยวกับแนวคิดเคมีสีเขียว โดยนำเสนอต่อผู้สนใจทั่วไปขั้นตอนดังนี้

1. นิสิตได้รับความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเคมีสีเขียวและแนวคิดเคมีสีเขียว
2. ผู้สอนให้สืบค้นการทดลองหรือปฏิบัติการที่น่าสนใจบนพื้นฐานแนวคิดเคมีสีเขียว แล้วนำเสนอในชั้นเรียนโดยได้รับ feedback จากอาจารย์และเพื่อนนิสิต
3. นิสิตปรับปรุงแก้ไขงาน จากนั้นเตรียมจัดแสดงการให้ความรู้เรื่องเคมีสีเขียวในรูปแบบโปสเตอร์ และนำเสนอต่อผู้สนใจทั่วไปโดยแสดงการทดลองหรือปฏิบัติการจริงให้แก่ผู้สนใจทั่วไป

4. ความหมายและองค์ประกอบของความสามารถในการคิดวิเคราะห์

4.1 ความหมายของการคิด

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้น นอกจากมุ่งหวังที่จะพัฒนาผู้เรียนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้ว การคิดนับเป็นคุณลักษณะสำคัญประการหนึ่งที่จะต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวของผู้เรียน ซึ่งครูเป็นบุคคลที่สำคัญในการพัฒนาคุณลักษณะนี้ให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ฉะนั้นถ้าครูมีความสามารถในการคิดเป็นอย่างดีก็จะส่งผลต่อการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการคิดได้ดีเช่นนั้น ซึ่งนักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการคิดไว้ในทำนองเดียวกัน ดังนี้

Good (1973) ได้ให้ความหมายของการคิดไว้ว่า “การคิด คือ กระบวนการแห่งกิจกรรมทางสมอง” สอดคล้องกับ Kirby and Goodpaster (2002) ได้ให้ความหมายไว้ว่า “การคิด คือ กิจกรรมทางสมองที่สามารถสื่อสารความคิดนั้นออกมาได้ทางการสื่อสาร” เช่นเดียวกันกับ Hillgard(1967) ได้ให้ความหมายไว้ว่า “การคิดเป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นภายในสมอง อันเนื่องมาจากการใช้ลักษณะแทนสิ่งของและสถานการณ์ต่างๆ” ส่วน Moseley (2005) ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า “การคิดเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในสมองซึ่งเกี่ยวข้องกับ การสร้างและประมวลข้อมูล” เช่นเดียวกันกับ Beyer (1991) ได้กล่าวว่า “การคิดเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสมองที่เกิดจากการได้รับรู้เข้ามาทางประสาทสัมผัส และระลึกถึงข้อมูลที่มีอยู่เดิมซึ่งช่วยในการสร้างความหมาย เหตุผล ความคิดและการตัดสินใจ” ในขณะที่ เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2549) ได้ให้ความหมายการคิดไว้ว่า “การคิด คือ กิจกรรมของความคิดที่มีวัตถุประสงค์เฉพาะเจาะจง รู้จักกำลังคิดเพื่อ

วัตถุประสงค์อะไรบางอย่าง และสามารถควบคุมให้คิดจนบรรลุเป้าหมายได้” และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2549) กล่าวว่า “การคิด เป็นกระบวนการทำงานของสมองที่เกิดขึ้นภายใน ขึ้นอยู่กับความสามารถของสมองแต่ละซีกของมนุษย์ ซึ่งเป็นความสามารถเฉพาะบุคคลโดยสมองซีกซ้ายเกี่ยวกับความสามารถด้านภาษา การวิเคราะห์ การจัดระบบ การเห็นรายละเอียด การมีเหตุผล การคำนวณ ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ ส่วนสมองซีกขวาเกี่ยวข้องกับความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์” ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การคิดเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในสมองเกี่ยวข้องกับการสร้างและประมวลข้อมูลที่ได้รับเข้ามาทางประสาทสัมผัสโดยการใช้สัญลักษณ์แทนข้อมูลซึ่งอาจเป็นสิ่งของหรือสถานการณ์ต่างๆ

4.2 ความหมายของการคิดวิเคราะห์

การคิดวิเคราะห์เป็นความสามารถในการคิดขั้นสูงประเภทหนึ่ง ซึ่งนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้ดังนี้

Clark (1970) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า “การคิดวิเคราะห์เป็นการคิดเพื่อแยกแยะองค์ประกอบต่างๆ แล้วสร้างความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ที่ถูกแยกออกมานั้น” Banks (1985) ได้ให้ความหมายไว้ว่า “การคิดวิเคราะห์เป็นการแยกแยะส่วนต่างๆ ของข้อมูลแล้วสร้างความสัมพันธ์ในแต่ละส่วนของข้อมูลนั้น” Byrnes (1996) ได้ให้กล่าวไว้ว่า “ระดับการวิเคราะห์เป็นการแยกแยะข้อมูลที่ซับซ้อนออกเป็นองค์ประกอบย่อย แล้วค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อยนั้น” Reilly and Oermann (1999) ได้ให้ความหมายไว้ว่า “การวิเคราะห์ เป็นการจัดกระทำกับข้อมูลที่ซับซ้อนโดยแยกแยะออกเป็นส่วนย่อยและสามารถแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อยเหล่านั้นได้” Michaelis (1992) ได้ให้ความหมายไว้ว่า “การวิเคราะห์เป็นการแยกส่วนต่างๆ ทั้งในด้านองค์ประกอบ ความสัมพันธ์ หลักการ โดยผ่านสื่อต่างๆ ไม่ว่าจะ เป็นแผนที่ เทป หรือวัสดุอื่นๆ” และทิกนา แชมมณีและคณะ (2549) ได้ให้ความหมายไว้ว่า “การวิเคราะห์ คือ การจำแนกแยกแยะสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เพื่อค้นหาองค์ประกอบและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเรื่องนั้น” สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2548) กล่าวว่า กระบวนการคิดวิเคราะห์เป็นกระบวนการที่ใช้ในการจำแนกแยกแยะสิ่งที่เห็นสิ่งที่พบสิ่งที่ได้ยินสิ่งที่สัมผัสสิ่งที่ชิมรสหรือสิ่งที่ดมกลิ่นแล้วแยกออกด้วยความคิดที่มาจากสิ่งต่างๆ ที่ได้เรียนรู้ว่าคืออะไรมีองค์ประกอบอย่างไร เชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไรนอกจากนี้สำนักงานวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2549) ได้ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ว่าการคิดวิเคราะห์คือการระบุเรื่องหรือปัญหาการจำแนกแยกแยะเปรียบเทียบข้อมูลหรือเพื่อจัดกลุ่มอย่างเป็นระบบระบุเหตุผลหรือเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลและตรวจสอบข้อมูลหรือหาข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อให้เพียงพอในการตัดสินใจแก้ปัญหาคิดสร้างสรรค์จึงสรุปได้ว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกแยกแยะข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยๆ เพื่อหาความสัมพันธ์หรือความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกันระหว่างส่วนย่อยนั้น และสามารถค้นหาหลักการที่เชื่อมโยงส่วนย่อยต่างๆ เป็นส่วนรวมได้

4.3 องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์

Bloom (1956) ได้จำแนกองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ออกเป็น 3 ด้านดังนี้

1. การวิเคราะห์หน่วยย่อย (Analysis of elements) เป็นการให้แยกแยะหน่วยย่อยต่างๆ ออกมาซึ่งหน่วยย่อยนั้นอาจจะมีการกล่าวถึงชัดเจนหรือไม่ได้กล่าวถึงอย่างชัดเจนในข้อความที่สื่อสารออกมา ได้แก่

- 1.1 ความสามารถในการค้นหาประเด็นที่ไม่ได้กล่าวไว้ชัดเจน
- 1.2 ทักษะในการแยกแยะข้อเท็จจริงกับสมมติฐาน
- 1.3 ความสามารถในการแยกแยะข้อเท็จจริงออกจากข้อความทั่วไป
- 1.4 ทักษะในการระบุสิ่งจูงใจและการจำแนกพฤติกรรมเชิงกลไกของแต่ละคนออกจากกลุ่ม
- 1.5 ความสามารถในการแยกแยะข้อสรุปออกจากข้อความสนับสนุน

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of relationship) เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อยด้วยกันหรือระหว่างส่วนต่างๆ ด้วยกัน ได้แก่

- 2.1 ทักษะในการเข้าใจความสัมพันธ์ภายในของความคิดภายในบทความนั้น
- 2.2 ความสามารถในการตระหนักถึงรายละเอียดที่สอดคล้องกับความตรงของการตัดสินใจ
- 2.3 ความสามารถในการระลึกถึงข้อเท็จจริงหรือข้อตกลงที่จำเป็นต่อประเด็นสำคัญหรือข้อถกเถียงที่นำมาสนับสนุนเรื่องนั้นได้

นำมาสืบค้นเรื่องนั้นได้

- 2.4 ความสามารถในการตรวจสอบความสอดคล้องของสมมติฐานกับข้อมูลและข้อตกลงที่ได้รับ
- 2.5

ความสามารถในการแยกความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลออกจากความสัมพันธ์อย่างเป็นลำดับ

2.6 ความสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อถกเถียงเพื่อจำแนกข้อความที่สอดคล้องออกจากข้อความที่ไม่สอดคล้องกัน

- 2.7 ความสามารถในการตรวจสอบการอ้างเหตุผลที่ผิดในข้อถกเถียง
- 2.8 ความสามารถในการระลึกถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและรายละเอียดที่สำคัญและไม่สำคัญของเรื่องราวนั้น

3. การวิเคราะห์หลักการ (Analysis of organizational principles) เป็นการวิเคราะห์โครงสร้างของการจัดรวบรวมหรือหลักการ เพื่อให้เข้าใจเรื่องราวของการสื่อสารได้แก่

- 3.1 ความสามารถในการอ้างอิงจุดมุ่งหมาย มุมมองและความรู้สึกที่สะท้อนออกมาจากงานของผู้เขียน
- 3.2 ความสามารถในการระลึกถึงรูปแบบการเขียน
- 3.3 ความสามารถในการมองเห็นการใช้เทคนิคโฆษณาชวนเชื่อ
- 3.4 ความสามารถในการระลึกถึงมุมมองหรือข้อลำเอียงของผู้เขียน

วัตสันและเกลเซอร์ (Watson & Glaser, 1964) ได้กล่าวถึงการคิดวิเคราะห์ว่าประกอบด้วยทัศนคติความรู้และทักษะในเรื่องต่างๆดังต่อไปนี้

1. ทัศนคติในการสืบเสาะซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการเห็นปัญหาและความต้องการที่จะสืบเสาะค้นหาข้อมูลหลักฐานมาพิสูจน์เพื่อหาข้อเท็จจริง

2. ความรู้ในการหาแหล่งข้อมูลอ้างอิงและการใช้ข้อมูลอ้างอิงอย่างมีเหตุผลทักษะในการใช้ความรู้ และทัศนคติที่กล่าวมาข้างต้นจากผลการวิจัยต่างๆวัดสั้นและเกลเซอร์สรุปว่าการคิดวิเคราะห์ประกอบไปด้วย ความสามารถย่อยๆ 5 ประการคือ

2.1 ความสามารถในการอ้างอิง

2.2 การตั้งสมมติฐาน

2.3 การนิรนัย

2.4 การแปลความ

2.5 การประเมินข้อโต้แย้งต่างๆ

เดรสเซล (Dressel and Mayhew, 1975)เชื่อว่ากระบวนการคิดวิเคราะห์นั้นประกอบด้วยขั้นตอน 5 ขั้นคือ

1. ด้านการนิยามปัญหาหมายถึงความสามารถในการกำหนดปัญหาข้อโต้แย้งวิเคราะห์ข้อความหรือ ข้อมูลที่คลุมเครือให้ชัดเจนและเข้าใจความหมายของคำข้อความหรือแนวคิดภายในขอบเขตข้อเท็จจริงที่ กำหนดให้

2. ด้านการรวบรวมข้อมูลสำหรับการแก้ปัญหาหมายถึงความสามารถในการพิจารณาปรากฏการณ์ ต่างๆด้วยความเป็นปรนัยเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาข้อโต้แย้งหรือข้อมูลที่คลุมเครือได้แสวงหาข้อมูล ที่ถูกต้องและชัดเจนมากยิ่งขึ้นเพื่อนำมาแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

3. ด้านการจัดระบบข้อมูลหมายถึงความสามารถในการแสวงหาแหล่งที่มาของข้อมูลวินิจฉัยความ น่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลระบุข้อตกลงเบื้องต้นของข้อความพิจารณาความเพียงพอของข้อมูลจัดระบบโดยวิธี ต่างๆเช่นจำแนกความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่ชัดเจนกับข้อมูลที่คลุมเครือข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาข้อเท็จจริงกับความคิดเห็นพิจารณาข้อมูลที่แสดงถึงความลำเอียงและการโฆษณาชวนเชื่อ และตัดสินความขัดแย้งของข้อความและเสนอข้อมูลได้

4. ด้านการเลือกสมมติฐานหมายถึงความสามารถในการเลือกสมมติฐานกำหนดสมมติฐานจาก ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลพิจารณาทางเลือกหลายๆทางในการแก้ปัญหาได้

5. ด้านการสรุปหมายถึงความสามารถในการคิดพิจารณาข้อความคลุมเครือของข้อมูลโดยจำแนก ข้อมูลที่มีเหตุผลหนักแน่นและน่าเชื่อถือว่ามี ความเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจสรุปถ้า การสรุปไม่มีเหตุผลเพียงพอต้องมีการหาเหตุผลเพิ่มเติมมาพิจารณาตัดสินการสรุปใหม่แล้วจึงนำข้อสรุปและ หลักการไปประยุกต์ใช้

ฮัดกินส์ (Hudgins, 1977) ทักษะที่ประกอบกันเป็นการคิดวิเคราะห์ 4 ประการคือ

1. ผู้เรียนจะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบที่สำคัญของการอ้างเหตุผลโดยขั้นต้นผู้เรียนต้องมี พื้นฐานทางมโนทัศน์และข้อมูลเพียงพอสำหรับการพิจารณาความจริงที่อาจเป็นไปได้ของการอ้างเหตุผลหรือ ความเป็นไปได้ของผลลัพธ์ที่คาดการณ์ไว้นอกจากนั้นผู้เรียนจะต้องมีลักษณะที่จำเป็นในการประเมินอ้าง เหตุผลด้วย

2. ผู้เรียนจะต้องแสวงหาหลักฐานที่นำมาใช้ในการอ้างเหตุผลหรือการลงสรุปโดยจะต้องพิจารณาว่าข้อสรุปที่นามากล่าวอ้างมีข้อมูลสนับสนุนหรือไม่ตลอดจนการพิจารณาว่าหลักฐานที่นำมาอ้างอิงมีอคติหรือไม่

3. ผู้เรียนจะต้องพิจารณาไตร่ตรองและประเมินทั้งหลักฐานที่นำมาใช้และลักษณะการใช้เหตุผลที่นำมาใช้ในการอ้างเหตุผลก่อนการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธข้อสรุปนั้น

4. ผู้เรียนสามารถระบุข้อสันนิษฐานที่ได้กำหนดทักษะการวิเคราะห์ดังนี้

1. การนิยามและการทำความเข้าใจ

- 1.1 กำหนดประเด็นและปัญหา
- 1.2 กำหนดข้อสรุป
- 1.3 กำหนดเหตุผล
- 1.4 กำหนดข้อคำถามให้เหมาะสม
- 1.5 การเลือกสรรข้อมูล
- 1.6 เลือกข้อมูลและสังเกตได้ถูกต้องเชื่อถือได้
- 1.7 หาความสัมพันธ์ของข้อมูล
- 1.8 จำได้แม่นยำ

2. วินิจฉัยแก้ปัญหาและสรุปเหตุผล

- 2.1 วินิจฉัยและตัดสินใจข้อสรุปเชิงอนุมาน
- 2.2 ทบทวนการตัดสินใจด้วยการอนุมานอย่างถูกต้อง
- 2.3 ทำนายความน่าจะเป็นอย่างมีเหตุผล

ลิปแมน (Lipman, 1988) กล่าวว่าทักษะการคิดวิเคราะห์ทำให้บุคคลมีความสามารถตัดสินใจเที่ยงตรงมากกว่าความคิดธรรมดาซึ่งประกอบไปด้วยทักษะดังต่อไปนี้

1. การประเมินค่า
2. การประเมินผล
3. การวินิจฉัย
4. การวางหลักการ
5. การหาความสัมพันธ์
6. การตั้งสมมติฐาน
7. การเสนอความคิดเห็น
8. การตัดสินใจ

มันโรและสลาเตอร์ (Munro & Slater, 1985) ได้แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการเรียนรู้ซึ่งจะทำให้เกิดขั้นตอนการคิดวิเคราะห์ดังนี้

1. กระบวนการตัดสินใจเป็นกระบวนการที่ใช้ค่านิยมและหลักฐานที่ได้มาจากกระบวนการแก้ปัญหาที่ได้ปฏิบัติมาแล้วซึ่งประกอบด้วยกระบวนการดังต่อไปนี้

1.1 ทักษะพื้นฐานเป็นประสบการณ์เดิมที่ใช้ในการจัดการข้อมูลข่าวสาร ประกอบด้วยทักษะดังนี้

1.1.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของสิ่งที่เหมือนกัน

1.1.2 การจัดกลุ่มของข้อมูลที่มีอยู่

1.1.3 การจำแนกตัวอย่างของข้อเท็จจริงหรือข้อคิดเห็น

1.2 ทักษะการบูรณาการเป็นการจัดการของจิตใจที่ต้องอาศัยพื้นฐานต่าง ๆ มาใช้ ขณะเมื่อเกิดเหตุการณ์จริง

1.3 ทักษะพื้นฐานจากโรงเรียนเป็นทักษะที่ได้รับการพัฒนาจากโรงเรียน

1.4 การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ตอบคำถามหรือปัญหาที่เกิดขึ้น

1.5 การตัดสินใจเป็นกระบวนการของการใช้ค่านิยมและหลักฐานที่ได้มาจาก กระบวนการแก้ปัญหา

1.6 การวิเคราะห์เป็นทักษะที่ใช้สำหรับการพิจารณาที่เข้าไปอยู่ในทุกขั้นตอนของ กระบวนการตัดสินใจเป็นทักษะที่ต้องการให้เกิดความถูกต้องแม่นยำในการตัดสินใจแก้ปัญหา

2. กระบวนการเกิดความรู้เป็นข้อมูลข่าวสารที่มีอยู่ในตัวบุคคลที่เกิดจากประสบการณ์และ กระบวนการที่ได้มาของข่าวสารข้อมูลเกิดจากขั้นตอนดังนี้

1. ข้อมูลและข้อเท็จจริงที่ได้รับ

2. เกิดมโนทัศน์

3. สรุปย่อเกิดจากการที่ได้รับข้อมูลและมโนทัศน์ต่างๆเป็นข่าวสารข้อมูลเชิงปริมาณ

4. การสรุปเป็นข้อความรู้ที่ได้รับและเป็นคำตอบขั้นสุดท้ายของปัญหา

5. การวางหลักการหรือกฎเกณฑ์เป็นการวางกฎทั่วไปซึ่งบุคคลได้รับการพัฒนาและ ประยุกต์มโนทัศน์ต่างๆเข้าด้วยกัน

3. กระบวนการเกิดเจตคติเป็นกระบวนการของความรู้สึกของบุคคลที่ได้รับการ พัฒนาจากประสบการณ์ทำให้เกิดความรู้สึกชอบไม่ชอบทัศนคติค่านิยม

เกรียงศักดิ์เจริญวงศ์ศักดิ์ (2549 : 26 – 30) ได้อธิบายถึงองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ว่าแบ่ง ออกเป็น 4 ประการคือ

1. ความสามารถในการตีความเราไม่สามารถวิเคราะห์สิ่งต่างๆได้หากไม่เริ่มต้นด้วยการทำความเข้าใจ ข้อมูลที่ปรากฏเริ่มแรกเราจึงต้องพิจารณาข้อมูลที่ได้รับว่าอะไรเป็นอะไรด้วยการตีความการตีความ (Interpretation) หมายถึงการพยายามทำความเข้าใจและให้เหตุผลแก่สิ่งที่เราต้องการจะวิเคราะห์เพื่อแปล ความหมายที่ไม่ปรากฏโดยตรงของสิ่งนั้นเป็นการสร้างความเข้าใจต่อสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์โดยสิ่งนั้นไม่ได้ ปรากฏโดยตรงคือตัวข้อมูลไม่ได้บอกโดยตรงแต่เป็นการสร้างความเข้าใจที่เกินกว่าสิ่งที่ปรากฏอันเป็นการสร้าง ความเข้าใจบนพื้นฐานของสิ่งที่ปรากฏในข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์เกณฑ์ที่แต่ละคนใช้เป็นมาตรฐานในการตัดสินใจ หรือเป็นไม้เมตรที่แต่ละคนสร้างขึ้นในการตีความนั้นย่อมแตกต่างกันไปตามความรู้ประสบการณ์และค่านิยม ของแต่ละบุคคลเช่นการตีความจากความรู้การตีความจากประสบการณ์การตีความจากข้อเขียน

2. ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะวิเคราะห์เราจะคิดวิเคราะห์ที่ได้ดีนั้นจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานในเรื่องนั้นเพราะความรู้จะช่วยในการกำหนดขอบเขตของการวิเคราะห์แจ่มแจ้งและจำแนกได้ว่าเรื่องนั้นเกี่ยวข้องกับอะไรมีองค์ประกอบย่อยๆอะไรบ้างมีทั้งหมดหมู่จัดลำดับความสำคัญอย่างไรและรู้ว่าอะไรเป็นสาเหตุก่อให้เกิดอะไรการวิเคราะห์ของเราในเรื่องนั้นจะไม่สมเหตุสมผลเลยหากเราไม่มีความรู้ความเข้าใจเรื่องนั้นเราจำเป็นต้องใช้ความรู้ที่เกี่ยวข้องเข้ามาเป็นองค์ประกอบในการคิดถ้าเราขาดความรู้เราอาจไม่สามารถวิเคราะห์หาเหตุผลได้ว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

3. ความช่างสังเกตช่างสงสัยและช่างถามนักคิดเชิงวิเคราะห์จะต้องมีองค์ประกอบทั้งสามนี้ร่วมด้วยคือต้องเป็นคนที่ช่างสังเกตสามารถค้นพบความผิดปกติท่ามกลางสิ่งที่ดูอย่างผิวเผินแล้วเหมือนไม่มีอะไรเกิดขึ้นต้องเป็นคนช่างสงสัยเมื่อเห็นความผิดปกติไม่ละเลยไปแต่หยุดพิจารณาขบคิดไตร่ตรองและต้องเป็นคนช่างถามชอบตั้งคำถามกับตัวเองและคนรอบๆข้างเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปสู่การคิดต่อเกี่ยวกับเรื่องนั้นการตั้งคำถามจะนำไปสู่การสืบค้นความจริงและเกิดความชัดเจนในประเด็นที่ต้องการวิเคราะห์ขอบเขตคำถามที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์จะยึดหลักการตั้งคำถามโดยใช้คำว่าใคร (Who) ทำอะไร (What) ที่ไหน (Where) เมื่อไร (When) ทำไม (Why) อย่างไร (How) คำถามเหล่านี้อาจไม่จำเป็นต้องใช้ทุกข้อเพราะการตั้งคำถามมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เกิดความชัดเจนครอบคลุมและตรงประเด็นที่เราต้องการสืบค้น

4. ความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลนักคิดเชิงวิเคราะห์จะต้องมีความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลสามารถหาคำตอบได้ว่า

- ...อะไรเป็นสาเหตุให้เกิดสิ่งนี้
- ...เรื่องนั้นเชื่อมโยงกับเรื่องนี้ได้อย่างไร
- ...เรื่องนี้ใครเกี่ยวข้องกับบ้างเกี่ยวข้องกับกันอย่างไร
- ...เมื่อเกิดเรื่องนี้จะส่งผลกระทบต่ออย่างไรบ้าง
- ...สาเหตุที่ก่อให้เกิดเหตุการณ์นี้
- ...องค์ประกอบใดบ้างที่นำไปสู่สิ่งนั้น
- ...วิธีการขั้นตอนที่ทำให้เกิดสิ่งนั้น
- ...สิ่งนี้ประกอบด้วยอะไรบ้าง
- ...แนวทางการแก้ปัญหาที่มีอะไรบ้าง
- ...ถ้าทำเช่นนี้จะเกิดอะไรขึ้นในอนาคต

...และคำถามอื่นๆที่มีมุ่งหมายการออกแรงทางสมองให้ต้องขบคิดอย่างมีเหตุผลเชื่อมโยงกับเรื่องที่เกิดขึ้นนักคิดวิเคราะห์จึงต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถในการใช้เหตุผลจำแนกแยกแยะได้ว่าสิ่งใดเป็นความจริงสิ่งใดเป็นความเท็จสิ่งใดมีองค์ประกอบในรายละเอียดเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไรเป็นเหมือนคนที่ใส่แว่นเพื่อดูภาพยนตร์ 3 มิติขณะที่คนทั่วไปไม่ได้ใส่แว่นจะดูไม่รู้เรื่องเพราะจะเห็นเป็น 2 มิติที่เป็นภาพระนาบแต่เมื่อใส่แว่นแล้วเราจะเห็นภาพในแนวลึกมองเห็นความซับซ้อนที่อยู่ภายในรู้ว่าแต่ละสิ่งจัดเรียงลำดับกันอย่างไรรู้เหตุผลที่อยู่เบื้องหลังการกระทำรู้อารมณ์ความรู้สึกที่ซ่อนอยู่เบื้องหลังสีหน้าและการแสดงออกการคิดเชิงวิเคราะห์ช่วยให้เราเข้าใจจริงรู้เหตุผลเบื้องหลังของสิ่งที่เกิดขึ้นเข้าใจความเป็นมาเป็นไปของเหตุการณ์ต่างๆ

รู้ว่าเรื่องนั้นมีองค์ประกอบอะไรบ้างรู้ว่าอะไรเป็นอะไรทำให้เราได้ข้อเท็จจริงที่เป็นฐานความรู้ในการนำไปใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหาการประเมินและการตัดสินใจเรื่องต่างๆ ได้อย่างถูกต้องจากแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ จึงสรุปได้ว่าการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบสำคัญคือ

1. การวิเคราะห์หน่วยย่อย เป็นการแยกแยะข้อมูลออกเป็นหน่วยย่อยหรือการค้นหาหน่วยย่อยที่มีอยู่ในข้อมูลซึ่งไม่ได้กล่าวอย่างชัดเจน
2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการระบุความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อยต่างๆ หรือองค์ประกอบย่อยกับเรื่องราวทั้งหมด
3. การวิเคราะห์หลักการ เป็นการระบุโครงสร้างของการจัดระบบ หลักการ จุดมุ่งหมาย แนวคิดสำคัญของเรื่องเพื่อให้เข้าใจการเชื่อมโยงเกี่ยวข้องกัน

5. ความหมายความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

ความตระหนัก คือ ความตระหนักที่ตรงกับภาษาอังกฤษคำว่า "Awareness" จากการศึกษาเอกสารและบทความที่เกี่ยวข้องพบว่า มีผู้ให้ความหมายของความตระหนักไว้ดังนี้

Good (1973) ได้ให้ความหมายความตระหนักไว้ว่า พฤติกรรมที่แสดงถึงการเกิดความรู้ของบุคคล หรือการที่บุคคลมีความรู้สึกรับผิดชอบต่อปัญหาที่เกิดขึ้น

Wolman (1973) กล่าวว่า ความตระหนัก เป็นภาวะที่บุคคลเข้าใจหรือสำนึกถึงบางอย่างของเหตุประสพการณ์ หรือวัตถุสิ่งของได้

Koffka (1978) กล่าวเกี่ยวกับความตระหนักว่า ความตระหนักมีความหมายเหมือนความสำนึกซึ่งเป็นภาวะทางจิตที่เกี่ยวกับความรู้สึก ความคิด และความปรารถนา เกิดจากการรับรู้และความสำนึก เป็นสภาวะที่บุคคลได้รับรู้โดยมีสิ่งเร้าภายนอกมากระตุ้นซึ่งอาจเป็นสภาพแวดล้อมหรือการได้รับประสบการณ์ต่างๆ แล้วมีการประเมินค่าและตระหนักถึงความสำคัญที่ตนเองมีต่อเหตุการณ์หรือสถานการณ์นั้น

กิตติภูมิ มีประดิษฐ์ (2551) ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม คือ การรู้แจ้งเห็นจริงในเรื่องสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยพื้นฐานความรู้ทางด้านสิ่งแวดล้อมและรู้จักการผสมผสานในศาสตร์แขนงอื่นๆ ที่เชื่อมโยงกันจนสามารถสร้างเป็นมโนภาพที่เป็นธรรมชาติของสิ่งนั้น รวมถึงปัญหา เหตุของปัญหา แนวทางแก้ไขและอื่นๆ ได้ เมื่อเกิดความรู้แล้วต้องมีการสร้างเจตคติด้านสิ่งแวดล้อม

โดยสรุปความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม หมายถึง การรับรู้ เข้าใจและให้ความสำคัญในประเด็นหรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม รวมถึงการแสดงออกถึงความห่วงใยในสิ่งแวดล้อมแสดงพฤติกรรมการณ์มีเจตคติด้านสิ่งแวดล้อม

6. แนวทางการวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

Ozden (2008) กล่าวถึงความตระหนักและเจตคติต่อสิ่งแวดล้อม โดยในส่วนของความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมได้แบ่งการพิจารณาเป็น 2 มิติ คือ

1. ความตระหนักต่อปัญหาสิ่งแวดล้อม หมายถึง การรับรู้ปัญหาสิ่งแวดล้อมและการเกิดแนวคิดเกี่ยวกับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวัน

2. ความตระหนักต่อการรับผิดชอบต่อส่วนบุคคล หมายถึง การแสดงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

Zecha (2010) พิจารณาความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม เป็น 3 องค์ประกอบตามลักษณะเนื้อหา ได้แก่

1. ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม มีความหมายครอบคลุม 2 ประเด็นคือ 1.1 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและธรรมชาติ พืช สัตว์ และความสัมพันธ์กับประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมตลอดจนปัญหาที่เกิดขึ้นและ 1.2 ความรู้ที่เกี่ยวกับการปฏิบัติตนอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2. เจตคติต่อสิ่งแวดล้อม หมายถึง ความสนใจและความห่วงใยในสิ่งแวดล้อม

3. การปฏิบัติตนด้านสิ่งแวดล้อม หมายถึง การแสดงการกระทำที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การปฏิบัติตนในกิจวัตรประจำวัน พฤติกรรมการแสวงหาข้อมูลสารสนเทศด้านสิ่งแวดล้อม และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อม

Littledyke (2008) ได้แบ่งการพิจารณาความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมเป็น 3 ระดับดังนี้

1. ความตระหนักในตนเอง คือ การรับรู้ถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการกระทำในชีวิตประจำวันของตนเอง เช่น การเลือกบริโภคสินค้า

2. ความตระหนักทางสังคม คือ การรับรู้ถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากพฤติกรรมของบุคคลที่ได้รับอิทธิพลจากการมีปฏิสัมพันธ์ในสังคม เช่น กิจกรรมทางสังคมที่ส่งผลต่อการเลือกบริโภคสินค้า

3. ความตระหนักทางสิ่งแวดล้อม คือ การรับรู้ถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการนโยบายทางการเมือง

กิตติภูมิ มีประดิษฐ์ (2542) พิจารณาความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมเป็น 4 ระดับดังนี้

1. มีความรู้ที่ชัดเจนและซาบซึ้ง หมายถึง การเข้าใจอย่างถ่องแท้ในเรื่องสิ่งแวดล้อม รู้ว่าสิ่งใดถูกหรือผิด สิ่งใดดีหรือไม่ดี สิ่งใดก่อให้เกิดประโยชน์สิ่งใดก่อให้เกิดโทษ และสิ่งใดก่อให้เกิดผลดีหรือผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม

2. มีความรักและความห่วงใย หมายถึง รักและห่วงใยในสิ่งที่เข้าใจอย่างถ่องแท้สำหรับเรื่องราวต่างๆ ของสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นสิ่งที่ถูก ดี มีประโยชน์และก่อให้เกิดผลดีต่อมนุษยชาติและโลก

3. มีความวิตกและห่วงใย หมายถึง รู้สึกเป็นห่วงและกังวลถึงสิ่งที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม เช่น เป็นห่วงและกังวลต่อลักษณะนิสัยที่เห็นแก่ตัว ดักตวงผลประโยชน์จากธรรมชาติโดยปราศจากความพอเพียง ความวิตกและห่วงใยในสภาพภัยแล้งและวิกฤตการณ์การขาดแคลนน้ำซึ่งเกิดจากการตัดไม้ทำลายป่า เป็นต้น

4. การปฏิบัติอย่างจริงจัง เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดเพื่อให้เกิดความตระหนักในสิ่งแวดล้อมเพราะขั้นตอนทั้ง 3 ข้างต้นเป็นเพียงพื้นฐานที่ก่อให้เกิดผลทางด้านลักษณะนิสัย แต่ผลทางรูปธรรมที่จะเกิดขึ้นจำเป็นต้องอาศัยการปฏิบัติอย่างจริงจังทั้งทางตรงและทางอ้อมในวิถีที่มนุษย์แต่ละคนพึงกระทำได้

จากการศึกษาบทความข้างต้น พบว่ามีกรกล่าวถึงองค์ประกอบของความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมใน 2 ลักษณะ คือ มิติและระดับ โดยสอดคล้องกันในประเด็นการมีความรู้และความเข้าใจประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม และการแสดงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ความห่วงใย การปฏิบัติตนในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม จึงสรุปได้ว่า ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม คือ การรับรู้และความเข้าใจในประเด็นหรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ให้ความสำคัญและแสดงพฤติกรรมของการมีเจตคติต่อสิ่งแวดล้อม แบ่งการวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเจตคติด้านสิ่งแวดล้อม และด้านการปฏิบัติตน วัดจากเครื่องมือ 2 ชุด คือ แบบสอบถามความตระหนักสิ่งแวดล้อมและแบบสัมภาษณ์ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิลวรรณ เจตวรัญญ(2549) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถด้านการวิเคราะห์ในวิชาภาษาไทย ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการคิดแบบหมวกหกใบกับการสอนปกติ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการคิดแบบหมวกหกใบกับการสอนปกติมีความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์แตกต่างกัน

ดลยา แต่งสมบุญ(2551) ได้ศึกษาการพัฒนาการคิดวิเคราะห์โดยใช้กิจกรรมการแสวงหาและค้นพบความรู้ด้วยตนเองประกอบการประเมินตามสภาพจริง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์รายด้าน ได้แก่ ด้านการจำแนก ด้านการจัดหมวดหมู่ ด้านการสรุปอ้างอิง ด้านการประยุกต์ใช้ ด้านการคาดคะเน/พยากรณ์ และรวมทุกด้าน สูงกว่าก่อนใช้กิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่.01

จิรเดช เหมือนสมาน(2551) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์จากสื่อสิ่งพิมพ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์จากสื่อสิ่งพิมพ์มีความสามารถในด้านการคิดวิเคราะห์หลังการเรียนด้วยชุดฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์จากสื่อสิ่งพิมพ์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Arba'at Hassan et al. (2008) ศึกษาระดับของความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาจากแผนการเรียนแตกต่างกันในเขตเมืองหลวงและเขตปริมณฑล โดยพิจารณาจาก 3 ประเด็น ได้แก่ ด้านการปฏิบัติตนเพื่อความยั่งยืน ด้านพฤติกรรมและเจตคติ และด้านอารมณ์ เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามแบบมาตราประมาณค่า ผลการวิจัยพบว่า 1. นักเรียนหญิงมีความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมสูงกว่านักเรียนชาย 2. นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์มีความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่านักเรียนที่เรียนแผนการเรียนศิลปะและภาษา 3. นักเรียนจากโรงเรียนในเขตเมืองหลวงมีความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าเขตปริมณฑล

Wang Jinliang et al.(2004) ศึกษาวิเคราะห์ลักษณะของความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมจากหลักสูตรสิ่งแวดล้อมศึกษาของนักเรียนระดับประถมและระดับมัธยมใน Kunming ผลการวิจัยพบว่า 1. ระดับความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมและนโยบายทางสิ่งแวดล้อมระดับต่ำ โดยมีนักเรียนที่สามารถระบุประเด็นที่กำลังเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมได้เพียง 12% ระบุไม่ได้ 43.8% นักเรียนระดับมัธยมศึกษา

สามารถทำข้อสอบวัดระดับความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมได้ดีกว่านักเรียนระดับประถมศึกษา นอกจากนี้ยังพบว่า ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียนได้รับอิทธิพลจากสื่อและสิ่งพิมพ์ โดยสื่อโทรทัศน์ส่งผลต่อความรู้ทางสิ่งแวดล้อมของนักเรียนมากที่สุด 2. ประเด็นด้านการมีส่วนร่วมกับกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อม พบว่าไม่แตกต่างกัน 3. นักเรียนระดับประถมศึกษามีความตระหนักด้านพฤติกรรมสูงกว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษา 4. นักเรียนระดับมัศึกษามีความตระหนักด้านความห่วงใยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมสูงกว่านักเรียนระดับประถมศึกษา

บทที่ 3 วิธีการวิจัย

การวิจัย เรื่อง ผลการเรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวโดยใช้แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วย “โครงการ Green Chem Green Life” ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนิสิตระดับปริญญาบัณฑิต ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา
2. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา

นิสิตระดับปริญญาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์คู่กับเคมี และเคมีเดี่ยว สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 และ 4 คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2557 จำนวน 30 คน

2. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการสอนแนวคิดเคมีสีเขียวโดยใช้แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (flipped classroom) ในรายวิชา 2721343 Natural Materials ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอนคือ

1.1 การกำหนดยุทธวิธีเพิ่มพูนประสบการณ์ (Experiential Engagement) โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้ชี้แนะวิธีการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนเพื่อเรียนเนื้อหาโดยอาศัยวิธีการที่หลากหลายทั้งการใช้กิจกรรมที่กำหนดขึ้นเอง เกมส์ สถานการณ์จำลอง สื่อปฏิสัมพันธ์ การทดลอง หรืองานด้านศิลปะแขนงต่างๆ

1.2 การสืบค้นเพื่อให้เกิดมโนทัศน์รวบยอด (Concept Exploration) โดยครูผู้สอนเป็นผู้คอยชี้แนะให้กับผู้เรียนจากสื่อหรือกิจกรรมหลายประเภท เช่น สื่อประเภทวิดีโอบันทึกการบรรยาย การใช้สื่อบันทึกเสียงประเภท Podcasts การใช้สื่อ Websites หรือสื่อออนไลน์ Chats

1.3 การสร้างองค์ความรู้ที่มีความหมาย (Meaning Making) โดยผู้เรียนเป็นผู้บูรณาการสร้างทักษะองค์ความรู้จากสื่อที่ได้รับจากการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างกระดานความรู้อิเล็กทรอนิกส์ (Blogs) การใช้แบบทดสอบ (Tests) การใช้สื่อสังคมออนไลน์และกระดาน สำหรับอภิปรายแบบออนไลน์ (Social Networking & Discussion Boards)

1.4 การสาธิตและประยุกต์ใช้ (Demonstration & Application) เป็นการสร้างองค์ความรู้โดยผู้เรียนเองในเชิงสร้างสรรค์ โดยการจัดทำเป็นโครงการ (Project) และผ่านกระบวนการนำเสนอผลงาน (Presentations) ที่เกิดจากการรังสรรค์งานเหล่านั้น

2. แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ มีขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาหนังสือและเอกสารที่เกี่ยวกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์

2.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับแนวทางในการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

2.3 กำหนดโครงสร้างของแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ให้ครอบคลุมองค์ประกอบ ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 และกำหนดน้ำหนักของแต่ละองค์ประกอบ โดยกำหนดน้ำหนักของแต่ละองค์ประกอบเท่ากัน คือ ร้อยละ 33.33

ตารางที่ 1 องค์ประกอบและนิยามเชิงปฏิบัติการของความสามารถในการคิดวิเคราะห์

องค์ประกอบที่วัด	นิยามเชิงปฏิบัติการ
1. การวิเคราะห์หน่วยย่อย	เป็นการให้นิสิตแยกแยะข้อมูลออกเป็นหน่วยย่อย หรือการค้นหาหน่วยย่อยที่มีอยู่ในข้อมูลซึ่งไม่ได้กล่าวอย่างชัดเจน
2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	เป็นการให้นิสิตระบุความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อยต่างๆ หรือองค์ประกอบย่อยกับเรื่องราวทั้งหมด
3. การวิเคราะห์หลักการ	เป็นการให้นิสิตระบุหลักการ จุดมุ่งหมาย แนวคิดสำคัญของเรื่องราวที่ทำให้สามารถอยู่รวมด้วยกันได้

2.4 กำหนดระดับความสามารถในการคิดวิเคราะห์จากคะแนนเฉลี่ยร้อยละ

(สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา(องค์การมหาชน), 2557) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระดับความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยร้อยละ

คะแนนเฉลี่ยร้อยละ	ระดับความสามารถ
ตั้งแต่ 90 ขึ้นไป	ดีมาก
75-89	ดี
50-74	พอใช้
ต่ำกว่า 50	ปรับปรุง

2.5 ดำเนินการสร้างแบบวัดเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือกซึ่งเขียนข้อคำถามให้สอดคล้องตรงตามโครงสร้างของการวัด จำนวน 30 ข้อ เกณฑ์ในการให้คะแนนคือ ถ้าตอบถูก ได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน

2.6 นำแบบวัดให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 คนตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างโดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการ (IOC) โดยเกณฑ์ในการ

คัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพควรมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป รวมถึงความถูกต้องของข้อคำถาม ตัวเลือก และตัวลวง ความถูกต้อง เหมาะสมของภาษา จากนั้นจึงนำคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านมาปรับปรุงแก้ไขแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

2.7 นำแบบวัดที่ได้ไปทดลองใช้กับนิสิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ วิชาเอกเคมี ชั้นปีที่ 2 จำนวน 20 คน ซึ่งไม่ได้เป็นกลุ่มเป้าหมายในการศึกษา

2.8 นำผลการวัดมาตรวจให้คะแนนแล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับและรายข้อ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดจากค่าความเที่ยง โดยใช้สูตรคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson, KR-20) ส่วนการวิเคราะห์ความเที่ยง ความยาก และอำนาจจำแนก พบว่า แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.73 ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.26-0.75 และอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.23-0.71

3. แบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถามความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมมีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า ใช้ประเมินพฤติกรรมที่แสดงถึงการมีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมตามแนวคิดเคมีสีเขียว จำนวน 12 แนวคิด ได้แก่

- 3.1 การป้องกันการเกิดของเสีย
- 3.2 การใช้สารเคมีทุกอะตอมให้คุ้มค่า
- 3.3 กระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีที่เป็นอันตรายน้อยลง
- 3.4 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมีไม่เป็นพิษและมีประสิทธิภาพ
- 3.5 การเลือกใช้ตัวทำละลายและตัวช่วยที่ปลอดภัย
- 3.6 การออกแบบการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
- 3.7 การใช้วัตถุดิบหรือสารนำกลับมาใช้ใหม่ (ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า)
- 3.8 ลดการทำสารอนุพันธ์
- 3.9 ควรใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในการสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์
- 3.10 การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้
- 3.11 การตรวจวิเคราะห์ติดตามผลเพื่อป้องกันการเกิดมลภาวะตลอดเวลา
- 3.12 คุณสมบัติด้านความปลอดภัยของสารเคมีเพื่อลดหรือป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ

โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมในบริบทการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทั้งเอกสารในประเทศและต่างประเทศเพื่อระบุนิยามเชิงปฏิบัติการและตัวบ่งชี้พฤติกรรมที่ต้องการวัด

3.2 ศึกษาแนวทางการสร้างแบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมจากเอกสารตำราบทความตลอดจนงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ

3.3 กำหนดโครงสร้างของแบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมให้ครอบคลุมพฤติกรรมที่แสดงถึงการมีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมตามแนวคิดเคมีสีเขียว จำนวน 12 แนวคิด โดยแบบวัดนี้แบ่งเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 เจตคติต่อสิ่งแวดล้อม จำนวน 30 ข้อ เป็นมาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับ ตอนที่ 2 การปฏิบัติตนด้านสิ่งแวดล้อม จำนวน 30 ข้อ เป็นมาตรฐานประมาณค่า 3 ระดับ เป็นข้อคำถามเชิงบวก 20 ข้อ คำถามเชิงลบ 10 ข้อ

3.4 นำแบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องของประเด็นที่ต้องการวัดกับข้อความ ครอบคลุมของประเด็นที่ต้องการวัดและความถูกต้องของภาษาที่ใช้ โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อความและพฤติกรรมที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence, IOC) โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อความที่มีคุณภาพควรมีดัชนีความสอดคล้อง มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.80 - 1.00 จากนั้น ตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's Coefficient Alpha) โดยนำแบบวัดไปทดลองใช้กับนิสิตปีที่ 2 ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดเท่ากับ 0.78

4. แบบสัมภาษณ์ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

มีลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างกำหนดประเด็นในการสัมภาษณ์ ดังนี้

- 4.1 ความรู้ทางสิ่งแวดล้อม
- 4.2 ความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม
- 4.3 ความสนใจในข่าวสารสิ่งแวดล้อม
- 4.4 การมีเจตคติต่อกิจกรรมเคมีสีเขียวหรือกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อม

2.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.2.1 ศึกษาเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาแนวการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน แนวคิดเคมีสีเขียว ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

2.2.2 จัดทำแผนการเรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวโดยใช้แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน (flipped classroom) ในรายวิชา 2721343 Natural Materials โดยกำหนดผลการเรียนที่คาดหวังให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขามัธยมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิชาเอกเคมี

2.2.3 การสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งแบบสัมภาษณ์ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

3.1 ก่อนดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยได้ทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนิสิตโดยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

3.2 ดำเนินการสอนนิสิตตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

3.3 กำหนดให้นิสิตสืบค้นข้อมูล เอกสาร วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้แนวคิดเคมีสีเขียวในการจัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษา แล้วจัดทำแผนงานและรายละเอียดโครงการ Green Chem Green Life โดยมีผู้วิจัยมีการชี้แจงรายละเอียดของโครงการให้ทราบ โดยกำหนดให้นิสิตออกแบบการทดลองที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนระดับมัธยมศึกษาบนพื้นฐานแนวคิดเคมีสีเขียว

3.4 นิสิตนำเสนอโครงการฯ ของตนเองในชั้นเรียนและนำข้อเสนอแนะจากผู้วิจัยและเพื่อนนิสิตไปปรับแก้โครงการฯ ของตนเองให้สมบูรณ์

3.5 นิสิตนำเสนอโครงการ Green Chem Green Life โดยมีการแสดงการทดลองต่างๆ ให้แก่นักเรียน ครู และผู้สนใจ

3.6 ประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ แบบสอบถามความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและแบบสัมภาษณ์ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมกับนิสิตกลุ่มเป้าหมายหลังจากเสร็จสิ้นโครงการ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้ดำเนินการดังนี้

4.1 หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละ ของคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของกลุ่มเป้าหมาย แล้วเทียบผลคะแนนกับเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อแปลผลเป็นระดับความสามารถ

4.2 ตามหลักการแนวคิดเคมีสีเขียว โดยผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง นำมากำหนดขอบเขตของเนื้อหาและโครงสร้างของกิจกรรม ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.79 -1.90

บทที่ 4 ผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวโดยใช้แนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วย“โครงการ Green Chem Green Life”ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนิสิตระดับปริญญาบัณฑิต โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้นำเสนอเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์

การวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ พิจารณาจากการทดสอบการคิดวิเคราะห์ก่อนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้และหลังจากนิสิตได้ดำเนินการโครงการ Green Chem Green Life เสร็จสิ้น สรุปได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนิสิตกลุ่มเป้าหมายระหว่างก่อนและหลังการทดลอง

คะแนน	ก่อนการทดลอง			หลังการทดลอง			t-test
	\bar{x}	\bar{x} ร้อยละ	S.D.	\bar{x}	\bar{x} ร้อยละ	S.D.	
ความสามารถในการวิเคราะห์	13.55	64.67	3.25	16.48	78.43	2.44	*8.53
วิเคราะห์หน่วยย่อย	4.66	65.29	1.11	6.52	93.00	0.75	*4.92
วิเคราะห์ความสัมพันธ์	4.20	60.00	1.41	5.40	77.14	1.07	*3.72
วิเคราะห์หลักการ	3.22	45.86	1.52	4.65	66.29	1.30	*5.34

$p < .05^*$

จากตารางที่ 3 พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนิสิตกลุ่มเป้าหมายก่อนได้รับการสอนตามแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านผ่าน“โครงการ Green Chem Green Life” มีค่าเท่ากับ 64.67 อยู่ในระดับพอใช้ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.25 ภายหลังได้รับการสอนตามแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านผ่าน “โครงการ Green Chem Green Life” แล้วมีค่าเท่ากับร้อยละ 78.43 อยู่ในระดับดี และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.44 โดยพบว่าคะแนน

เฉลี่ยของการวิเคราะห์หน่วยย่อย การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ หลังการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านผ่านโครงการ Green Chem Green Life แล้วสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยองค์ประกอบด้านการคิดวิเคราะห์ความหน่วยย่อย สัมพันธ์ และหลักการมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 93.00 77.14 และ 66.29 ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

ในส่วนของความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม ประเมินหลังการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านผ่าน“โครงการ Green Chem Green Life” ผ่านเสร็จสิ้นโดยใช้แบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีคะแนนเต็ม 100 คะแนน แบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เจตคติต่อสิ่งแวดล้อม และตอนที่ 2 การปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อม คะแนนเต็มตอนละ 50 คะแนน ในแต่ละตอนของแบบสอบถาม แบ่งประเด็นการสอบถามเป็น 12 เรื่อง ตามแนวคิดเคมีสีเขียว 12 แนวคิด ได้แก่

1. การป้องกันการเกิดของเสีย
2. การใช้สารเคมีทุกอะตอมให้คุ้มค่า
3. กระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีที่เป็นอันตรายน้อยลง
4. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมีไม่เป็นพิษและมีประสิทธิภาพ
5. การเลือกใช้ตัวทำละลายและตัวช่วยที่ปลอดภัย
6. การออกแบบการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
7. การใช้วัตถุดิบหรือสารนำกลับมาใช้ใหม่ (ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า)
8. ลดการทำสารอนุพันธ์
9. ควรใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในการสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์
10. การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้
11. การตรวจวิเคราะห์ติดตามผลเพื่อป้องกันการเกิดมลภาวะตลอดเวลา
12. คุณสมบัติด้านความปลอดภัยของสารเคมีเพื่อลดหรือป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ

จากนั้นนำคะแนนความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมมาเทียบกับเกณฑ์ระดับการยอมรับได้ เรื่องความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมที่ 65 คะแนน โดย Madumere (2012)

ผลการวิเคราะห์คะแนนความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนิสิตกลุ่มเป้าหมาย แสดงดังในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความตระหนักรู้ต่อสิ่งแวดล้อมของนิสิตกลุ่มเป้าหมาย

ความตระหนักรู้ต่อสิ่งแวดล้อม	\bar{X}	SD
1. การป้องกันการเกิดของเสีย	84.88	4.96
ด้านเจตคติ	41.94	2.92
ด้านการปฏิบัติตน	42.94	2.01
2. การใช้สารเคมีทุกอะตอมให้คุ้มค่า	73.92	4.50
ด้านเจตคติ	39.12	2.68
ด้านการปฏิบัติตน	34.80	2.35
3. กระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีที่เป็นอันตรายน้อยลง	61.49	2.89
ด้านเจตคติ	28.65	1.65
ด้านการปฏิบัติตน	32.84	1.42
4. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมีไม่เป็นพิษและมีประสิทธิภาพ	77.24	3.76
ด้านเจตคติ	39.00	0.26
ด้านการปฏิบัติตน	38.24	2.03
5. การเลือกใช้ตัวทำละลายและตัวช่วยที่ปลอดภัย	58.71	3.01
ด้านเจตคติ	28.41	1.25
ด้านการปฏิบัติตน	30.29	1.52
6. การออกแบบการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	76.67	3.47
ด้านเจตคติ	44.12	1.59
ด้านการปฏิบัติตน	32.55	1.78
7. การใช้วัตถุดิบหรือสารนำกลับมาใช้ใหม่ (ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า)	81.08	4.00
ด้านเจตคติ	42.35	2.60
ด้านการปฏิบัติตน	38.73	1.52
8. ลดการทำสารอนุพันธ์	56.47	3.35
ด้านเจตคติ	29.71	1.85
ด้านการปฏิบัติตน	26.76	1.23
9. ควรใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในการสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์	63.84	2.66
ด้านเจตคติ	29.53	1.02
ด้านการปฏิบัติตน	34.31	1.31

ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม	\bar{X}	SD
10.การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้	80.18	4.83
ด้านเจตคติ	42.24	2.64
ด้านการปฏิบัติตน	37.94	1.84
11.การตรวจวิเคราะห์ติดตามผลเพื่อป้องกันการเกิดมลภาวะตลอดเวลา	76.64	5.05
ด้านเจตคติ	41.60	2.88
ด้านการปฏิบัติตน	35.04	2.17
12. คุณสมบัติด้านความปลอดภัยของสารเคมีเพื่อลดหรือป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ	83.00	3.89
ด้านเจตคติ	45.45	1.59
ด้านการปฏิบัติตน	37.55	2.30
คะแนนเฉลี่ย	72.84	3.86

จากตารางที่ 4 คะแนนเฉลี่ยความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนิสิตกลุ่มเป้าหมายทั้งด้านเจตคติและด้านการปฏิบัติตน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 72.84 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 65 คะแนนซึ่งถ้าเทียบกับการจัดระดับความสามารถโดยใช้เกณฑ์ตาม NAEP Writing Assessment 2011 (NCES, 2012) พบว่าอยู่ในระดับดีมาก

เมื่อพิจารณาความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมรายย่อยทั้ง 12 ด้านตามแนวคิดเคมีสีเขียว พบว่าพฤติกรรมที่มีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในสี่อันดับแรก ได้แก่ การป้องกันการเกิดของเสียคุณสมบัติด้านความปลอดภัยของสารเคมีเพื่อลดหรือป้องกันการเกิดอุบัติเหตุการใช้วัตถุอันตรายนำกลับมาใช้ใหม่ (ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า) การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 84.88 83.00 81.08 และ 80.18 ตามลำดับ และประเด็นที่มีความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมในคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ได้แก่ ลดการทำสารอนุพันธ์ มีคะแนนเฉลี่ย 56.47

จากการสัมภาษณ์นิสิตโดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างกำหนดประเด็นในการสัมภาษณ์ ดังนั้นความรู้ทางสิ่งแวดล้อม ความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมความสนใจในข่าวสารสิ่งแวดล้อมการมีเจตคติต่อกิจกรรมเคมีสีเขียวหรือกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อมพบว่านิสิตรู้คุณค่าและติดตามข่าวสารด้านสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าประเด็นอื่นๆ ซึ่งประเด็นนี้จะมีผลต่อความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ด้านเนื้อหาเคมีกับแนวคิดเคมีสีเขียวของนิสิตซึ่งต้องอาศัยการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากสิ่งที่เรียนและติดตามข่าวสารด้านสิ่งแวดล้อมอย่างสม่ำเสมอพร้อมทั้งเห็นคุณค่าของสิ่งนั้นด้วย

บทที่ 5

ข้อสรุปการอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยในชั้นเรียน มุ่งศึกษาผลของการสอนตามแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วย “โครงการ Green Chem Green Life” ที่มีต่อการสร้างความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม ดำเนินการวิจัยกับกลุ่มเป้าหมาย คือ นิสิตชั้นปีที่ 3 และ 4 ระดับปริญญาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ วิชาเอกเคมี ในรายวิชา 2721343 Natural Materials จำนวน 30 คน ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนและหลังการทดลอง โดยประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทั้งก่อนและหลังการทดลอง ส่วนการประเมินความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้แบบสอบถามความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมหลังจากการทดลอง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบที (t-test)

สรุปผลการวิจัย

1. นิสิตที่เรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวผ่านแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วย “โครงการ Green Chem Green Life” แล้วมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ค่าเฉลี่ยร้อยละ 78.43 อยู่ในระดับดีและสูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ที่ค่าเฉลี่ยร้อยละ 70

2. นิสิตที่เรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวผ่านการจัดกิจกรรมโครงการ Green Chem Green Life แล้วมีความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับดีมากโดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 72.84 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยที่ตั้งไว้ในสมมติฐานการวิจัยคือร้อยละ 65 ในระดับดี

การอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า นิสิตที่เรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวตามแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วย “โครงการ Green Chem Green Life” แล้วมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงขึ้นกว่าก่อนเริ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอยู่ในระดับดี นอกจากนี้ นิสิตยังมีความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับที่ดีมากอีกด้วย โดยแบ่งการอภิปรายได้เป็น 2 ประเด็น ดังนี้

1. ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

การจัดการเรียนการสอนแนวคิดเคมีสีเขียวตามแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านด้วย “โครงการ Green Chem Green Life” นี้สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ได้โดยพบว่า การจัดการเรียนการสอนในรายวิชา Natural Materials ซึ่งเป็นรายวิชาเลือก สำหรับนิสิตสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ วิชาเอกเคมี และวิทยาศาสตร์-เคมี โดยธรรมชาติของรายวิชาจะว่าด้วยเรื่องราวของสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี โครงสร้างทางเคมี ปฏิิกิริยาเคมี ชีวิตสังเคราะห์ และการสังเคราะห์สารที่พบในธรรมชาติต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์โดยเฉพาะด้านการรักษาโรคต่างๆ ในกรณีนี้ในการจัดการเรียนการสอนได้สอดแทรกแนวคิดเคมีสีเขียว โดยขั้นการกำหนดยุทธวิธีเพิ่มพูนประสบการณ์ (Experiential Engagement) ผู้สอนเป็นผู้ชี้แนะวิธีการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนเพื่อเรียนเนื้อหาโดยอาศัยวิธีการที่หลากหลาย โดยเฉพาะการใช้กิจกรรมที่กำหนดขึ้นเอง ขั้นการสืบค้นเพื่อให้เกิดมโนทัศน์รวบยอด (Concept Exploration) โดยผู้สอนได้กำหนดให้นิสิตสืบค้นงานที่มอบหมายจากสื่อต่างๆ เช่น สื่อประเภทวิดีโอบันทึกการบรรยาย การใช้สื่อ Websites หรือสื่อออนไลน์และที่สำคัญในขั้นตอนการสร้างองค์ความรู้อย่างมีความหมาย (Meaning Making) โดยนิสิตเป็นผู้บูรณาการสร้างทักษะองค์ความรู้จากสื่อที่ได้รับจากการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างกระดานความรู้อิเล็กทรอนิกส์ (Blogs) สำหรับอภิปรายแบบออนไลน์ (Social Networking & Discussion Boards) โดยมีผู้สอนเป็นผู้คอยชี้แนะ ส่วนขั้นตอนสุดท้ายคือ การสาธิตและประยุกต์ใช้ (Demonstration & Application) เป็นการสร้างองค์ความรู้โดยผู้เรียนเองในเชิงสร้างสรรค์ โดยการจัดทำเป็นโครงการ Green Chem Green life และผ่านกระบวนการนำเสนอผลงาน (Presentations) ที่เกิดจากการรังสรรค์งานเหล่านั้นแก่ผู้สนใจ นอกจากนี้ในการจัดการเรียนการสอนได้นำตัวอย่างงานวิจัยที่แสดงการสังเคราะห์สารที่พบในธรรมชาติโดยผ่านแนวคิดเคมีสีเขียวเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ พร้อมทั้งนี้ได้กำหนดให้นิสิตออกแบบการทดลองที่สอดคล้องกับเนื้อหาตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานระดับมัธยมศึกษาโดยใช้แนวคิดเคมีสีเขียว จากกระบวนการวิจัยจะพบว่านิสิตได้ผ่านการฝึกการคิดขั้นสูงด้วยการกระตุ้นจากการใช้คำถามจากผู้สอนให้คิดและค้นหาคำตอบด้วยตนเองโดยผู้สอนจะใช้คำถามที่ให้จำแนกประเภท บอกความสัมพันธ์ หลักการหรือแนวคิดหลักเป็นต้น โดยจะพบว่าเมื่อผู้สอนใช้คำถามลักษณะดังกล่าวจะทำให้นิสิตตอบคำถามที่มีความหลากหลาย ซึ่งจะส่งเสริมให้นิสิตมีการคิดที่กว้างและหลากหลายยิ่งขึ้น การให้ข้อคิดเห็นจากผู้สอนและเพื่อนนิสิต รวมทั้งข้อคิดเห็นจากการนำเสนอผลงานการออกแบบการทดลองบนพื้นฐานของแนวคิดเคมีสีเขียว การเสริมแรงทางบวกเพื่อกระตุ้นให้นิสิตตอบคำถาม เป็นต้น ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการเรียนการสอนที่ผู้สอนต้องใช้คำถามระดับสูงประกอบกับในหลักการแนวคิดเคมีสีเขียวเป็นแนวคิดที่มีตัวอย่างประกอบอยู่มากและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน อีกทั้งยังเป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาเคมีสู่การช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย เหตุนี้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนิสิตที่ผ่านการเรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวผ่านการจัดกิจกรรมโครงการ Green Chem Green Life แล้ว จึงอยู่ในระดับดี

2. ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

การให้ผู้เรียนสื่อสาร แสดงความรู้สึกถึงการรับรู้ สนใจและการเห็นคุณค่าของสิ่งแวดล้อมนี้ช่วยส่งเสริมความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของผู้เรียน สอดคล้องกับแนวคิดของ Kollmus and Agyeman (2002) ที่กล่าวว่า อารมณ์ความรู้สึกมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการสร้างความเชื่อ การเห็นคุณค่า และการมีเจตคติต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งการมีส่วนร่วมทางด้านอารมณ์ความรู้สึกนี้ คือ ความสามารถในการสร้างปฏิกิริยาทางอารมณ์เมื่อต้องเผชิญกับความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม หรืออาจกล่าวได้ว่า มีการให้อารมณ์ความรู้สึกต่อปัญหาที่พบเจอ และเมื่อเกิดความรู้สึกที่รุนแรงอย่างความรู้สึกกลัว เศร้า หรือโกรธ จะนำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงการกระทำด้านสิ่งแวดล้อม (Chawla, 1999 อ้างถึงใน Kollmus and Agyeman, 2002) สอดคล้องกับแนวคิดของ Chamber and Smith (2007) ที่กล่าวว่า ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมเป็นการแสดงออกถึงความห่วงใยในสิ่งแวดล้อมและความรู้สึกที่มีต่อสถานการณ์เกี่ยวกับสาเหตุ การกระทำ ภาระหน้าที่ ตลอดจนความรับผิดชอบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม และยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Zecha (2010) ที่ว่า ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมเกิดจากความสนใจและความห่วงใยต่อสิ่งแวดล้อม นำไปสู่การศึกษาหาความรู้ เพื่อให้เกิดความเข้าใจทั้งด้านความรู้และการปฏิบัติ จนสามารถมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้

จากเหตุผลดังกล่าว เป็นการสนับสนุนว่า การเรียนรู้แนวคิดเคมีสีเขียวผ่านการจัดกิจกรรมโครงการ Green Chem Green Life ช่วยส่งเสริมและพัฒนาความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนิสิตโดยจากการวิจัยจะพบว่าความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนิสิตอยู่ในระดับดี นั่นคือการเรียนรู้เน้นให้นิสิตสื่อสารแสดงความรู้สึกที่มีต่อสถานการณ์และประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งให้นิสิตคิดออกแบบการทดลองบนพื้นฐานแนวคิดเคมีสีเขียวแล้วสื่อสารสิ่งเหล่านี้ให้บุคคลอื่นๆ อีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษารูปแบบคำถามที่ช่วยให้เกิดการคิดขั้นสูง และปัจจัยที่มีผลต่อความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมของนิสิต เช่น ระดับความรู้ด้านเนื้อหาเคมีหรือสิ่งแวดล้อม ความเข้าใจเกี่ยวกับการปฏิบัติตนอย่างมีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม การให้ความสนใจข่าวสารสิ่งแวดล้อมจากแหล่งข้อมูลต่างๆ

รายการอ้างอิง

- กิตติภูมิมีประดิษฐ์ . 2542. *มนุษย์อุตสาหกรรมและสภาพแวดล้อม*. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์เทคโนโลยีภาพการศึกษาฝ่ายเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2549). *การคิดเชิงวิเคราะห์ (Analytical Thinking)*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : ชัคเชสมิเดีย.
- คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, สำนักงาน และวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, สำนัก. (2549). *รายงานการสังเคราะห์แนวคิดและวิธีจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- จิรเดช เหมือนสมาน. (2551). *การพัฒนาชุดฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์จากสื่อสิ่งพิมพ์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดทองเพ็ญ*. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ดลยา แต่งสมบูรณ์. (2551). *การศึกษามผลการพัฒนาการคิดวิเคราะห์โดยใช้กิจกรรมการแสวงหาและค้นพบความรู้ด้วยตนเองประกอบการประเมินตามสภาพจริง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3*. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทัศนาศา แคมมณี และคณะ. (2549). *รายงานการวิจัยเรื่อง การนำเสนอรูปแบบเสริมสร้างทักษะการคิดขั้นสูงของนิสิตนักศึกษาครูระดับปริญญาตรี สำหรับหลักสูตรครุศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (อัดสำเนา)
- นิตารรณ เจตวรัญญ. (2549). *การเปรียบเทียบความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ในวิชาภาษาไทย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการคิดแบบหมวกหกใบกับการสอนปกติ*. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ยุบล ธงวิชัยและวิมล สำราญวานิช. (2552). *ความตระหนักและความสามารถในการคิดวิเคราะห์เรื่องอาหารกับการดำรงชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม*. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 32(3): 48-56.
- วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ. (2554). *เคมีวิเคราะห์สีเขียว*. *วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง*, 20(2): 29-44.
- สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน). (2557). *ผลการประเมินคุณภาพภายนอก*. from <http://aqa.onesqa.or.th/Summary>
- Anastas, P.T. and Warner, J.C. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press.
- Arba'at, H.; Noordin, T.A.; and Sulaiman, S. (2010). The status on the level of environmental awareness in the concept of sustainable development amongst secondary school students. *Procedia Social and Behavioral Science*.2. 1276.

- Banks, J. (1985). *Teaching strategies for the social studies inquiry, volleying and decision making*. Washington D.C.: University of Washington Seattle.
- Beyer, B.K. (1991). *Teaching thinking skill: A handbook of elementary school teachers*. Boston: Allyn& Bacon.
- Bloom, B.S. (1956). *Taxonomy of educational objectives Handbook I: Cognitive Domain*. New York: Mckay.
- Byrnes, J.P. (1996). *Cognitive development and learning in instructional contexts*. Boston: Allyn&Bacon.
- Clark, L.H. (1970). *Strategies and tactics in secondary school teaching*. London: Collier-Macmillan.
- Dressel, P. L. and Mayhew, L. B. (1975). *General Education: Explorations in Evaluation*. 2nd ed. Washington,D.C.: American Council on Education.
- Doble, M., and Kruthiventi, A. K. (2007). *Green Chemistry & Engineering*, 297-298.
- Good, C.V. (1973). *Dictionary of education*. New York: McGraw-Hill.
- Hillgard, E. (1967). *Introduction to pychology*. 3rd ed. New York: Harcourt, Brace and World.
- Hudgins, B. (1977). *Learning and thinking*. Itasca, IL. F.E. Peacock Publishers.
- Kirby, G.R. and Goodpaster, J.R. (2002). *Thinking*. New Jersey: Prentice Hall.
- Koffka, K. (1978). *Encyclopedia of the social science*. New York : Macmillan.
- Kollmus, A. and Agyeman, J. (2002). Mind the gap: why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental education research*.8(3): 239.
- Lipman, M. (1988). *Critical thinking What can it be?* Educational Leadership, 46, 38-43.
- Littledyke, M. (2008). Science education for environmental awareness: Approaches to integrating cognitive and affective domains. *Environmental Education Research*, 14(1), 1-17.
- Madumere, A.J. (2001). Assessing the level of environmental awareness of non-science. In Francesco Randazzo *Journal of educational and social research*.Special issue.2(7).
- Moseley, D., et al. (2005). *Frameworks for thinking: A handbook for teaching and learning*. New York: Cambridge University Press.
- Munro, G., & Slater, A . (1985) .The know-how of teaching critical thinking.*Social Education*.49. 284.
- Ozden M. (2008). The Effects of Brain-Based Learning on Academic Achievement and Retention of Knowledge in Science Course.*Electronic Journal of Science Education*

- (*Southwestern University*), 12(1).
- Reilly, D.E. and Oermann, M.H. (1999). *Clinical teaching in nursing education*. Boston: Jones and Bartlett.
- Wang, J., et al. (2004). An analysis of environmental awareness for primary school and high school student in Kunming. *Chinese education society*.37(4). 24.
- Wardencki, W., Curylo, J., & Namiesnik, J. (2005). Green Chemistry – Current and Future Issues. *Polish Journal of Environmental Studies*, 14(4): 389-395.
- Watson. G. and Glazer Z. E.M. (1964). *Watson – Glaser Critical Thinking Appraisal Manual*. New York : Brace and World Inc.
- Wolman, B.B. (1973). *Dictionary of behavioral Science*. London, Litton Educational Publishing, Inc.
- Zecha, S. (2010). Environmental knowledge, attitudes and actions of Bavarian (southern Germany) and Asturian (northern Spain) adolescents. *International Research in Geographical and Environmental Education*.19. 227-240.

ภาคผนวก

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์
2. แบบวัดความสามารถความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม
3. แบบสัมภาษณ์ความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ฉบับนี้มีลักษณะเป็นแบบสอบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน
2. แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ฉบับนี้ใช้เวลาในการสอบทั้งสิ้น 60 นาที
3. ให้นิสิตเขียนชื่อ-นามสกุล รหัสประจำตัว ให้ชัดเจนลงในกระดาษคำตอบ
4. ห้ามขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ลงในแบบวัดฉบับนี้
5. ให้อ่านคำถามแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมายกากบาท (X) ตรงกับข้อและตัวอักษรในกระดาษคำตอบ

ให้อ่านบทสนทนาของเอบี และเอฟต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 1 - 3

- เอ : เมื่อก่อนสาร DDT หรือสารไดคลอโรไดฟีนิลไตรคลอโรอีเทนนอกจากจะใช้เป็นยาฆ่าแมลงศัตรูพืช แล้วยังใช้ DDT กำจัดยุงกันปล่องที่นำเชื้อมาลาเรียมาสู่คนจริงหรือ
- บี : จริงสิ หลังจากทีนักวิทยาศาสตร์สามารถสังเคราะห์สาร DDT ได้และพบว่าสามารถฆ่าแมลงเช่น ยุงได้ จึงได้มีการนำมาใช้ในการกำจัดยุง โดยเฉพาะในทวีปแอฟริกาซึ่งมียุงกันปล่องชุกชุม การระบาดของเชื้อมาลาเรียจึงมีอยู่อย่างต่อเนื่องและมีความรุนแรง ดังนั้นจึงมีการใช้สาร DDT กันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งสาร DDT ยังมีราคาถูก
- เอฟ : นี่เมื่อก่อนนะ ในประเทศตะวันตก สาร DDT เป็นสารที่ทุกบ้านมีไว้สำหรับกำจัดยุงและแมลงต่างๆ ในบ้าน
- เอ : แล้วทำไมปัจจุบันสาร DDT จึงเป็นสารอันตรายที่มีการห้ามใช้ล่ะ
- บี : เพราะมีการค้นพบว่า สาร DDT เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตหลายชนิดรวมถึงมนุษย์ด้วยและตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม ซึ่งสร้างความตระหนักให้กับนักวิทยาศาสตร์เป็นอย่างยิ่ง
- เอฟ : ตั้งแต่อดีตที่มีการระดมใช้ DDT ได้มีผลกระทบมาจนถึงปัจจุบัน คือ สภาพแวดล้อมของโลกยังคงมีสาร DDT สะสมและคนทุกคน ไม่ว่าจะอยู่ที่ใดในโลก ไม่ว่าจะมียายุเท่าไร ต่างก็มี DDT สะสมในเนื้อเยื่อของร่างกาย เพราะละออง DDT ไม่สลายตัว ดังนั้น เวลามันระเหยไปในอากาศ ลมจึงสามารถพัดพามันไปได้ทุกหนแห่ง เวลาละอองกระทบความเย็นมันจะกลั่นตัวเป็นหยด DDT ตกลงดิน จึงไม่มีใครประหลาดใจที่นักวิทยาศาสตร์ได้พบ DDT ในตัวนกเพนกวิน และหมีขั้วโลกเป็นครั้งคราว และสำหรับคนทั่วไปนั้นก็หมายความว่า สถานที่ใดที่ได้รับการฉีดพ่นด้วย DDT อีก 150 ปี สถานที่นั้นก็ยังไม่ปลอดภัย DDT อยู่ดี
- บี : สำหรับมนุษย์นั้น สาร DDT สามารถทำลายเชื้ออสุจิของผู้ชาย ซึ่งถ้าการทำลายรุนแรงจะทำให้เป็นหมันและมะเร็งต่อมลูกหมากต่อไป หรือถ้าเชื้ออสุจิที่ผิดปกติได้ปฏิสนธิกับไข่ใน ผู้หญิงทารกที่คลอดออกมาก็อาจมีอวัยวะที่ไม่สมบูรณ์
- เอ : ตายแล้ว!!! งั้นเราก็ไม่สามารถควบคุมอันตรายจากการใช้สาร DDT ได้สิ
- บี : ไม่หรอก นักวิทยาศาสตร์ได้มีการศึกษาค้นคว้าจนพบสารเคมีบางชนิดที่ใช้ทดแทน DDT ได้ เช่น สาร Pyrethroid สาร Deltamethrin เป็นต้น ซึ่งยังคงมีราคาแพงอยู่

ข้อ 1. ประเด็นใดบ้างที่พบในบทสนทนาข้างต้น (วิเคราะห์หน่วยย่อย)

1. วิธีการกำจัดยุงกันปล่อง
2. สถานการณ์ของไข้มาลาเรีย
3. ประโยชน์และโทษของสาร DDT
4. ความตระหนักของผู้คนเกี่ยวกับอันตรายของสาร DDT

ก. 1 2 และ 3 ข. 1 2 และ 4

ค. 2 3 และ 4 ง. 1 3 และ 4

ข้อ 2. ข้อใดคือต้นเหตุของปัญหาเกี่ยวกับสาร DDT (วิเคราะห์ความสัมพันธ์)

- ก. การขาดความรู้ของผู้ใช้สาร
- ข. ความไม่รอบคอบของนักวิทยาศาสตร์
- ค. การขาดความเอาใจใส่ต่อสิ่งแวดล้อมของผู้ใช้สาร
- ง. การขาดมาตรการเกี่ยวกับการใช้สารพิษกำจัดแมลงของรัฐบาล

ข้อ 3. ข้อใดคือแนวคิดหลักของบทสนทนา (วิเคราะห์หลักการ)

- ก. อันตรายของสาร DDT
- ข. สาร DDT กับการกำจัดแมลง
- ค. สถานการณ์ไข้มาลาเรียในปัจจุบัน
- ง. สารเคมีที่ใช้ทดแทนสาร DDT

ตัวอย่างแบบวัดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

คำชี้แจง ให้นิสิตพิจารณาข้อความพฤติกรรมแต่ละข้อความ แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของตนเอง

- โดย 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งกับข้อความนั้น
2 หมายถึง ไม่เห็นด้วยกับข้อความนั้น
3 หมายถึง ไม่แน่ที่จะเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับข้อความนั้น
4 หมายถึง เห็นด้วยกับข้อความนั้น
5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่งกับข้อความนั้น

(ตัวอย่าง)

ข้อความพฤติกรรม	ระดับความคิดเห็นที่มีต่อพฤติกรรม				
	ไม่เห็น ด้วย อย่าง ยิ่ง 1	ไม่ เห็น ด้วย 2	ไม่ แน่ใจ 3	เห็น ด้วย 4	เห็น ด้วย ยิ่ง 5
1. การทดลองบางครั้งควรต้องพิจารณาเลือกใช้สารเคมีชนิดอื่นที่อันตรายน้อยกว่ามาทดแทนสารเคมีที่เป็นอันตรายมากโดยอาจเป็นสารเคมีที่มีอยู่ในบ้าน					
2. ออกแบบให้นักเรียนสามารถผลิตไบโอดีเซลได้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และอาจนำมาทดลองเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการทดลองต่อไปได้					
3. ในกระบวนการซักแห้ง มีการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวเป็นตัวทำละลายเพื่อลดอันตรายจากตัวทำละลายอื่นๆ					
4. ในกระบวนการทางเคมีควรออกแบบปฏิกิริยาให้สามารถใช้สารตั้งต้นได้ทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมดในการเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ					
5. ควรเลือกปฏิกิริยาที่อาจใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแทนการเร่งด้วยความร้อน					
6. ออกแบบการทดลองโดยใช้ small scale lab เพื่อประหยัดสารเคมีและช่วยลดของเสียสู่สิ่งแวดล้อม					
7. การนำพลังงานไมโครเวฟมาใช้ ถือเป็นทางเลือกใหม่ ที่เพิ่มประสิทธิภาพในการทำปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ					
8. ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายในการทำโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ					
9. การผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากกลีเซอรอลซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล					
10. การใช้ bioplastic แทนการใช้พลาสติกกลุ่ม Polyethylene หรือ Polypropylene					

แบบสัมภาษณ์ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม

แบบสัมภาษณ์ความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมบนพื้นฐานของแนวคิดเคมีสีเขียวฉบับนี้ มีประเด็นที่ใช้ในการสัมภาษณ์ 4 ประเด็น คือ

1. ความสนใจข่าวสารด้านสิ่งแวดล้อม

- 1.1 นิสิตสนใจติดตามข่าวสารด้านสิ่งแวดล้อมบ้างหรือไม่ อย่างไร
- 1.2 นิสิตได้รับข่าวสารด้านสิ่งแวดล้อมจากช่องทางใดบ้าง
- 1.3 เมื่อได้รับข่าวสารด้านสิ่งแวดล้อม นิสิตมีวิธีการตอบรับหรือติดตามข่าวสารอย่างต่อเนื่องหรือไม่ อย่างไร

2. ความรู้ทางสิ่งแวดล้อม

- 2.1 ประเด็นหรือปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่ติดตามในขณะนี้คือเรื่องใดบ้าง
- 2.2 นิสิตพบประเด็นหรือปัญหาใดในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมหรือไม่ อย่างไร
- 2.3 นิสิตได้ศึกษา ติดตาม สาเหตุของปัญหานั้นหรือไม่ อย่างไร
- 2.4 นิสิตได้คิดวิธีป้องกันและแก้ไขปัญหานั้นๆ หรือไม่ อย่างไร

3. ความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

- 3.1 ประเด็นหรือปัญหาใดบ้างที่นิสิตกังวลมากที่สุด เพราะเหตุผลใด
- 3.2 นิสิตสามารถแก้ไขหรือบรรเทาความรุนแรงของปัญหานั้นได้อย่างไร

4. การมีเจตคติต่อกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อม

- 4.1 นิสิตเคยร่วมโครงการหรือกิจกรรมใดๆ ที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมหรือไม่ อย่างไร
- 4.2 กิจกรรมหรือโครงการใดบ้างที่นิสิตคิดและลงมือปฏิบัติหรือริเริ่มด้วยตนเองเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม