



**การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและมโนคติทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย**

**The Development of Grade 11 Students' Critical Thinking and Scientific
Concept in Chemical Reaction Rate by Using Predict-Observe-Explain
Learning Activities**

ลำพูน สิงห์ชา (Lumpoon Singkha)*

ดร.ไพศาล สุวรรณน้อย (Dr.Paisan Suwannoi)**

บทคัดย่อ

การวิจัยแบบไม่เข้าชั้นการทดลองทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 46 คน ของโรงเรียนสุวรรณภูมิวิทยาลัย อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 27 ปีการศึกษา 2554 เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบสำรวจ มโนคติทางวิทยาศาสตร์ หลังจากนั้นได้นำไปทดลองสอนโดยผู้วิจัยเอง การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ร้อยละ

ผลการวิจัย:

นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 6 ด้านอยู่ระหว่าง 0.68 - 1.35 โดยนักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณในระดับปานกลาง และผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดและความเข้าใจ มโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ในระดับสมบูรณ์ (CU) และระดับไม่สมบูรณ์ (PU) สูงขึ้น และมีความเข้าใจมโนคติในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ระดับคลาดเคลื่อน (AC) และระดับไม่เข้าใจ (NU) ลดลง โดยนักเรียนมีการปรับเปลี่ยนมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสูงสุด คือ ร้อยละ 76.09 แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 67.40 ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 56.52 พลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี และอุณหภูมิของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 50.00 ตัวเร่งตัวหน่วงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 30.43 และพื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี น้อยสุด คือ ร้อยละ 28.26

คำสำคัญ : การคิดอย่างมีวิจารณญาณ, มโนคติทางวิทยาศาสตร์, การเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย

Keywords : Critical Thinking, Scientific Concept, Predict-Observe-Explain (POE)

* นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



Abstract

The objectives of this research was a pre-experimental research were to study critical thinking and scientific concepts on chemical reaction rate of Grade 11 students using predict-observe-explain learning activities. The target group included 46 Grade 11 students of Suwannaphum-Wittayalai School, Suwannaphum District, Roi-Et Province. The instruments using in this study were: 1) the learning activity management plans on chemical reaction rates. 2) the critical thinking test, and 3) the scientific concept survey. Then, this research was tried out by the researcher in order to study whether 70% of total number of students would have critical thinking passing the criterion, and to study whether the students' scientific concept of chemical reaction rate, between pretest and posttest would be increased, and how ? Data were analyzed by using the percent.

The research findings found that:

After learning with predict-observe-explain learning activities , the students had critical thinking Scores in all of 6 aspects between 0.68-1.35. Their critical thinking was in moderate Level. In addition, 70% of total number of students would have critical thinking passing the criterion. For chemical reaction rate concepts, they had higher level of scientific concept in complete understanding or CU, and partial understanding (PU). On the contrary, they had lower level of partial (PS), conception or AC, and not understanding or NU. The students' science concepts in change definition and calculation of chemical reaction rate for 76.09%, the approach in chemical reaction for 67.40%, concentration of substance and chemical reaction rate for 56.53%, energy and chemical reaction for 50.00%, reactor and nonreactor chemical reaction rate for 30.43% and Substance Surface Area and chemical reaction rate for 28.26% respectively.

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์ได้เข้ามามีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคตซึ่งทุกคนจำเป็นต้องรู้วิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ทำให้คนได้พัฒนาวิถีดิจิตัล ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผลคิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ คิดวิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลาย และประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (กรมวิชาการ, 2546) สอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการต้องการพัฒนาเยาวชนของชาติเข้าสู่โลกยุคศตวรรษที่ 21 โดยมุ่งส่งเสริมผู้เรียนให้มีคุณธรรม รักความเป็นไทย ให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์ สร้างสรรค์ มีทักษะด้านเทคโนโลยี สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมโลกได้อย่างสันติ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551) ดังนั้นการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต้องใช้ การสังเกต การสำรวจ ตรวจสอบ และการทดลองแล้วนำผลมาจัดระบบ หลักการ

แนวคิด โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึมที่เชื่อว่าผู้เรียนเรียนรู้จากประสบการณ์เดิมเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่แล้วสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Novak, 1998 อ้างในกิ่งฟ้า สินธุวงศ์, 2550)

การพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้เกิดสมรรถนะสำคัญ คือ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม นักเรียนสามารถแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล ด้วยเหตุนี้หากการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนปัจจุบันเน้นให้ผู้เรียนเรียนเพื่อสามารถทำคะแนนสอบแข่งขันได้ทั้งในระดับชั้นเรียน ระดับโรงเรียนและระดับชาติด้วยสาเหตุดังกล่าวจะทำให้การตัดสินใจนั้นขาดความรอบคอบ ขาดการไตร่ตรองอย่างมีวิจารณญาณเป็นเหตุเป็นผล หรือเป็นการตัดสินใจ



ใจที่ใช้เพียงความรู้สึกนึกคิด ซึ่งจะก่อให้เกิดผลเสียกับตนเองและสังคมไทยทั้งในระยะสั้นและระยะยาว (ไชยยั่งยืนยง, 2550) สอดคล้องกับความคิดเห็นของ จิราภรณ์ ศิริทวี (2545) กล่าวว่า ทักษะการคิดเป็นทักษะที่สำคัญสำหรับคนไทยทุกคนในการดำรงชีวิตโดยเฉพาะทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคนไทยโดยรวมยังขาดทักษะการคิดทำให้ความสามารถในการแข่งขันในเรื่องต่าง ๆ อยู่ในระดับต่ำไม่ว่าจะเทียบระหว่างคนในภูมิภาคเอเชียด้วยกันหรืออารยประเทศอื่นๆ (คันสนีย์ ฉัตรคุปต์และอุษา ขูชาติ, 2544) ดังนั้นในการสอนและการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน จึงควรเน้นให้ผู้เรียน เรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ รู้จักใช้ทักษะกระบวนการ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับกระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดคุณภาพของผู้เรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณถือเป็นทักษะการคิดที่จำเป็นต้องพัฒนาตั้งแต่ก่อนที่จะเข้าเรียนระดับมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องพัฒนาตั้งแต่วัยเด็กและให้คงทนจนถึงระดับมหาวิทยาลัย เพราะการคิดอย่างมีวิจารณญาณถือเป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการเรียนรู้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อตัวผู้เรียนช่วยให้เข้าใจสิ่งที่เรียนรู้ได้ดีขึ้น สามารถที่จะคิดได้ด้วยตนเองและเกิดความสำเร็จในการเรียนรู้ (คันสนีย์ ฉัตรคุปต์และอุษา ขูชาติ, 2544) การสอนให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณคือ ความสามารถในการคิดอย่างมีระบบ มีเหตุผลและคิดไตร่ตรองอย่างรอบคอบ เกี่ยวกับข้อมูลหรือสภาพการณ์ที่ปรากฏ เพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจที่จะกระทำสิ่งต่าง ๆ หรือหาสาเหตุต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปได้อย่างสมเหตุสมผล (ปกรณ ไพรอังกูร, 2547) ดังนั้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการเรียนรู้และดำเนินชีวิตอย่างมีคุณค่าในโลกปัจจุบันยุคข้อมูลข่าวสารบุคคลที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะสามารถคิดวิเคราะห์ได้อย่างมีหลักการ สามารถควบคุม จัดการ และตรวจสอบความคิดตนเองได้ รวมทั้งสามารถตัดสินใจและแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผลอย่างถูกต้องเหมาะสม (คันสนีย์ ฉัตรคุปต์และอุษา ขูชาติ, 2544) และมีการยอมรับอย่างแพร่หลายว่าการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นหนึ่งในเป้าหมายของวิทยาศาสตร์ศึกษา (Bailin, 2002) การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียน

วิชาเคมีและสาขาอื่น ๆ เพราะการคิดอย่างมีวิจารณญาณต้องอาศัยกลยุทธ์การคิดและอารมณ์ (Paul, 1990 อ้างถึงใน Kalman, 2002) ซึ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหาสำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใดๆ มาเผชิญหน้า (สาขาชีววิทยา สสวท., 2550) ดังนั้นการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึมจึงสามารถส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (สุมาลีชัยเจริญ, 2551; กรมวิชาการ, 2534 อ้างถึงในทิศนาเกษมมณี, 2544)

วิชาเคมีเป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญมุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสาร (ชาติรี ฝ่ายคำตา, 2551) ด้วยวิชาเคมีเป็นเนื้อหาที่มีความซับซ้อนเป็นนามธรรมเข้าใจยากต่อการทำความเข้าใจส่งผลให้ความเข้าใจโมติของนักเรียนเกิดมโนคติคลาดเคลื่อน (alternative concept) ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีต้องอาศัยแบบจำลองสัญลักษณ์ต่างๆ และการทดลองเข้ามาช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาวิชาเคมี (ชาติรี ฝ่ายคำตา, 2551; ประวิทย์ บึงสว่าง, 2543; Sirhan, 2007) เพื่อให้ให้นักเรียนมีความเข้าใจโมติตรงตามโมติทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจอย่างคงทน ด้วยเหตุนี้วิธีการสอนตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์โดยวิธีทำนาย สังเกต อธิบาย (POE) เป็นวิธีการที่ส่งเสริมสนับสนุนให้นักเรียนได้ตัดสินใจเกี่ยวกับความรู้ที่มีอยู่บนพื้นฐานความรู้เดิม (White & Gunstone, 1992; Gou, 2003; Joyce, 2006) และ White and Gunstone (1992) กล่าวว่าวิธีการสอนแบบทำนาย สังเกต อธิบาย (POE) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยกิจกรรมการเรียนการสอนเริ่มต้นด้วยการนำเสนอสถานการณ์แล้วให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ดังกล่าวโดยนักเรียนจะต้องลงมือทดลอง สังเกต หรือหาทางพิสูจน์เพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้น หลังจากนั้นให้นักเรียนบอกสิ่งที่สังเกตได้จากการสืบเสาะหาความ



รู้ด้วยตนเองและขั้นสุดท้ายนักเรียนจะต้องอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ได้ทำนายและสังเกตหรือผลการทดลองที่ได้ ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย (POE) จะใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการหาคำตอบและเพิ่มความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย (POE) เนื่องจากความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีความซับซ้อนเป็นนามธรรมเข้าใจยากต่อการทำความเข้าใจส่งผลให้ความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนเกิดมโนคติสลับคลาดเคลื่อน ดังงานวิจัยของ จินดา พรหมณัฐ เอกรัตน์ ศรีตัญญู และลัดดา มีสุข (2555) ที่มีการศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นแต่ยังมีนักเรียนครึ่งหนึ่งที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และกลไกของปฏิกิริยาเคมี และการศึกษาของ ธวัช ยะสุคำ และศักดิ์ศรี สุภาธร (2555) ที่ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาทักษะการคิดวิพากษ์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ โดยใช้กิจกรรมทำนาย สังเกต อธิบาย ในการสร้างความสนใจของนักเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและมีคะแนนทักษะการคิดวิพากษ์สูงกว่าก่อนเรียน ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย จะช่วยพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และผู้วิจัยได้เล็งเห็นประโยชน์ว่าจะสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดีขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย
2. เพื่อศึกษาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบไม่เข้าชั้นการทดลอง (Pre experimental research) ใช้รูปแบบการวิจัยทดลองกลุ่มเดียว (One-Group posttest Design) โดยออกแบบการทดลองให้มีการวัดหลังการทดลองสอนและความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยได้จากการสุ่มแบบเจาะจง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวนทั้งหมด 46 คน ซึ่ง กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนสุวรรณภูมิวิทยาลักษณ์ อำเภอสวรรภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 27

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 1) เครื่องมือที่ใช้ดำเนินการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้
- 2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบสำรวจมโนคติทางวิทยาศาสตร์

4. การทดลอง

- 1) การเก็บรวบรวมข้อมูลความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากแบบสำรวจมโนคติทางวิทยาศาสตร์มาวางแผนการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย
- 2) การเก็บรวบรวมข้อมูลในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

3) การเก็บรวบรวมข้อมูลความเข้าใจใน
มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยดำเนินการโดยใช้ข้อสอบชุดเดิม

4) การเก็บรวบรวมข้อมูลการคิดอย่าง
มีวิจารณญาณหลังการจัดกิจกรรมแบบทำนาย สังเกต
อธิบาย ผู้วิจัยดำเนินการหลังจากจัดการเรียนรู้ครบทุก
แผนการจัดการเรียนรู้แล้ว

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดการ
คิดอย่างมีวิจารณญาณเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
หลังจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย แล้วจัดกลุ่ม
คำตอบเป็นระดับน้อย ระดับปานกลางและระดับมาก
โดยใช้สถิติ ร้อยละ

2) การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบวัด
มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย

จัดกลุ่มมโนทัศน์ของนักเรียนโดยใช้เกณฑ์ความสอดคล้อง
กับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สถิติ ร้อยละ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ
มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้
แบบทำนาย สังเกต อธิบาย สรุปผลได้ดังนี้

1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การศึกษาการพัฒนาการคิดอย่างมี
วิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับ
การสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต
อธิบาย ผลคะแนนจากการทดสอบหลังเรียนดังแสดงใน
ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบวัดผลการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 6 ด้านหลัง
การการกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบวิธีทำนาย สังเกต อธิบาย

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	คะแนนแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ		
	คะแนนเต็ม	ค่าคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
การอธิบาย	3	1.84	0.94
การสังเกต	3	2.07	0.99
การรับฟัง	3	1.98	0.98
การเชื่อมโยงความสัมพันธ์	3	1.99	0.92
การวิจารณ์	3	1.81	0.90
การสรุป	3	1.99	0.84

จากตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบน
มาตรฐานของคะแนนจากแบบวัดผลการคิดอย่างมี
วิจารณญาณทั้ง 6 ด้านหลังการการกิจกรรมการเรียนรู้
โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบวิธีทำนาย สังเกต อธิบาย
เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่าง
มีวิจารณญาณ ทั้ง 6 ด้านหลังจากการได้รับการจัดกิจกรรม
การเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบายของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวนทั้งหมด 46 คนพบว่า คะแนน

การคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 6 ด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่
ระหว่าง 1.68 – 2.35 สรุปได้ว่านักเรียนมีคะแนนการ
คิดอย่างมีวิจารณญาณระดับปานกลาง โดยด้านการ
สังเกตมีคะแนนสูงสุด คือ 2.07 ด้านการเชื่อมโยงความ
สัมพันธ์และด้านการสรุปมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากัน คือ 1.99
ด้านการอธิบายมีคะแนนเฉลี่ย คือ 1.84 และด้าน
การวิจารณ์มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด คือ 1.81



ผลการศึกษานักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนายนาย สังกัด อธิบาย มีคะแนนผลการสอบวัดการคิดอย่างมี

วิจารณ์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มได้ผล ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

จำนวนนักเรียนทั้งหมด	การกำหนดเกณฑ์		จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม	ร้อยละของนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์
	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ		
46	32	69.57	33	71.74

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนน เต็มพบว่ามึนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 69.57 ของคะแนนเต็ม จำนวน 32 คน จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 46 คน คิดเป็นร้อยละ 71.74 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนายนาย สังกัด อธิบาย เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ช่วยพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ได้

2. ความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์

ผลการศึกษาความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์จัดกลุ่มมโนคติของนักเรียนโดยใช้เกณฑ์ความ โดยเกณฑ์ความสอดคล้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตามแนวคิดของ Westbrook & Marek (1991) คือ ความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สมบูรณ์ (CU) ความเข้าใจโมเดลในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ความเข้าใจโมเดลในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ความเข้าใจ มโนคติในระดับที่คลาดเคลื่อน (AC) และความไม่เข้าใจ (NU) มีรายละเอียดตารางที่ 3

ความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังจากทีนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนายนาย สังกัด อธิบาย เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนมีความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ในระดับสมบูรณ์ (CU) และระดับไม่สมบูรณ์ (PU) สูงขึ้น และมีความเข้าใจโมเดลในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ระดับคลาดเคลื่อน (AC) และระดับไม่เข้าใจ (NU) ลดลง โดยนักเรียนมีการปรับเปลี่ยนมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสูงสุด คือ ร้อยละ 76.09 แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีคือ ร้อยละ 67.40 ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 56.52 พลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีและอุณหภูมิของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 50.00 ตัวเร่งตัวหน่วงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 30.43 และพื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีน้อยสุดคือ ร้อยละ 28.26



ตารางที่ 3 สรุปผลความเข้าใจโมเดลเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย

มโนติเรื่อง	ข้อ	ความเข้าใจโมเดล (จำนวนคน)															
		CU				PU				PS				AC			
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	หลังเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	หลังเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	หลังเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน	หลังเรียน	หลังเรียน
ความหมายและการคำนวณของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1.	0	0	6	13.04	0	0	29	63.04	0	0	11	23.92	40	86.96	0	0
แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี	2.	0	0	27	58.70	24	52.17	10	21.73	9	19.57	5	10.87	8	17.39	4	8.70
พลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี	3.	0	0	12	26.09	0	0	11	23.91	20	47.48	9	19.57	21	45.65	14	30.43
ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	4.	0	0	23	50.00	21	45.65	13	28.26	5	10.87	1	2.17	15	32.61	9	19.57
พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	5.	1	2.17	12	26.09	12	26.09	10	21.74	7	15.22	7	15.22	21	45.65	17	36.95
อุณหภูมิของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	6.	0	0	20	43.48	4	8.69	5	10.87	5	10.87	2	4.35	32	69.57	19	41.30
ตัวเร่งและตัวหน่วงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	7.	0	0	11	23.91	3	6.52	4	8.70	5	10.87	6	13.04	32	69.57	25	54.35



การอภิปรายผลการทดลอง

1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ผลการศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบายเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีช่วยพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ได้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gou (2003) ทำการศึกษาวิธีการสอนวิชาเคมีทั่วไป พร้อมกันระหว่างวิธีการสอนแบบทำนาย สังเกต อธิบาย และปฏิบัติการและการเรียนรู้โดยใช้การแก้ปัญหาเป็นฐานเรื่อง สารประกอบโคออร์ดิเนชัน โดยให้ศึกษาจากการใช้ของจริงและสถานการณ์จำลองให้นักศึกษาได้เรียนรู้ด้วยตนเอง และแบ่งกลุ่มจากการลงมือปฏิบัติ ผลการวิจัยพบว่า วิธีการสอนแบบทำนาย สังเกต อธิบาย เพิ่มระดับการมีปฏิสัมพันธ์ในห้องเรียนให้สูงขึ้น นักศึกษามีความสนใจเรียนวิชาเคมี มีทักษะในการแก้ปัญหา มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทำงานเป็นทีม และมีทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต และการศึกษาของธวัช ยะสุคำ และศักดิ์ศรี สุภาธร (2555) ที่ทำการศึกษารื่องการพัฒนาทักษะการคิดวิพากษ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ โดยใช้กิจกรรมทำนาย สังเกต อธิบาย ในการสร้างความสนใจของนักเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและมีคะแนนทักษะการคิดวิพากษ์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. ความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์

ผลการศึกษาความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์ในระดับสมบูรณ์ (CU) และระดับไม่สมบูรณ์ (PU) สูงขึ้น และมีความเข้าใจในมิติในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ระดับคลาดเคลื่อน (AC) และระดับไม่เข้าใจ (NU) ลดลง โดยนักเรียนมีการปรับเปลี่ยนมโนคติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยา

เคมีสูงสุด คือ ร้อยละ 76.09 แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 67.40 ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 56.52 พลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีและอุณหภูมิของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 50.00 ตัวเร่งตัวหน่วงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 30.43 และพื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี น้อยสุด คือ ร้อยละ 28.26 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของมนตรี เชื้อพันธุ์ (2543) ได้ทำการศึกษามโนคติ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่าเนื้อหาเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นเนื้อหาที่มีความซับซ้อนและเข้าใจยาก เนื้อหาเป็นนามธรรม นักเรียนมีมโนคติคลาดเคลื่อนโดยคลาดเคลื่อนทางด้านคำตอบหรือตอบถูกเฉพาะด้านเหตุผล มีค่าร้อยละอยู่ในช่วง 11.7 - 21.5 มโนคติที่นักเรียนคลาดเคลื่อนทางด้านคำตอบมากที่สุดคือเรื่อง การอธิบายผลของปัจจัยต่างๆ ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 21.5 และการศึกษาของจินดา พรหมณัฐ เอกรัตน์ ศรีตัญญ และลัดดา มีสุข (2555) ที่มีการศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานนทบุรี เขต 2 ผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นโดยก่อนเรียนมีนักเรียนร้อยละ 30.29 ที่มีแนวคิดถูกต้อง ส่วนหลังเรียนนักเรียนมีแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 64.72 โดยแนวคิดเรื่องพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเป็นแนวคิดที่นักเรียนมีความเข้าใจเพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือแนวคิดเรื่องความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยา กฎอัตราและอันดับของอัตรา และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามลำดับ แต่ยังมึนักเรียนครึ่งหนึ่งที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และกลไกของปฏิกิริยาเคมี ซึ่งพบว่าความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้องและแตกต่างกัน



ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานการวิจัย

1. ความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์เรื่องพื้นที่ผิวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบายผลการวิจัยพบว่าไม่สามารถปรับเปลี่ยนมโนคติที่คลาดเคลื่อนให้เข้าสู่มโนคติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งแสดงว่าความเข้าใจในมิติทางวิทยาศาสตร์น่าจะมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องจึงน่าจะมีการวิจัยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับเปลี่ยนมโนคติทางวิทยาศาสตร์

2. จากการวิจัยพบว่าระยะเวลาที่นักเรียนใช้ในการทำกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนใช้เวลานานเพราะนักเรียนขาดทักษะในการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย ซึ่งต้องอาศัยทักษะในการคิด ดังนั้นควรจะมีการวิจัยเพื่อศึกษาว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการจัดกิจกรรมแบบทำนาย สังเกต อธิบายเป็นอย่างไร

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). **หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- _____. (2546). **คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กึ่งฟ้า สินธุวงษ์. (2550). **การสอนเพื่อพัฒนาการคิดและการเรียนรู้**. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- จินดา พรหมณัฐ, เอกรัตน์ ศรีบุญและลัดดา มีสุข. (2553). การพัฒนาความเข้าใจเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 15(4), 317-330.
- ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2551). แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาเคมี. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี**, 19(2), 11-28.
- โชคชัย ยืนยง. (2550). การใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. **วารสารวิชาการ**, 10(2), 29-34.
- ทศนา แหมมณี และคณะ. (2544). **วิทยาการด้านการคิด**. กรุงเทพฯ: บริษัท เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- ธวัช ยะสุคำ และศักดิ์ศรี สุภาพร. (2555). การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**, 14(2), 23-34.
- ปกรณ์ ไพธองกร. (2547). **การสร้างแบบประเมินและการพัฒนาการคิดวิจารณ์ของนักเรียนนายร้อยตำรวจ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาจิตวิทยาให้คำปรึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ประวิทย์ บึงสว่าง. (2543). **ร่วมคิด ร่วมเขียน ปฏิรูปการเรียนรู้ผู้เรียนสำคัญที่สุด**. กรุงเทพฯ: สถาบันแห่งชาติเพื่อปฏิรูปการเรียนรู้ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักงานกฤษฎมนตรี.
- ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2551). การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงมโนคติ. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 31(1), 27-35.
- มนตรี เชื้อพันธังาม. (2543). **การวิเคราะห์มโนคติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.



- คันสนีย์ ฉัตรคุปต์. (2544). **สามารถใช้ทักษะในการแก้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- คันสนีย์ ฉัตรคุปต์ และอุษา ชูชาติ. (2544). **รายงานเรื่องฝึกสมองให้คิดอย่างมีวิจารณญาณ**. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). 2550. **รูปแบบการเรียนการสอน ที่พัฒนาระบวนการคิดระดับสูง วิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**. ค้นเมื่อ วันที่ 10 สิงหาคม 2553, จาก www.ipst.ac.th/biology/Bio-Articles/mag-content10.html
- สุมาลี ชัยเจริญ. (2551). **เทคโนโลยีการศึกษา หลักการ ทฤษฎีสู่การปฏิบัติ**. ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังนานาธรรมวิทยา.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2551). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- Bailin, S. (2002). Critical thinking and science education. *Science & Education*. 11, 361-375.
- Gou, B. (2003). Contemporary teaching strategies in general chemistry. *The China Papers*. 2, 39-41.
- Joyce, C. (2006). **Predict, observe, explain (POE)**. Retrieved August 26, 2010, from <http://arb.nzcer.org.nz/strategies/poe.php>
- Kalman, C. S. (2002). Developing critical thinking in undergraduate courses : A philosophical approach. *Science & Education*. 11, 83-94.
- Sirhan, G. (2007). Learning difficulties in chemistry : An overview. *Journal of Turkish Science Education*. 4(2), 2-20.
- Westbrook, S. L. and Marek, E. A. (1991). A Cross-age study Of student understanding of the concept of diffusion, *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8). 649-660.
- _____. (1992). A cross-age study of student understanding of the concept of homeostasis, *Journal of Research in Science Teaching*. 29, 51-61.
- White, R. and Gunstone, R. (1992). **Probing understanding**. London: The Falmer Press.