

**การเปรียบเทียบผลการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ใช้เทคนิคการรู้คิด
ที่มีต่อ การเปลี่ยนแปลงแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนคติชีววิทยา
และทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
ที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์ต่างกัน**

**A Comparison of the Learning Achievement of 5th Grade Pupils with
Different Science Learning Achievement in Alternative Conceptual
Changes of Biology Concepts and Basic Science Process Skills by Using
the 7 - Step Learning Cycle Model of Metacognitive**

พรทิพย์ ภทราภักษ์¹ ไพฑูรย์ สุขศรีงาม² จีระพรรณ สุขศรีงาม³ และมยุรี ภารการ⁴

Porntip Pattarapirak,¹ Paitool Suksringarm,² Jeerapan Suksringarm³ and Mayuree Parakan⁴

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ **ประการแรก** เพื่อศึกษาการใช้เทคนิคการรู้คิด **ประการที่สอง** เพื่อเปรียบเทียบผลของการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงแนวความคิดการเลือกเกี่ยวกับ มโนคติชีววิทยา ประกอบด้วย การเจริญเติบโตของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง และความสัมพันธ์ระหว่างพืชกับมนุษย์และสัตว์ และ**ประการที่สาม** เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า

การใช้เทคนิคการรู้คิดทำให้ผลการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มที่มีความเข้าใจเพียงบางส่วน กลุ่มแนวความคิดที่ผิดพลาดลดลงจากก่อนเรียน และกลุ่มไม่มีแนวความคิดที่ผิดพลาดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานหลังเรียน ทั้งโดยรวมและเป็นรายด้านทุกด้านเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์สูงมีทักษะเฉพาะในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานหลังเรียน 4 ด้าน คือ ทักษะการสังเกต การวัด การจัดกระทำ การสื่อความหมายข้อมูล และการพยากรณ์มากกว่านักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ใช้เทคนิคการรู้คิด แนวความคิดเลือก ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน

¹ นักศึกษาปริญญาโท วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

² Ph.D (Science Education) รองศาสตราจารย์ คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

³ รองศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

⁴ รองศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

รับต้นฉบับ 11 กรกฎาคม 2551 รับลงพิมพ์ 14 พฤศจิกายน 2551



ABSTRACT

This research aimed at analyzing and comparing the learning achievement of the 5th grade pupils with different science learning achievement in alternative conceptual changes of biology concepts and basic science process skills.

The major findings revealed that the learning achievement of three experimental groups; partial understanding of the content, less cognitive errors before learning and non cognitive errors using metacognitive technique was significantly different at the.05 level. The average level of basic science process skills of the pupils after using the 7 - step learning cycle model was significantly higher than before using the learning cycle model at the.05 level. The average level of the scientific skills of the pupils with the high science achievement in observation, measurement, management, communication and prediction was significantly higher than the pupils with low science achievement at the.05 level.

Keywords : 7-Step Learning Cycle Model of Metacognitive Technique, Alternative Conceptual Changes, Basic Science Process Skills

บทนำ

การเรียนรู้ นักเรียนจะมีความรู้ใหม่หรือแนวความคิด ของเขาเองอยู่ก่อน แล้วนำสิ่งเหล่านี้มาใช้ในการเรียนสิ่งใหม่ (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2537 : 111-117) สมองของนักเรียนจะมีความรู้เดิมอยู่ก่อน แล้วนำไปใช้ประโยชน์ในการเรียนรู้อะไรใหม่ที่โรงเรียน ความเชื่อดังกล่าว มีอิทธิพลต่อการศึกษาวิจัยการเรียนการสอน โดยเฉพาะ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2539 : 32) ซึ่งเป็นเครื่องชี้แนะและทำให้เกิดการเรียนรู้สิ่งใหม่อย่างมีความหมายได้ (Abimbola, 1988 : 176) ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของกลุ่มสร้างสรรค์ความรู้ ที่เชื่อว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยอาศัยความรู้เดิมที่มีอยู่ก่อนแล้วในการแปลความหมาย ข้อสนเทศใหม่จนกระทั่งเกิดสิ่งใหม่ที่มีความหมายต่อตนเอง แนวความคิดนี้อาจถูกหรือผิด เรียกแนวความคิดเลือก ถ้าเป็นแนวความคิดที่ผิดพลาดหรือความเข้าใจที่ผิดพลาดเมื่อเกิดขึ้นแล้วจะมีความคงทนยากที่จะเปลี่ยนแปลงแก้ไข (Clemen, 1993 : 1255 ; Griffiths et.al, 1988 : 729) และขัดขวางการเรียนรู้ที่ถูกต้องของผู้เรียนได้ (Brown. 1992 : 17) การเกิด แนวความคิดเลือกที่ผิดพลาดนี้จะเกิดขึ้นได้ทั้งก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน (Pines

and West, 1986 : 583) เกิดขึ้นได้จากการเรียนรู้แบบรับรู้หรือการเรียนรู้แบบค้นพบ (Wandersee, 1985 : 581-582) แนวความคิดเลือกที่ผิดพลาดเมื่อเกิดขึ้นแล้วยากต่อการแก้ไขด้วยวิธีการสอนปกติ และเกิดขึ้นได้ทุกระดับอายุ (Clough and Driver, 1986 : 473 -479) โดยเฉพาะสาขาวิชาชีววิทยาซึ่งในระดับประถมศึกษาให้นักเรียนมีแนวความคิดที่ผิดพลาดอย่างมากในเรื่อง การเจริญเติบโตของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง และความสัมพันธ์ระหว่างพืชกับมนุษย์และสัตว์ (นภาพรณ สมสะอาด, 2538 : 155-164) และ เรื่องพืชหรือสัตว์ การจำแนกพืชและการจัดจำแนกสัตว์ (สุภาวดี ศิริสุทธิ, 2544 : 97 - 103) ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น การย่อยอาหาร การหมุนเวียนของเลือดและก๊าซ และการกำจัดของเสีย (พิสสร บัดชาศรี, 2543 : 103-105) ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้แก่ การหายใจและการสังเคราะห์ด้วยแสง (สุธี ศรศักดิ์, 2541 : บทคัดย่อ) เซลล์และการเคลื่อนที่ของสารผ่านเซลล์และการแบ่งเซลล์ (ณัฐพงษ์ รักแจ้ง, 2542 : บทคัดย่อ) การสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้เป็นรูปแบบการสอนสืบเสาะที่เน้นให้นักเรียนใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นพบความรู้หรือ

ประสบการณ์ การเรียนรู้ อย่างมีความหมายด้วยตนเอง โดยมีพื้นฐานมาจากแนวทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ ต่อมาในปี ค.ศ. 2003 Eisenkraft (2003 : 57-59) ได้พัฒนารูปแบบการสอนแบบสืบเสาะขึ้นจากรูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้จาก 5 ขั้น เป็น 7 ขั้น โดยรูปแบบการสอนนี้ จะเน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้ การตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนซึ่งเป็นสิ่งที่ครูไม่ควรจะละเลย หรือละทิ้ง เนื่องจากการตรวจสอบพื้นความรู้เดิมของนักเรียนเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ครูได้ค้นพบว่า นักเรียน จะต้องเรียนรู้อะไรก่อนที่จะเรียนในเนื้อหาอื่นๆ นักเรียนจะสร้างความรู้จากพื้นความรู้เดิมที่นักเรียนมีทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และไม่เกิดแนวความคิดที่ผิดพลาด และเป็นการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

การรู้คิด เป็นการคิดในลักษณะที่บุคคลมีการตระหนักรู้ถึงกระบวนการคิดของตนเองสามารถวางแผนควบคุม ตรวจสอบ ประเมินความคิดของตนและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ (Blank, 2000 ; Hogan, 1999 อ้างอิงจาก Hennessy : ไม่มีเลขหน้า) เป็นการคิดขั้นสูงที่มนุษย์ใช้ทำกิจกรรมประจำวัน ไม่ใช่กระบวนการอัตโนมัติแต่เป็นผลมาจากการควบคุมอย่างสม่ำเสมอและอย่างจริงจังในกระบวนการคิดของตนเอง (Jacobson, 1995) ซึ่งนักจิตวิทยาการศึกษาโดย Flavell เป็นบุคคลแรกที่นำกรอบแนวความคิดนี้มาใช้การรู้คิด เป็น การมีความรู้ในสิ่งที่ตนรู้ การรู้คิดช่วยสร้างแนวทางการเรียนรู้ที่แข็งแกร่งในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้แก่ ประสบการณ์, แนวความคิด และการเข้าใจนอกเหนือ จากการเรียนรู้ในห้องเรียน (Blank, 2000 : 486-516) เทคนิคการรู้คิด ได้แก่ ความสามารถเข้าใจได้ ความเชื่อถือได้และการใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง (Beeth, 1998 : 49-61) เป็นเทคนิคที่สามารถช่วยให้นักเรียนใช้การรู้คิดได้อย่างเหมาะสม ซึ่งเป็นทักษะในการคิดเพื่อช่วยให้นักเรียนแสวงหาความรู้ ใช้ความรู้และควบคุมทั้งความรู้และทักษะการคิดอื่นๆ (Mittlefehldt and Grotzer, 2003 : Abstract) ทำให้นักเรียนได้ฝึก "การคิดเกี่ยวกับความคิดของตนเองหรือจากผู้อื่น" (Livingston, 1997 : 1) โดยอาศัยกระบวนการเรียนรู้ร่วมกับเพื่อน ซึ่งเป็น

กระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องได้ มีผลทำให้นักเรียนสร้างแนวความคิดที่ถูกต้องมากขึ้นและแนวคิดเหล่านี้มีความคงทน (Georghiades, 2000 : 119-139) และสามารถถ่ายโอนได้ (Mittlefehldt and Grotzer, 2003 : 23-26) พบว่านักเรียนโดยส่วนรวมมีความเข้าใจถูกต้องและมีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์เกี่ยวกับโมเมนต์ฟิสิกส์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (สุพจน์ วงศ์คำจันทร์, 2550 : บทคัดย่อ ; นันทิยาวรรณ นุปผาคร, 2550 : 108)

จากความสำคัญของวิธีการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ใช้เทคนิคการรู้คิด ทำการตรวจสอบ ความรู้เดิมของผู้เรียน แนวความคิดเดิมของนักเรียน เพื่อแก้ไขให้นักเรียนเกิดแนวความคิดเลือกที่ผิดพลาดน้อยลง และพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เพิ่มขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพและส่งผลให้นักเรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับโมเมนต์ชีววิทยา: การเจริญเติบโตของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสงและความสัมพันธ์ ระหว่างพืชกับมนุษย์และสัตว์หลังเรียนของนักเรียนโดยส่วนรวม นักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์สูง และ นักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำ ที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ใช้เทคนิคการรู้คิด
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนโดยส่วนรวม และจำแนกตามผลการเรียนวิทยาศาสตร์
3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นพื้นฐาน ของนักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันหลังการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ใช้เทคนิคการรู้คิด



วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีวิจัยและการวางแผนการทดลองมีดังนี้

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 360 คน จากทั้งหมด 9 ห้องเรียน ที่เรียนในโรงเรียนสุนทรวัฒนา อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 40 คน ที่ผ่านการเรียนมโนคติชีววิทยา มาแล้วตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 ในโรงเรียนสุนทรวัฒนา อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ ได้มาจากการการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยวิธีการจับฉลาก

3. แผนการทดลองในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ซึ่งใช้ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ใช้แบบแผนการวิจัยแบบ Pretest-posttest one group design สำหรับการวัดแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนคติชีววิทยา : การเจริญเติบโตของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง และความสัมพันธ์ระหว่างพืชกับมนุษย์และสัตว์ แบบที่ 2 ใช้การศึกษาแบบ 2 X 2 Factorial experiment ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design : CRD) ในรูปแบบอิทธิพลแบบกำหนด (Fixed effect model) มี 2 Factors คือ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และรูปแบบการเรียน

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ใช้เทคนิคการรู้คิด แบบทดสอบวัดแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนคติชีววิทยา และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) กับนักเรียนทั้งสองกลุ่ม โดยใช้แบบทดสอบวัดแนว ความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนคติชีววิทยา และแบบ ทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานแล้วนำมาตรวจให้คะแนน

2. ดำเนินการสอนตามแผนการสอน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ใช้เทคนิค การรู้คิด นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้

แบบทดสอบวัดแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนคติชีววิทยา : การเจริญเติบโตของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง และความสัมพันธ์ระหว่างพืชกับมนุษย์และสัตว์ และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน หลังจากนักเรียนเรียนเสร็จแล้วเป็นเวลา 1 สัปดาห์

3. ตรวจผลการทำแบบทดสอบแล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. นำกระดาษคำตอบที่ได้จากการสอบวัดแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนคติชีววิทยา: การเจริญเติบโตของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง และความสัมพันธ์ระหว่างพืชกับมนุษย์และสัตว์ หลังการสอน มาตรวจนับความถี่และคำนวณร้อยละในแต่ละมโนติย่อยแล้วนำเสนอในรูปตาราง

2. นำคะแนนที่ได้จากการสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานมาหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. นำคะแนนที่ได้จากการสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานมาทดสอบตามข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณทางเดียว ซึ่งพบว่าเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น

4. วิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (Pre-test) กับคะแนนหลังเรียน (Post-test) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานโดยใช้สถิติทดสอบ t-test (Dependent samples)

5. นำข้อมูลที่เป็นจำนวนความถี่ แต่ละข้อแต่ละมโนคติของนักเรียนโดยส่วนรวม และจำแนกตามผลการเรียนวิทยาศาสตร์ไปทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติทดสอบไคสแควร์ (Chi-square test for independence) เพื่อเปรียบเทียบ แนวความคิดเลือกมโนคติชีววิทยา : การเจริญเติบโตของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง และความสัมพันธ์ระหว่างพืชกับมนุษย์และสัตว์

6. นำคะแนน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยรวมและเป็นรายด้าน มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน ซึ่งสถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน

มาตรฐาน F-test (One-way ANCOVA และ One-way MANCOVA)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัยมีดังนี้

1. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยส่วนรวม และจำแนกตามผลการเรียนวิทยาศาสตร์ หลังจากเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ใช้เทคนิคการรู้คิด มีการเปลี่ยนแปลงแนวความคิดไปสู่ความเข้าใจอย่างสมบูรณ์เพิ่มขึ้น และไม่มีแนวความคิดที่ผิดพลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาเพื่อการเปลี่ยนแปลงแนวความคิดที่ผิดพลาดเกี่ยวกับมโนคติชีววิทยา โดยใช้เทคนิคการสอนของ Hesse ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (ถนอมสิน วันสุตล. 2547 : 90-91) เนื่องจากการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ใช้เทคนิคการรู้คิด ซึ่งเน้นการตรวจสอบความรู้เดิม ในขั้นที่ 1 เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนนำกรอบความคิดเดิมออกมา (Eisenkraft, 2003 : 57-59) ทำให้ค้นพบว่านักเรียนรู้อะไรก่อนที่จะเรียนในเนื้อหาอื่นๆ ซึ่งนักเรียนจะสร้างความรู้จากพื้นความรู้เดิมที่นักเรียนมี ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย เกิดกรอบความรู้ใหม่ที่ถูกต้องมากขึ้น (Bransford, Brown and Cocking. 2000 : 131-154) และในขั้นที่ 7 คือ ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Eisenkraft, 2003 : 57-59) นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติในการถ่ายโอนความรู้ (Thorndike, 1923 : 165-167) สามารถนำความรู้ไปใช้ในบริบทใหม่ได้ และทำให้นักเรียนมีแนวความคิดที่ถูกต้อง ซึ่งเทคนิคการรู้คิด เป็นทักษะในการคิดเพื่อช่วยให้นักเรียนแสวงหาความรู้ ใช้ความรู้และควบคุมทั้งความรู้และทักษะการคิดอื่นๆ (Nickerson and et. al. 1985 : 1) เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึก “การคิดเกี่ยวกับความคิดของตนเองหรือจากผู้อื่น” (Livingston, 1997 : 1) โดยอาศัยกระบวนการเรียนรู้ร่วมกับเพื่อนๆ ทำให้นักเรียนได้มีโอกาสดูแย้งและวิจารณ์แนวความคิดของเพื่อนๆ จนกระทั่งได้แนวคิดที่ถูกต้องและมีความหมาย (Hogan, 1999 : 1085-1109)

2. นักเรียนโดยส่วนรวม นักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์สูง และนักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำ ที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ใช้เทคนิคการรู้คิด มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานทั้งโดยรวมและเป็นรายด้านทุกด้าน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้เทคนิคการรู้คิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยส่วนรวมซึ่งพบว่ามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานทั้งโดยรวมและเป็นรายด้านทั้ง 8 ด้าน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (เนาวรัตน์ อกศรี. 2550 : บทคัดย่อ) ทั้งนี้เพราะการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นที่ใช้เทคนิคการรู้คิด เป็นรูปแบบสอนแบบสืบเสาะซึ่งเป็นกระบวนการทางสติปัญญา และการรู้คิดก็เป็นกระบวนการคิดที่เชื่อมโยง กับสติปัญญา จึงมีส่วนช่วยให้นักเรียนมีการเชื่อมโยงความรู้เดิมเพื่อสร้างสรรค์ ความรู้ใหม่ด้วยตนเองตามแนวทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ ได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งนักเรียนได้ฝึกทักษะการรู้คิดโดยใช้เทคนิคการรู้คิด 3 ประเภทคือ ความสามารถเข้าใจได้ ความเชื่อถือได้ และการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ทำให้นักเรียนได้ฝึก การคิดเกี่ยวกับความคิดของตนเองและของผู้อื่น ร่วมกับเพื่อนๆ ในกลุ่มทำงาน จากการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Scanlon, 2000 : 463-481) ในขณะที่ยังเรียนแต่ละขั้นของ วัฏจักรการเรียนรู้อยู่ตลอด จึงมีผลทำให้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้อย่างเหมาะสม และสามารถโอน ไปสู่หน่วยการเรียนรู้อื่นได้ (Mittlefehltd and Grotzer, 2003 : 23-26) และสามารถถนงได้นาน (Georghiades, 2000 : 119-139)



ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับโมเดลชีววิทยา : การเจริญเติบโตของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง ความสัมพันธ์ระหว่างพืช กับมนุษย์และสัตว์ก่อนเรียนและหลังเรียน ของโดยส่วนรวม และจำแนกตามผลการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ใช้เทคนิคการรู้คิด

มโนคติ	นักเรียนโดยรวม (40 คน)	แนวความคิดเลือก				χ^2	p
		SU	PU	PU/SM	SM		
การเจริญเติบโตของพืช	ก่อนเรียน	2* (5.0)	9 (22.5)	13 (32.5)	16* (40.0)	37.62	0.000*
	หลังเรียน	23 (62.5)	12 (30.0)	5 (12.5)	0 (0.00)		
การสังเคราะห์ด้วยแสง	ก่อนเรียน	1* (2.5)	7 (17.5)	17* (42.5)	15* (37.5)	51.00	0.000*
	หลังเรียน	29 (72.5)	8 (20.0)	3 (7.5)	0 (0.00)		
ความสัมพันธ์ระหว่าง พืชกับมนุษย์และสัตว์	ก่อนเรียน	0* (0.00)	12 (30.0)	17* (42.5)	11* (27.5)	65.88	0.000*
	หลังเรียน	35 (87.5)	5 (12.5)	0 (0.00)	0 (0.00)		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานหลังเรียน โดยรวมและเป็นรายด้านของ นักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันที่เรียน

Source	SS	df	MS	F	p
ก่อนเรียน	1.11	1	1.11	0.12	0.72
ผลการเรียนวิทยาศาสตร์ต่างกัน	23.29	1	23.29	2.60	0.11
ความคลาดเคลื่อน	321.81	36	8.93		

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน หลังเรียนเป็นรายด้านของนักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์สูงและต่ำ

Multivariate Tests						
สถิติทดสอบ	จำนวนด้าน	Value	Hypothesis df	Error df	F	p
Pillai's Trace	8	0.621	8.000	23.000	4.707	0.002*
Wilks' Lambda	8	0.379	8.000	23.000	4.707	0.002*
Hotelling's Trace	8	1.637	8.000	23.000	4.707	0.002*
Roy's Largest Root	8	1.637	8.000	23.000	4.707	0.002*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานหลังเรียนเป็นรายด้านของนักเรียนที่มี ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แตกต่างกัน

		Univariate Test				
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน		SS	df	MS	F	p
1. ทักษะการสังเกต	Contrast	7.200	1	7.200	9.316	0.005*
	Error	23.184	30	.773		
2. ทักษะการวัด	Contrast	14.860	1	14.860	13.625	0.001*
	Error	32.720	30	1.091		
3. ทักษะการจำแนกประเภทสิ่งของ	Contrast	1.994	1	1.994	2.257	0.143
	Error	26.498	30	.883		
4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ ระหว่างมิติกับมิติ และมิติกับเวลา	Contrast	1.563	1	1.563	1.657	0.208
	Error	28.297	30	.943		
5. ทักษะการใช้ตัวเลขและการคำนวณ	Contrast	.936	1	.936	1.246	0.273
	Error	22.538	30	.751		
6. ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล	Contrast	6.839	1	6.839	8.105	0.007*
	Error	25.313	30	.844		
7. ทักษะการลงข้อวินิจฉัย	Contrast	1.721	1	1.721	2.307	0.139
	Error	22.380	30	.746		
8. ทักษะการพยากรณ์	Contrast	8.460	1	8.460	14.238	0.001*
	Error	17.825	30	.594		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.007

3. นักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์ต่างกัน ที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ใช้เทคนิคการรู้คิด มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน โดยรวมไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2) แต่นักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์สูง ที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ใช้เทคนิคการรู้คิดมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน หลังเรียน เป็นรายด้านจำนวน 4 ด้าน คือ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจัดกระทำ และการสื่อความหมายข้อมูล และทักษะการพยากรณ์มากกว่า นักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 3-4) ซึ่งมีบางส่วน สอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้การรู้คิด ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ ต่างกัน พบว่ามีทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ขั้น

บูรณาการ โดยรวมไม่แตกต่างกัน (นันทิยาวรรณ บุปผาคร, 2550 : บทคัดย่อ) และมีบางส่วนสอดคล้องกับผลการเรียน แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้การรู้คิด ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนที่เรียนเก่งมีการคิดเชิง วิพากษ์วิจารณ์ หลังเรียนโดยรวม และเป็นรายด้านมากกว่า นักเรียนที่เรียนอ่อน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (สุพจน์ วงศ์คำจันทร์, 2550 : บทคัดย่อ) แต่ไม่สอดคล้องกับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์ ต่างกัน พบว่า มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์เป็นรายด้านไม่ แตกต่างกัน (ศิริกัญญา ดรครชุม, 2550 : บทคัดย่อ) ทั้งนี้ อาจ เนื่องจาก การเรียนแบบสืบเสาะเน้นให้นักเรียนทำกิจกรรม เป็น กลุ่มเล็ก มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการเรียนรู้ และ เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้-ความเข้าใจตลอดจนการพัฒนา สติปัญญาตามทฤษฎีสร้างสรรคินิยมแบบกลุ่ม จึงมีผลทำให้



ทั้ง 2 กลุ่มพัฒนาความสามารถทักษะทางสติปัญญาดังกล่าวโดยรวมได้เหมือนกัน แต่นักเรียนที่มีความสามารถต่ำกว่า อาจเกิดความคับข้องใจหรือวิตกกังวลที่ไม่สามารถตามเพื่อนที่เก่งกว่าทัน (Evans. 1996) จึงทำให้มีการพัฒนาความสามารถในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าว น้อยกว่า

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนโดยส่วนรวม นักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์สูง นักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำ หลังเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ใช้เทคนิคการรู้คิด มีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์เพิ่มขึ้น แต่มีความเข้าใจเพียงบางส่วนและแนวความคิดที่ผิดพลาดลดลงจากก่อนเรียน และไม่มีแนวความคิดที่ผิดพลาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05
2. นักเรียนโดยส่วนรวม นักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์สูง และนักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำ ที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ใช้เทคนิคการรู้คิด มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ทั้งโดยรวมและเป็นรายด้านทุกด้าน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
3. นักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์สูง ที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่ใช้เทคนิคการรู้คิด มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน หลังเรียน เฉพาะรายด้าน 4 ด้าน คือ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล และทักษะการพยากรณ์ มากกว่านักเรียนที่มีผลการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สุขศรีงาม รองศาสตราจารย์จิระพรพรรณ สุขศรีงาม รองศาสตราจารย์มยุรี ภารการ และ อาจารย์ ดร.เนตรชนก จันทรวงศ์ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจสอบงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐพงษ์ รักแจ้ง. (2542). การศึกษาแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับโมเมนต์ชีววิทยา : เซลล์และการเคลื่อนที่ของสารผ่านเซลล์ และการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนแก่นชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเขตการศึกษา 9. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ถนอมสิน วันสุตล. (2547). การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงแนวความคิดที่ผิดพลาดเกี่ยวกับ โมเมนต์ชีววิทยา : พืชหรือสัตว์ การจำแนกพืชและการจำแนกสัตว์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้เทคนิคการสอนของ Hesse. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- นภาพรณ สมสะอาด. (2538). การศึกษาแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับโมเมนต์ชีววิทยา : การเจริญเติบโตของพืช การสังเคราะห์แสง และความสัมพันธ์ระหว่างพืชกับมนุษย์และสัตว์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- นันทิยาวรรณ บุปผาคร. (2550). การเปรียบเทียบผลการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นโดยใช้เทคนิคการรู้คิดและแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ที่มีต่อแนวคิดเลือกเกี่ยวกับโมเมนต์ฟิสิกส์ : งาน พลังงานและโมเมนตัมและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ต่างกัน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- เนาวรัตน์ ออศรี. (2551). การเปรียบเทียบผลการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นโดยใช้เทคนิคการรู้คิด และแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ที่มีต่อแนวคิดเลือกเกี่ยวกับโมเมนต์ชีววิทยา: พืชหรือสัตว์ การจำแนกพืชและการจำแนกสัตว์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ของของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีเพศต่างกัน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- พิสสร บัดชาศรี. (2543). แนวความคิดเลือกเกี่ยวกับโมเมนต์ชีววิทยา : การย่อยอาหาร การหมุนเวียนเลือดและก๊าซ

- และการกำจัดของเสีย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 2 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการ
ประถมศึกษาแห่งชาติ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.
มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2537). "การเรียนรู้ตามทัศนะกลุ่ม
สร้างสรรค์ความรู้ (Constructivism) กับการสอน
วิทยาศาสตร์," วารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 12(2)
: 111 - 118 ; กรกฎาคม - ธันวาคม.
- _____. (2539). "การเรียนรู้ตามทัศนะกลุ่มสร้างสรรค์ความรู้
(Constructivist) กับการสอนวิทยาศาสตร์," วารสาร
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒมหาสารคาม. 39(1) :
40 ; มกราคม.
- ศิริกัญญา ดรรชนี. (2550). การเปรียบเทียบผลการเรียน
แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้เทคนิคการรู้คิด
และการเรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ที่มีต่อแนว
ความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนคติฟิสิกส์ : งาน พลังงาน
และโมเมนตัม และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีผลการเรียนต่างกัน.
วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัย
มหาสารคาม.
- สุธี ศรศักดิ์. (2541). การศึกษาแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับ
มโนคติชีววิทยา : การหายใจ การหายใจ และการ
สังเคราะห์แสง และการสังเคราะห์แสง ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 ในเขตการศึกษา 1. วิทยานิพนธ์
กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สุพจน์ วงศ์คำจันทร์. (2550). การเปรียบเทียบผลการเรียน
แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นโดยใช้การรู้คิดและแบบ
วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ที่มีต่อแนวความคิดเลือก
เกี่ยวกับมโนคติฟิสิกส์ : งาน พลังงาน และโมเมนตัม
และการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ต่างกัน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม :
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สุภาวดี ศิริสุทธิ. (2544). แนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนคติ
ชีววิทยา : พืชหรือสัตว์ การจำแนกพืช และการ
จำแนกสัตว์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ใน
โรงเรียนสังกัดเทศบาลเขตการศึกษา 10. วิทยานิพนธ์
กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- Abimbola, I.O. (1988). "The Problem of Terminology
in the Study of Student Conceptions," **Science
Education**. 72(2) : 175-184.
- Beeth, M.E. (1998). Teaching for Conceptual Change
: Using Status as a Metacognitive Tool. **Science
Education**, 82(3) : 343-356.
- Blank, M. Lisa. (2000). A Metacognitive Learning
Cycle : A Better Warranty for Student
Understanding? **Science Education**. 84(4),
486-516.
- Bransford, J.D., A.L. Brown, and R.R. Cocking,
(2000). **How People Learn : Brain, Mind,
Experience, and School**. Washington, D.C. :
National Academy Press. 131 - 154.
- Brown, D.E. (1992). "Using Example and Analogies
to Remediate Misconception in Physics :
Factors Influencing Conceptual Change,"
Journal of Research in Science Teaching. 29(1)
: 17-34.
- Clement, J. 1993. "Using Briding Analogies and
Anchoring Intuitions to deal with Student
Preconceptions in Physics," **Journal of Research
in Science Teaching**. 30(10).
- Clough, E.E. and R. Diver. (1986). "A Study of
Consistency in the Use of Student, Conceptual
Frameworks Across Different Task Contexts,"
Science Education. 70(4).
- Eisenkraft, Arthur. (2003). "Expanding the 5E
Model," **The Science Teacher**. 56-59 ;
September.
- Evans, S. (1996). Heterogeneous Grouping Is It an
Effective Instructional Arrangement for All
Students? **Southern Social Studies Journal**. 22
: (1) ; 3 - 16.



- Flavell, J.H. (1979). "Metacognition and Cognitive Monitoring : A New Area of Cognitive Developmental Inquiry" *American Psychologist*. 34 : 906-91.
- Georghiades, P. (2000). "Beyond Conceptual Change Learning in Science Education : Focusing on Transfer, Durability and Metacognition," **Educational Research**, 42(2), 119-139.
- Hogan, K. (1999). "Thinking Aloud Together : A Test of an Intervention to Foster Students' Collaborative Scientific Reasoning," **Journal of Research in Science Teaching**, 36(10), 1085-1109.
- Jacobson, R. (1998). "Teachers Improving Learning Using Metacognition with Self-monitoring Learning," **Education**. 118(4) : 579.
- Livingston, J. A. (1997). **Metacognition : An Overview**. (Online). Available : <http://www.gse.buffalo.Edu/fas/shuell/cep564/Metacog.htm>,
- Mittlefehldt and Grotzer. (2003). "Using Metacognition to Facilitate the Transfer of Causal Models in Learning Density and Pressure." **Presented at the National Association of Research In Science Teaching (NARST)**. Conference Philadelphia, PA, March, 23-26.
- Nickerson, R.S., D. N. Perkin, and E.E. Smith. (1985). **The Teaching of Thinking**. Hillsdale, New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates.
- Pines, A. L. and L.H.T. West. (1986). "Conceptual Understanding and Science Learning : An Interpretation of Research with in a Source of Knowledge Framework," **Science Education**. 70(5) : 583 - 640.
- Scanlon, E. (2000). "How Gender Influences Learners Working Collaboratively with Science Simulations". **Learning and Instruction**. 10 : 463 - 481.
- Thorndike, E.L. (1923). *Educational Psychology*, Vol. II : **The Psychology of Learning**. New York : Teachers College, Columbia University.
- Wandersee, J. H. (1985). "Can the History of Science Help Science Educators Anticipate Student's Misconceptions," **Journal of Research in Science Teaching**. 23(7) : 581-597.
- Welch, W.W. (1981). "Inquiry in School Science," in **What Research Says to the Science Teacher** Volume 3. edited by Norris C. Harms and Robert. Yager. p. 53-64. Washington, D.C. National Science Teachers Association.