

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้โปรแกรม Geometer's Sketchpad เรื่องพาราโบลาและวงรี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนศรีประจันต์ “เมธีประมุข” จังหวัดสุพรรณบุรี ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และนำมาเรียบเรียงตามหัวข้อต่อไปนี้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
2. โปรแกรม The Geometer's Sketchpad
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
4. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ มีชื่อเรียกแตกต่างกันหลายชื่อ เช่น การสอนแบบสืบสวน การสอนแบบสอบสวน การสอนแบบสืบสอบ การสอนแบบสืบเสาะ การสอนแบบสืบค้น ซึ่งมีความหมายเดียวกัน สำหรับการวิจัยนี้ ใช้คำว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วย เอกสารและวรรณกรรม ดังนี้

1.1 ความหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของคำว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้ในเชิงที่สอดคล้องกัน (ยุพิน พิพิธกุล และ ปรีชา เนาว่าเย็นผล 2554 : 7-15 ; วิรุทธ วิเชียร โชติ 2548 : 73 ; สันติ อิทธิพลนาวกุล 2550 : 27 วันทนีย์ เอิร์กษโอบาร 2553 : 46) ผู้วิจัยสังเคราะห์และสรุปได้ดังนี้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการคิด การแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ผู้สอนจะจัดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย ผู้เรียนพยายามที่จะค้นหาสาเหตุด้วยการตั้งคำถาม และ

รวบรวมข้อมูลมาอธิบาย เป็นการวิเคราะห์จากปัญหาภาษาเหตุ หาข้อสรุปโดยให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ครูมีหน้าที่ส่งเสริมดูแลช่วยเหลือ ใช้คำถาม กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด ค้นหาความรู้ หรือหาแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ค้นพบความคิดรวบยอด และหลักการที่ถูกต้อง

จากคำกล่าวของนักการศึกษาหลายท่านข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ คือการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนเน้นการพัฒนาความสามารถในการคิด การแก้ปัญหา หรือการแสวงหาความรู้ ใช้คำถาม หรือจัดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย ค้นหาสาเหตุ รวบรวมข้อมูลมาอธิบาย และหาแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเองจนได้คำตอบอย่างเป็นระบบ

1.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การสืบเสาะหาความรู้เป็นรูปแบบการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) นักการศึกษาหลายท่าน ได้บัญญัติคำที่มีความหมายเดียวกันกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ไว้หลายคำ เช่น นิรมิตนิยม ทฤษฎีการสร้างความรู้ การสร้างองค์ความรู้ การสร้างสรรค์ ทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ ทฤษฎีสรรคนิยม ซึ่งในงานวิจัยบางเล่มจะใช้คำทับศัพท์ว่า คอนสตรัคติวิซึ่มหรือคอนสตรัคติวิสต์ แต่สำหรับในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะใช้คำว่า ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ซึ่งมีผู้ให้ความหมายของทฤษฎีไว้ดังนี้ (อัมพร ม้าคะนอง 2554 : 11; อารีย์ ปานถม 2550 : 23 ; ธนปัดย์ ปัทมโกมล 2554 : 13)

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ หมายถึง การเรียนรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นจากประสบการณ์ โดยผู้เรียนต้องค้นหาความรู้ให้ตนเองจากการสำรวจ ตรวจสอบ ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดกระทำกับสื่อรูปธรรม อธิบายความคิดรวบยอดด้วยตนเอง และอาศัยความรู้พื้นฐานที่มีอยู่เดิม การปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม เช่น เพื่อนร่วมชั้น และครู ผู้สอนมีบทบาทให้คำแนะนำช่วยเหลือ กระตุ้นและส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างความรู้อย่างกระตือรือร้น มีการเชื่อมโยงความรู้เพื่อเป็นพื้นฐานให้เกิดความรู้ใหม่

แนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์มีความเชื่อว่า “ความรู้” เป็นสิ่งที่ผู้เรียนแต่ละคนต้องสร้างขึ้นเพื่อตนเองและโดยตนเอง ผู้เรียนใช้ความรู้ และประสบการณ์ที่มีอยู่เป็นพื้นฐานในการสร้างความรู้ใหม่ ผู้เรียนแต่ละคนจะสร้างความรู้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน ผู้สอนควรจัดกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ที่มีจุดมุ่งหมายชัดเจน จัดบริบทการเรียนรู้ที่เหมาะสม ส่งเสริมการไตร่ตรองและการได้มาซึ่งความรู้ รวบรวมสิ่งที่ผู้เรียนสร้างขึ้นให้เป็นไปในแนวทางที่เหมาะสม กระตุ้นให้ผู้เรียนสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ สร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนเกิดความพยายามที่จะสร้างความรู้ วิเคราะห์ความคิดของผู้เรียนในกระบวนการเรียนการสอน บทบาทของผู้เรียนจึงต้องเป็นฝ่ายกระทำ เป็นฝ่ายคิด การเรียนรู้จึงเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน การสร้างความรู้เกิดตาม

กระบวนการ คือ มีความอยากรู้อยากเห็น (curiosity) การมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน (peer interaction) เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดความขัดแย้ง (conflict) ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนคิดไตร่ตรอง ทำให้ผู้เรียนปรับโครงสร้างทางปัญญา เพื่อให้เกิดความรู้ใหม่ที่ขัดแย้งกับโครงสร้างความรู้เดิม

กรอบแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ทฤษฎีนี้มีกรอบแนวคิดที่สำคัญดังนี้ (คันสนีย์ อินทรบริสุทธิ์ 2554 : 25)

- 1) ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง
- 2) ความรู้และประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐานของการสร้างความรู้ใหม่
- 3) ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม เช่น ครูและเพื่อน มีส่วนช่วยในการสร้างความรู้
- 4) ครูมีบทบาทในการจัดบริบทการเรียนรู้ ตั้งคำถามท้าทายความสามารถ กระตุ้นสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือการสร้างความรู้

ทฤษฎีนี้มีสมมติฐานเกี่ยวกับการสร้างความรู้ของผู้เรียน ดังนี้

- 1) มนุษย์สร้างความรู้ผ่านกิจกรรมการไตร่ตรอง การสื่อสาร และการอภิปราย ซึ่งทำให้พวกเขาสร้างประสบการณ์ในการแก้ปัญหา

- 2) การสร้างความรู้ของผู้เรียนแต่ละคนต่างกัน และต่างจากที่ผู้สอนคาดหวัง ผู้สอนต้องยอมรับ และจัดการที่จะสนับสนุนสิ่งที่ผู้เรียนคิด

องค์ประกอบสำคัญในการสอน มีดังนี้

- 1) การรวบรวมสิ่งที่ผู้เรียนสร้างขึ้นให้เป็นไปในแนวทางที่ถูกต้อง
- 2) การสร้างแรงจูงใจภายในซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างความรู้
- 3) การวิเคราะห์ความคิดผู้เรียนในกระบวนการเรียนการสอน

จากการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่กล่าวถึง ผู้วิจัยนำความรู้ที่ได้มาเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องพาราโบลาและวงรี โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง และเรียนรู้อย่างมีความหมาย

1.3 วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

นักการศึกษาหลายท่าน ได้ให้วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ในเชิงที่สอดคล้องกัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2546 : 4 – 7 ; สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ 2545 : 38) ผู้วิจัยตั้งแคะระห์และสรุปได้ดังนี้

1. ครูวางแผนเตรียมการล่วงหน้าเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจ กระตุ้นให้ผู้เรียนคิด โดยสร้างสถานการณ์ชักชวนให้ผู้เรียนตั้งคำถามสืบเสาะหาความรู้ ตามลำดับขั้น คำถามแบบสืบเสาะหาความรู้ควรเลือกใช้คำถามที่มีความยากง่ายให้เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน

ไม่ควรบอกคำตอบในทันที แต่ควรแนะนำให้ผู้เรียนหาคำตอบได้เอง

2. ครูเป็นผู้เสริมแรง เมื่อผู้เรียนถามก็ให้แรงหนุนยอมรับในคำถามนั้น ๆ กล่าวชม และช่วยปรับปรุงภาษาในคำถาม เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจคำถามให้กระจ่างดียิ่งขึ้น
3. ครูเป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับ ผู้สอนจะเป็นผู้ทบทวนคำถาม เมื่อพิจารณาว่าผู้เรียนมีความเข้าใจอย่างไรบ้าง
4. ครูเป็นผู้จัดแนะแนวและเป็นผู้แนะแนวทาง เพื่อให้เกิดความคิดตามแนวทางที่ถูกต้อง เป็นผู้กำกับควบคุมผู้เรียนเมื่อออกนอกแนวทาง
5. ครูเป็นผู้จัดระเบียบ ผู้สอนดำเนินการจัดชั้นเรียนให้เหมาะสมกับวิธีการเรียนจัดบรรยากาศให้เหมาะสม โดยจัดกลุ่มหรือชั้น เพื่อให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ
6. ครูเป็นผู้สร้างแรงจูงใจ ผู้สอนช่วยสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนมีกำลังใจในการเรียน

ยุพิน พิพิธกุล และ ปรีชา เนาว์เย็นผล (2554 : 16-18) ได้กล่าวถึงวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สรุปได้ว่า

ขั้นที่ 1 ขั้นสังเกต ในการสอนผู้เรียนว่าจะใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะอย่างไร และจะเรียนคณิตศาสตร์โดยผ่านการสืบเสาะหาความรู้ คือ การอธิบาย และอภิปราย 4 ขั้นของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ผู้เรียนควรอภิปรายเกี่ยวกับการตั้งคำถามและกิจกรรมซึ่งกำหนดให้ภายใต้ขั้นตอนของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ผู้เรียนควรจะรวบรวมคำถามและกิจกรรมซึ่งกำหนดให้ภายใต้ขั้นตอนของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ผู้เรียนควรจะรวบรวมคำถามและกิจกรรมเพิ่มขึ้นเพื่อใช้ในแต่ละขั้นของการสืบเสาะหาความรู้ให้ประสบผลสำเร็จ

ในขั้นนี้ผู้เรียนควรจะได้รับกระตุ้นให้ค้นหารูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิธีดำเนินการและการสรุปนัยทั่วไป ความกระตือรือร้นเป็นลักษณะที่ดีในการเรียนคณิตศาสตร์ ครูควรใช้คำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนตอบเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหา และหลักการทางคณิตศาสตร์ การให้การบ้านก็ควรจะให้รู้จักวิเคราะห์วิธีการ ผู้สอนควรจะถามให้ผู้เรียนเปรียบเทียบวิธีต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหา การถามตอบควรเป็นส่วนหนึ่งของบทเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ และคำถามของผู้เรียนควรจะได้รับอภิปราย ผู้สอนควรจะยกตัวอย่างให้ผู้เรียนยอมรับและชื่นชม เพื่อจะได้ตั้งคำถามต่อไป

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบาย ในขั้นนี้ผู้สอนควรจะให้ผู้เรียนรู้จักแหล่งความรู้และวิธีรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ผู้เรียนมักจะยึดหนังสือเรียน และผู้สอนเป็นประการแรก การอ่านหนังสือห้องสมุดก็มักจะไม่ค่อยทำ จึงไม่มีประสบการณ์ในการที่แยกแยะ รวบรวม

และจัดข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่ ผู้สอนควรจะฝึกผู้เรียนให้รู้จักวิเคราะห์ สังเคราะห์ ด้วยการฝึกคำถาม เพื่อให้มองเห็นแนวทางว่าจะรวบรวมข้อมูลอย่างไร

ขั้นที่ 3 ขั้นพยากรณ์ และทดลอง เป็นขั้นที่จัดรวบรวมข้อมูลเพื่อหาแนวทางสรุปปัญหา ในขั้นนี้ผู้เรียนควรทำงานตามลำพังหรือเป็นกลุ่มย่อย ผู้สอนช่วยเหลือเพียงเล็กน้อย ผู้เรียนจะใช้คำถามเพื่อไปสู่การแก้ปัญหากระบวนการสืบเสาะหาความรู้จึงเป็นไปอย่างช้า ๆ ข้อสำคัญที่สุด คือ ผู้สอนต้องหลีกเลี่ยงการแทรกแซง และบอกผู้เรียนว่าให้ทำอะไร

ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์และการประเมิน วิธีการสืบเสาะหาความรู้เป็นเรื่องที่สำคัญที่สุดของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ในขั้นนี้ผู้ค้นคว้าหรือผู้เรียนควรตั้งคำถามว่าฉันได้เรียนรู้เกี่ยวกับอะไรบ้าง ผู้เรียนจะเข้าใจดียิ่งขึ้นโดยการประเมินด้วยตนเอง ผู้เรียนควรตอบทุกคำถาม ผู้สอนอาจจะมึบเทาเทามากขึ้นในการถามนำเพื่อช่วยผู้เรียนในการวิเคราะห์และประเมินเมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้ ผู้เรียนควรจะถามตนเองว่า “ฉันได้เรียนอะไรเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ และฉันเรียนรู้เกี่ยวกับการเรียนคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีสืบเสาะหาความรู้อย่างไรบ้าง”

คาริน และซัน (Carin and Sund 1970 อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์ 2545 : 58 – 59) ได้แบ่งวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 3 ประเภท โดยใช้บทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ดังนี้คือ

1. วิธีให้นักเรียนทำงานหรือปฏิบัติการทดลอง/ปฏิบัติกิจกรรม (Student exercise) หรือ (Guided discovery) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา วางแผนการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล เตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือไว้เรียบร้อย นักเรียนมีหน้าที่ปฏิบัติการทดลองทำกิจกรรมตามแนวทางที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นวิธีสืบเสาะที่มีคำแนะนำปฏิบัติการหรือกิจกรรมสำเร็จรูป (Structured laboratory) ลำดับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของวิธีนี้ คือ

1.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ครูเป็นผู้อภิปรายโดยตั้งปัญหาเป็นอันดับแรก
1.2 ขั้นอภิปรายก่อนทำกิจกรรมการทดลอง อาจจะเป็นการตั้งสมมติฐาน ครูอธิบายหรือให้คำแนะนำเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองว่ามีวิธีการอย่างไร จึงจะไม่เกิดอันตรายและมีข้อควรระวังในการทดลองแต่ละครั้งอย่างไรบ้าง

1.3 ขั้นทำการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูล นักเรียนเป็นผู้ลงมือกระทำการทดลองเอง ทำกิจกรรมพร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง

1.4 ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง เป็นขั้นของการนำเสนอข้อมูลและสรุปผลการทดลอง ในตอนนี้ครูต้องนำการอภิปรายโดยใช้คำถามเพื่อนำนักเรียนไปสู่ข้อสรุป เพื่อให้ได้แนวคิดหรือหลักเกณฑ์ที่สำคัญของบทเรียน

2. วิธีการสืบเสาะหาความรู้ที่ครูเป็นผู้วางแผน (Teacher planned investigation) หรือ

(Free discovery) เป็นวิธีสืบสอบที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหาแต่ให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยเริ่มตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง ทำการทดลองจนถึงสรุปผลการทดลอง โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก ซึ่งอาจเรียกวิธีนี้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured laboratory) ลำดับขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้วิธีนี้ คือ

- 2.1 สร้างสถานการณ์หรือปัญหา ซึ่งอาจทำโดยการใช้คำถาม ใช้สถานการณ์จริง โดยการสาธิตเพื่อเสนอปัญหา ใช้ภาพปริศนา หรือภาพยนตร์เพื่อเสนอปัญหา
- 2.2 นักเรียนวางแผนแก้ปัญหา โดยครูเป็นผู้แนะแนวทาง ระบุแหล่งความรู้
- 2.3 นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหตามแผนที่วางไว้
- 2.4 รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ดูแลร่วมการอภิปรายเพื่อให้ได้ความรู้ที่ถูกต้องสมบูรณ์

3. วิธีสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนเป็นผู้วางแผนเอง (Student planned investigation) หรือ (Free discovery) เป็นวิธีการที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาเอง วางแผนการทดลองเอง เก็บข้อมูลดำเนินการทดลอง เก็บข้อมูล ตลอดจนสรุปผลด้วยตัวนักเรียนเอง วิธีนี้นักเรียนมีอิสระเต็มที่ในการศึกษาความสนใจ ครูเป็นเพียงผู้กระตุ้นเท่านั้น ซึ่งอาจเรียกว่า วิธีสืบสอบแบบอิสระหรือ (Free discovery) วิธีนี้ครูอาจใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดปัญหาด้วยตนเอง ดังที่ คารินและซัน (Carin and Sund 1975) ได้ยกตัวอย่างปัญหาที่ครูถามนักเรียน เช่น

- 3.1 ถ้านักเรียนเป็นครูและกำลังสนใจเลือกหาข้อที่จะศึกษาในภาคเรียนนี้ นักเรียนคิดว่าจะศึกษาเรื่องอะไร
- 3.2 ปัญหาสำคัญของชุมชนเราที่นักเรียนสนใจศึกษามีอะไรบ้าง
- 3.3 เมื่อนักเรียนประสบปัญหาในชุมชนของเรา เช่น ปัญหามลพิษ นักเรียนต้องการอภิปรายเกี่ยวกับอะไร ลองเล่าสู่ให้เพื่อนฟังบ้าง

สรุปได้ว่า วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นรูปแบบการจัดกิจกรรมที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ผู้เรียนวางแผนแก้ปัญหา ค้นคว้าและสรุปผลการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้แนะแนวทาง ระบุแหล่งความรู้ สร้างสถานการณ์หรือปัญหา โดยการ ใช้คำถาม ใช้สถานการณ์จริง

1.4 กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

นักการศึกษาหลายท่านรวมทั้งสถาบันการศึกษาหลายแห่งได้เสนอกระบวนการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ในเชิงที่สอดคล้องกัน (กรมวิชาการ 2546 : 219 ; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2546 : 219 -220 ; สโรช โสภีร์รักษ์

2546 : 33 ; มาลัย พิมพาเลีย 2553 : 42 ; ธนปต์ย์ ปัทมโกมล 2554 : 5) ผู้วิจัยสังเคราะห์และสรุปได้ 5 ชั้น ดังนี้

1) ชั้นสร้างความสนใจ (engagement) เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ อยากรู้ มองเห็นปัญหา ผู้สอนพูดคุยกับผู้เรียนกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา และเปิดโอกาสให้ศึกษาโดยอาจจะสร้างสถานการณ์ เช่น การทดลอง เรื่องใดเรื่องหนึ่งให้ดู ให้ผู้เรียนคู่มืออย่างหนึ่งอย่างใด เช่น สไลด์ประกอบคำบรรยาย วีดิทัศน์ ภาพยนตร์ ของจริง รูปภาพ หรือเล่าเรื่องใดเรื่องหนึ่งให้ฟัง จากนั้นผู้เรียนช่วยกันตั้งสมมติฐานในสาเหตุของปัญหาเหล่านั้น

2) ชั้นสำรวจและค้นหา (exploration) เป็นขั้นที่ผู้เรียนทดลองโดยใช้เหตุการณ์ หรือสื่อการสอนหรือประเด็นปัญหาที่ผู้เรียนเกิดความสงสัย รวบรวมข้อมูล การวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น การสำรวจ ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง การศึกษานอกสถานที่ การสัมภาษณ์ การปฏิบัติภาคสนาม ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนามการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่ใช้ในขั้นตอนต่อไป

3) ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) นำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างการวาง ทดลอง การค้นพบ ในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ ได้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้รับอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4) ชั้นขยายความรู้ (elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้น ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่ามีข้อจำกัดน้อยซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5) ชั้นประเมิน (evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่าผู้เรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบาย หรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์ หรือเรื่องอื่น ๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัดซึ่งจะก่อให้เกิดเป็นประเด็นคำถามหรือปัญหาที่จะสำรวจ

ตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ จึง เรียกว่า inquiry cycle กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จึงช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลักและหลักการ ทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนต่อไป สรุปเป็นแผนผังวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้



ภาพที่ 2.1 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) การจัดการเรียนรู้อิงกลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร องค์การตำราศึกษา ยูนิ ฟิพิชกุล และ ปรีชา เนาว่าเยี่ยมผล (2554 : 16 – 18) ได้กล่าวถึงกระบวนการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สรุปได้ดังนี้

1. ขึ้นสังเกต ผู้สอนจัดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้ผู้เรียนเผชิญกับสถานการณ์

ที่จงนสงสัยหรือพยายามค้นพบหลักการ โดยการสังเกต วิเคราะห์ ประเมินสถานการณ์ และตั้งคำถาม ผู้แก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ และนักคณิตศาสตร์ที่ประสบความสำเร็จมากที่สุดคือบุคคลที่ตั้งคำถามดีที่สุด

คำถามที่ดีจะนำไปสู่หลักการที่มีประโยชน์ และคำถามที่ดีเป็นผลในการแก้ปัญหาที่ยาก การหาสิ่งที่เป็นประโยชน์ และน่าสนใจในการสืบสอบทางคณิตศาสตร์จะต้องดูว่าสิ่งที่กำหนดให้คืออะไร และสืบสอบโดยพิจารณาตามสิ่งที่กำหนดให้นั้น การตั้งคำถาม เช่น ทำไมวิธีการนี้จึงทำได้

- 1) ทำไมวิธีการนี้ให้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง
- 2) มีวิธีที่ดีกว่าวิธีนี้หรือไม่
- 3) มีรูปแบบทั่วไปหรือไม่
- 4) ทฤษฎีนี้ทำให้นึกถึงทฤษฎีบทอื่นหรือไม่
- 5) ปัญหานี้เป็นปัญหาหนึ่งของปัญหาทั่วไปหรือไม่
- 6) จะสรุปรูปแบบทั่วไปได้หรือไม่
- 7) อะไรเป็นข้อแตกต่างระหว่างสถานการณ์ทั้งสองเหล่านี้
- 8) มีอะไรที่คล้ายคลึงกันระหว่างระบบคณิตศาสตร์เหล่านี้
- 9) จากตัวอย่างที่สังเกตได้นี้จะเป็นตัวแทนของกรณีทั่วไปได้หรือไม่
- 10) มีตัวอย่างค้านหรือไม่
- 11) มีวิธีที่จะแก้ปัญหานี้หรือไม่
- 12) อะไรจะเกิดขึ้นถ้าทำการเปลี่ยนแปลงสิ่งเหล่านี้
- 13) มีการไม่คงเส้นคงวาเกิดขึ้นหรือไม่
- 14) เรื่องราวหรือข้อมูลที่ได้นี้ น่าจะยอมรับได้หรือไม่
- 15) หลักการที่หาได้จะขยายต่อไปอีกได้หรือไม่
- 16) ตัวอย่างต่าง ๆ ที่แสดงมโนคติคืออะไร

ฯลฯ

2. ขั้นการอธิบาย ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบเพื่อจัดความสงสัยด้วยการใช้เหตุผลเป็นการวิเคราะห์จากปัญหาไปสู่เหตุ ขั้นนี้จึงเป็นขั้นที่รวบรวมความรู้และข้อมูลเพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งมี 2 ประการ คือ

ประการที่หนึ่ง ในการที่จะแก้ปัญหานั้น ผู้แก้ปัญหาก็ต้องมีเทคนิคในการแก้ปัญหา และรู้กระบวนการทางคณิตศาสตร์

ประการที่สอง การแก้ปัญหาจะต้องรู้แหล่งความรู้ รู้จักวิเคราะห์ สังเคราะห์ ความรู้นั้นตลอดจนรู้จักรวบรวมข้อมูล และเรียบเรียงความรู้ให้มีระบบ การตั้งคำถามที่นับว่าเป็นสิ่งสำคัญ ควรจะมีการตั้งคำถาม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

- 1) มีข้ออ้างอิงที่เป็นมาตรฐานในเรื่องนี้หรือไม่
- 2) ข้ออ้างอิงนั้นหาได้ที่ไหน
- 3) แหล่งอื่น ๆ ของความรู้คืออะไร
- 4) แหล่งความรู้เหล่านี้เชื่อถือได้เพียงใด
- 5) คุณภาพของความรู้ที่ได้รับนี้ดีเพียงใด
- 6) ความรู้นี้ใช้ประโยชน์ได้อย่างไร
- 7) ความรู้นี้เป็นหมวดหมู่และจัดระเบียบอย่างไร
- 8) มโนคติ หลักการ และวิธีการใดที่มีในแหล่งความรู้
- 9) ความรู้นี้สัมพันธ์กับปัญหาที่กำลังพิจารณาหรือไม่
- 10) ความรู้ที่นำมาใช้สามารถแก้ปัญหาได้เพียงไร
- 11) ความรู้หรือวิธีดำเนินการเหล่านี้จะไปไปใช้กับสถานการณ์อื่นได้หรือไม่

ฯลฯ

3. ขั้นพยากรณ์และทดลอง เป็นขั้นที่นำข้อมูลที่รวบรวมไว้มาอภิปรายปัญหา หรือข้อสมมติฐานที่ตั้งไว้ และพยากรณ์ผลหรือทำการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานนำไปสู่ข้อสรุปเป็นขั้นซึ่งเกิดการค้นพบ การแก้ปัญหาในขั้นนี้เป็นการสร้างหลักการ และหาความสัมพันธ์ต่าง ๆ แยกแยะโครงสร้างและนำไปสู่ข้อสรุป

4. ขั้นนำไปใช้ เป็นขั้นที่นำเอาความรู้ที่ค้นพบไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ขั้นนี้ได้แก่ การวิเคราะห์ และประเมินกระบวนการสืบสอบ ทั้งนี้ เพื่อสร้างความเข้าใจให้ดีขึ้น และปรับปรุงวิธีการสืบเสาะหาความรู้ ในขั้นนี้เป็นขั้นพิจารณากระบวนการสืบสอบเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ แต่ละเนื้อหาห่ามมีวิธีการสืบเสาะหาความรู้ของตนเอง จุดประสงค์อันหนึ่งของผู้สืบสอบเนื้อหาในแต่ละเนื้อหา ก็คือ การปรับปรุงกลวิธีสืบสอบที่กระทำอยู่ และรวบรวมกระบวนการสืบสอบเพื่อนำไปพัฒนา และใช้กับเนื้อหาอื่น ๆ ต่อไป

สิ่งที่ต้องพิจารณาก็คือ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ตั้งแต่ต้นจนจบ วิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการที่จะใช้วิเคราะห์ และประเมินกระบวนการสืบสอบก็คือ การถาม และพยายามหาคำตอบ ตัวอย่างคำถามซึ่งจะนำมาใช้ในขั้นที่ 4 มีดังต่อไปนี้

- 1) วิธีดำเนินการที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาเป็นอย่างไร
- 2) อะไรที่เป็นตัวกระตุ้นให้ค้นพบนี้ทั่วไป

- 3) รูปแบบอะไรที่พบ
- 4) ความรู้และวิธีการที่นำไปสู่การค้นพบที่ไม่คงเส้นคงวาคืออะไร
- 5) แหล่งความรู้อะไรที่ใช้มากที่สุด
- 6) วิธีดำเนินการอะไรที่เคยทำและรวบรวมข้อมูลอย่างไร
- 7) ใช้รูปแบบการให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลรูปแบบใดในการแก้ปัญหา
- 8) กระบวนการคิดอะไรที่นำมาใช้จนกระทั่งหาข้อสรุปได้
- 9) วิธีการแก้ปัญหานั้นไปใช้ได้ทั่วไป และประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาอื่น ๆ ได้หรือไม่

สรุปได้ว่า กระบวนการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการคิด การแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ ใช้คำถาม หรือจัดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย ค้นหาสาเหตุ รวบรวมข้อมูลมาอธิบาย และหาแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเองจนได้คำตอบอย่างเป็นระบบ ซึ่งมี 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนสร้างความสนใจ (engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (elaboration) และ 5) ขั้นประเมิน (evaluation)

1.5 การประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การประเมินผลการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สามารถกระทำได้ในขณะที่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยพิจารณาจากพฤติกรรมของผู้เรียนตามขั้นตอนการสอน (นวลจิตต์ เชาวศิริพิงศ์ แนวคิดทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ จากเว็บไซต์ www.lic.chula.ac.th/web/mediaflash/Inquiry/Inquiry/inquiry.ppt เข้าถึงข้อมูลวันที่ 7 ธ.ค.56 : พิเชิต ทองดั้น 2554 : 40 – 43 ; ธนปัดย์ ปัทมโกมล 2554 : 19 – 20) ดังนี้

ตารางที่ 2.1 การประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอนการสอน	พฤติกรรมผู้เรียน	เกณฑ์การประเมิน		
		คะแนน/ ความหมาย	พฤติกรรม ที่ปรากฏ	เครื่องมือ ประเมิน
1. การสร้างความ สนใจ (Engage) ครู จัดกิจกรรมหรือ สถานการณ์กระตุ้น ช่วย ทำท่าย ทำให้ นักเรียนสนใจที่ ศึกษาค้นคว้าหรือ แก้ปัญหา	1.1 ตั้งคำถาม	3 ดี	มีการตั้งคำถาม	แบบ
	1.2 กำหนด ประเด็นปัญหาที่ ต้องการศึกษาได้	2 พอใช้	กำหนดประเด็นปัญหาที่ ต้องการศึกษาได้ แสดงความ สนใจและแสดงความคิดเห็น ได้ชัดเจน	สังเกต พฤติกรรม การเรียนรู้
	1.3 แสดง ความสนใจ	1 ต้อง ปรับปรุง	มีการตั้งคำถามกำหนด ประเด็นปัญหาที่ต้องการ ศึกษาได้เพียงบางส่วน กำหนดประเด็นปัญหาที่ ต้องการศึกษาได้ไม่ชัดเจน	
2.การสำรวจและ ค้นหา (Explore) ครูจัดกิจกรรม หรือสถานการณ์ ให้นักเรียน สำรวจตรวจสอบ ปัญหาหรือ ประเด็นที่ นักเรียนสนใจ ใคร่รู้	2.1 สำรวจข้อมูลที่ เกี่ยวข้องกับปัญหาได้	3 ดี	สำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้อง กับปัญหาได้	1) ใบกิจกรรม
	2.2 ตั้งสมมติฐานของ คำตอบได้		แสดงการทดลอง พยายามหาทางเลือก	2) แบบสังเกต พฤติกรรมการ เรียน
	2.3 แสดงการทดลอง/ สืบค้นข้อมูลด้วยวิธี ต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบ สมมติฐานได้		ในการแก้ปัญหาและ อภิปรายทางเลือก	
	2.4 คิดอย่างอิสระแต่ อยู่ในขอบเขต		บันทึกการสังเกต หรือผลการสำรวจ ตรวจสอบอย่างเป็น ระบบ	

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ขั้นตอนการสอน	พฤติกรรมผู้เรียน	เกณฑ์การประเมิน		
		คะแนน/ ความหมาย	พฤติกรรม ที่ปรากฏ	เครื่องมือ ประเมิน
	2.5 พยายามหาทาง เลือกในการ แก้ปัญหาและ อภิปรายทางเลือก เหล่านั้นกับคนอื่น	2 พอใช้	สำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ ปัญหาได้และแสดงการ ทดลองพยายามหาทางเลือก ในการแก้ปัญหาได้เพียง บางส่วน	
	2.6 บันทึกการ สังเกตหรือผลการ สำรวจตรวจสอบ อย่างเป็นระบบ ละเอียดรอบคอบ	1 ต้อง ปรับปรุง	ร่องรอยการทดลองและ ดำเนินการแก้ปัญหาแล้ว หยุด อธิบายต่อไม่ได้	
3. การอธิบาย และ ลงข้อสรุป(Explain) ครูจัดกิจกรรมหรือ สถานการณ์ให้ นักเรียนวิเคราะห์ อธิบายความรู้หรือ อภิปรายซักถาม แลกเปลี่ยนความ คิดเห็นซึ่งกันและ กันเกี่ยวกับสิ่งที่ได้ หรือค้นพบ เพื่อให้ พัฒนาความรู้ความ เข้าใจในองค์ความรู้ ที่ได้อย่างชัดเจน		3 ดี	การอธิบายความคิด ของตนเองพร้อม แสดงหลักฐาน ประกอบคำอธิบาย แสดงผลการ ตรวจสอบ วิธีการ แก้ปัญหาและซักถาม เกี่ยวกับสิ่งที่เพื่อน อธิบายได้	แบบบันทึก การนำเสนอ งาน
		2 พอใช้	การอธิบายความคิด ของตนเองพร้อม แสดงหลักฐาน ประกอบคำอธิบาย แสดงผลการ	

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ขั้นตอนการสอน	พฤติกรรมผู้เรียน	เกณฑ์การประเมิน		
		คะแนน/ ความหมาย	พฤติกรรม ที่ปรากฏ	เครื่องมือ ประเมิน
	3.3 อภิปรายซักถาม เกี่ยวกับสิ่งที่เพื่อน อธิบาย		ตรวจสอบ วิธีการแก้ปัญหา ได้บางส่วน	
		1 ต้อง ปรับปรุง	การอธิบายความคิด แสดงผล การตรวจสอบ วิธีการ แก้ปัญหาได้ไม่ชัดเจน	
4. การขยายความรู้ (Elaborate) ครูจัด กิจกรรมหรือ สถานการณ์ที่ให้ นักเรียนได้ขยาย เพิ่มเติมหรือเติมเต็ม องค์ความรู้ใหม่ให้ กว้างขวางสมบูรณ์ กระจำและลึกซึ้ง ยิ่งขึ้น	4.1 ใช้ข้อมูลการ สำรวจตรวจสอบไป อธิบายหรือทักษะจาก การสำรวจตรวจสอบ ไปใช้ในสถานการณ์ ใหม่ที่คล้ายกับ สถานการณ์เดิม 4.2 นำข้อมูลการ สำรวจตรวจสอบไป สร้างความรู้ใหม่ 4.3 นำความรู้ใหม่ เชื่อมโยงกับความรู้ เดิมเพื่ออธิบายหรือ นำไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน	3 ดี	นำทักษะการสำรวจ ตรวจสอบไปใช้ใน สถานการณ์ใหม่ที่ คล้ายกับสถานการณ์ เดิมและความรู้ใหม่ เชื่อมโยงกับความรู้ เดิมเพื่ออธิบายหรือ นำไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน	1) ใบกิจกรรม 2) เอกสาร แบบฝึกหัด 3) โครงการ อย่างง่าย
		2 พอใช้	นำทักษะการสำรวจ ตรวจสอบไปใช้ใน สถานการณ์ใหม่ที่ คล้ายกับสถานการณ์ เดิมและความรู้ใหม่ บางส่วนไปสำรวจ ตรวจสอบใน สถานการณ์ใหม่ ได้ไม่ชัดเจน	4) ผลงาน ชิ้นงานของ นักเรียน

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ขั้นตอนการสอน	พฤติกรรมผู้เรียน	เกณฑ์การประเมิน		
		คะแนน/ ความหมาย	พฤติกรรม ที่ปรากฏ	เครื่องมือ ประเมิน
5. การประเมิน (Evaluate) ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประเมินความรู้ อภิปรายซักถาม หรือวิธีเสาะหาความรู้ของตนเอง หรือให้ผู้เรียนนำความรู้ประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์อื่น ๆ	5.1 ตอบคำถาม	3 ดี	ตอบคำถามปลายเปิด	1) เอกสาร แบบฝึกหัด
	ปลายเปิดโดยใช้การสังเกตหลักฐาน และคำอธิบายได้		พูดอธิบายวิธีการ เสาะหาความรู้ของ ตนเอง มีความรู้	
	5.2 พูดอธิบายวิธีการ	2 พอใช้	ความเข้าใจเกี่ยวกับ ความคิดรวบยอด หรือทักษะที่ได้ เรียนรู้	2) โครงการ อย่างง่าย 3) ผลงาน ชิ้นงานของ นักเรียน
	เสาะหาความรู้ของ ตนเองได้		อธิบายวิธีการ เสาะหาความรู้และมี ความรู้ ความเข้าใจ	
	5.3 แสดงออกถึง ความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับความคิด รวบยอด		เกี่ยวกับความคิดรวบ ยอดได้บางส่วน	
5.4 ประเมิน ความก้าวหน้าหรือ ความรู้ของตนเองได้	1 ต้อง	อธิบายวิธีการ เสาะหาความรู้และมี ความรู้ ความเข้าใจ		
5.5 ถามคำถามที่ เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริม ให้มีการสำรวจ ตรวจสอบต่อไปได้	ปรับปรุง	เกี่ยวกับความคิดรวบ ยอดไม่ชัดเจน		

จากคำกล่าวของนักการศึกษาหลายท่านข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการประเมินผล การเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการประเมินผลในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ตามวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ โดยครูและผู้เรียนร่วมประเมิน โดยการสังเกต พฤติกรรมการเรียนรู้และการปฏิบัติการเรียนรู้ จากการทำแบบทดสอบ ชิ้นงาน ใบงาน ส่วนนักเรียน จะประเมินตนเองและเพื่อนร่วมประเมินจากผลงาน ชิ้นงานการนำเสนอผลงานในชั้นเรียน

2. แนวคิดเกี่ยวกับโปรแกรม The Geometer's Sketchpad

2.1 ความหมายโปรแกรม The Geometer's Sketchpad

นักการศึกษาหลายท่านรวมทั้งสถาบันการศึกษาหลายแห่งได้ให้ความหมายของโปรแกรม The Geometer's Sketchpad ไว้ดังนี้ (กรองทอง ไครีรี 2547 : 31 ; ปรีชา เนาว่าเย็นผล 2554 : 55 ; อุบล กลองกระโทก 2554 : 3 ; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2548 : 1 - 2)

โปรแกรม The Geometer's Sketchpad(GSP) เป็นซอฟต์แวร์ที่เป็นพลวัต ใช้สำหรับสร้าง สืบค้น และวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ในหลายด้าน ทำให้ผู้เรียนมีโอกาส สืบค้น และค้นพบแนวคิดต่างๆ ในวิชาเรขาคณิต พีชคณิต แคลคูลัส และสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหว ง่ายต่อการคำนวณ สามารถเขียนกราฟของฟังก์ชันแบบต่าง ๆ สร้างแผนภาพให้เห็นได้อย่างชัดเจนมองเห็นเป็นรูปธรรม ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการนึกภาพในสมอง (visualize skills) ของตนเอง เกิดทักษะการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical modeling) ทำให้มีทักษะการคาดเดา (conjectures) ที่สามารถนำไปสู่การพิสูจน์

สำหรับความหมายของโปรแกรม The Geometer's Sketchpad ในการวิจัยครั้งนี้ ให้ความหมายว่า เป็นสื่อเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ใช้สร้าง สืบค้น และวิเคราะห์สิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ช่วยสร้างข้อคาดการณ์ ช่วยในการหาคำตอบของปัญหา และสรุปเป็นข้อเท็จจริง ซึ่งนำไปสู่การสรุปเป็นทฤษฎีซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ค้นพบ ข้อเท็จจริงใหม่ ๆ ได้ด้วยตนเอง

2.2 วิธีการใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ของผู้เรียน

วิธีการใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ของผู้เรียน (กรรณิการ์ ภาสุก 2549 : 41 ; เกษม สิทธิวงศ์ 2550 : 10 ; ธัญญชยา ชูชาย 2552 : 67) ผู้วิจัยสรุปได้ดังนี้ จะช่วยทำให้ผู้เรียนสืบค้นเนื้อหาและพัฒนาความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเนื้อหาสาระต่าง ๆ ในวิชาคณิตศาสตร์หลายสาระ เช่น เรขาคณิต พีชคณิต ตรีโกณมิติ แคลคูลัส และเนื้อหาอื่น ๆ ผู้เรียนมีโอกาสเรียนคณิตศาสตร์โดยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivist approach) พัฒนาทักษะของการนึกภาพ (visualization) ทักษะของกระบวนการแก้ปัญหา (problem solving skills) เกิดทักษะการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Modeling) ทำให้มีทักษะการคาดเดา (Conjectures) ที่สามารถนำไปสู่การพิสูจน์

จากการศึกษาโปรแกรม The Geometer's Sketchpad เครื่องมือการเรียนรู้ของผู้เรียน ผู้วิจัยนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคือให้ผู้เรียนใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ตำราสืบเสาะหาความรู้ โดยให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจริง ซึ่งช่วยพัฒนาความคิดรวบยอด และเป็นเครื่องมือที่ช่วยกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาความรู้เชิงปริภูมิและทักษะของกระบวนการแก้ปัญหา (problem solving skills) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) นักเรียนใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เปิดไฟล์บทเรียนโดยใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พาราโบลา จำนวน 6 แผนการเรียนรู้ และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง วงรี จำนวน 6 แผนการเรียนรู้
- 2) นักเรียนใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ตำราและสังเกตค่าต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
- 3) นักเรียนตั้งข้อาคาดเดา เป็นขั้นที่มีข้อความคำถามให้นักเรียนตอบโดยใช้ใบกิจกรรมตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
- 4) นักเรียนสืบเสาะหาเหตุผล เป็นการตรวจสอบข้อาคาดเดา โดยนักเรียนร่วมกันปฏิบัติตามใบกิจกรรม เพื่อให้ นักเรียนสังเกตวิเคราะห์สิ่งที่ค้นพบด้วยตนเอง และให้นักเรียนแสดงเหตุผล
- 5) นักเรียนสรุปผล จากข้อค้นพบ โดยการอภิปรายซักถามและนำเสนอผลงาน

2.3 กระบวนการใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นสื่อการเรียนรู้ประกอบการสอนของครู

กระบวนการใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นสื่อการเรียนรู้ประกอบการสอนของครู (วัชรสันต์ อินธิสาร 2547 : 67 ; จันท์ ดิยะวงศ์ 2549 : 20 ; นัยนา บุญสมร 2550 : 22) มีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นนำ เป็นการแนะนำการใช้ โปรแกรม GSP หรือทบทวนความรู้เดิมที่ใช้ในการสร้างความรู้ความเข้าใจเชิงมโนมติใหม่
2. ขั้นสอน มีขั้นตอนดังนี้
 - 2.1 ขั้นการสร้างรูป ให้ผู้เรียนสร้างรูปโดยใช้ โปรแกรม GSP ช่วยในการทำความเข้าใจปัญหา สิ่งที่เกี่ยวข้อง สิ่งที่เกี่ยวข้องการใช้การวิเคราะห์ พิจารณาข้อมูล
 - 2.2 ขั้นสำรวจ ให้ผู้เรียนสำรวจค่าต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม GSP ตั้งข้อาคาดเดา เป็นขั้นที่มีข้อความคำถามให้ผู้เรียนตอบ
 - 2.3 ขั้นสืบเสาะหาเหตุผล ใช้โปรแกรม GSP วัดขนาดหรือความยาว ผู้เรียนสังเกตวิเคราะห์สิ่งที่ค้นพบ

2.4 ขั้นสรุปข้อค้นพบ ผู้เรียนนำข้อค้นพบ ที่ได้มาสรุปเป็นหลักการ อธิบาย และสรุปความ

3. ขั้นสรุป เพื่อเป็นการสรุปสาระสำคัญที่ได้จากการเรียน ค้นคว้า ทำกิจกรรม ร่วมกัน โดยครูจะสรุปร่วมกับผู้เรียน โดยใช้คำถามให้ผู้เรียนคิด ครูควรสรุปความรู้ใน 2 ด้าน คือ ด้านความรู้เชิงมโนคติ (Conceptual Knowledge) และความรู้เชิงวิชาการ (Procedural Knowledge) ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติจริง และผู้เรียนจะต้องทำการสรุปเป็นของแต่ละบุคคลในรูปแบบที่ผู้เรียน คิดเอง เพื่อตรวจสอบความเข้าใจเชิงมโนคติว่าถูกต้อง และครบสมบูรณ์หรือไม่

กรรณิการ์ ผาสุก (2549 : 41) เกษม สิทธิวงษ์ (2550 : 10) ธัญญชยา ชูชาย (2552 : 67) สรุป กระบวนการใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นสื่อการเรียนรู้ประกอบการสอนของครู มีขั้นตอนคือ สร้างขึ้นเพื่อนำไปใช้ในการสร้างสรรค์ การสำรวจและการวิเคราะห์ เนื้อหาต่าง ๆ ในวิชาคณิตศาสตร์ เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสเรียนคณิตศาสตร์ โดยการ สร้างองค์ความรู้ หรือความคิดรวบยอดต่าง ๆ ด้วยตนเอง ผู้ใช้สามารถสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์ (Mathematics Model) ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวเชิงเรขาคณิต และปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับ โปรแกรมได้ สามารถใช้สำรวจเบื้องต้นเกี่ยวกับรูปเรขาคณิตสองมิติ จำนวนและการดำเนินการ กราฟของสมการชนิดต่าง ๆ เพื่อสร้างความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน ให้สามารถ เข้าใจได้ง่าย และรวดเร็วยิ่งขึ้น

จากการศึกษากระบวนการใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นสื่อการเรียนรู้ประกอบการสอนของครู ผู้วิจัย มีขั้นตอนใช้สื่อดังนี้

1. ครูเตรียมสื่อ สร้างสื่อการสอนโดยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad ประกอบการสอนเรื่อง พาราโบลา และวงรี โดยสร้างแบบร่างที่เป็นรูปเรขาคณิตเกี่ยวกับ พาราโบลาและวงรี ด้วยคำสั่งพื้นฐาน คือคำสั่งในเมนูกราฟ ฟังก์ชันใหม่ เขียนกราฟของฟังก์ชัน ใหม่

2. ชื่อนำสื่อไปใช้ประกอบการสอน โดยให้ผู้เรียนคลิกเข้าไปศึกษา สำรวจ สืบเสาะหาความรู้ ตั้งข้อาคาดเดา เป็นขั้นที่มีข้อความคำถามให้ผู้เรียนตอบพร้อมกับครูอธิบาย ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมบนจอ โปรเจคเตอร์ ผู้เรียนสังเกตวิเคราะห์สิ่งที่ค้นพบ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเข้าไปเรียนเพิ่มเติม

3. ขั้นสรุปข้อค้นพบ ผู้เรียนนำข้อค้นพบ ที่ได้มาสรุปเป็นหลักการ อธิบาย และสรุปความรู้

2.4 ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นและข้อควรระวังในการใช้ โปรแกรม The Geometer's

Sketchpad

นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวคิดในการใช้สื่อการเรียนรู้ และข้อควรระวังในการใช้ โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ไว้ในเชิงที่สอดคล้องกัน ผู้วิจัยสังเคราะห์และสรุปได้ดังนี้ (ปรีชา เนาว์เย็นผล 2554: 14–15 ; อุบล กลองกระโทก 2554 : 66–68)

1. ศึกษาและรวบรวมปัญหาทางด้านคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนในชั้นไม่เข้าใจหรือมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนน้อย ๆ มาพิจารณาออกแบบสื่อการสำรวจเป็นอันดับแรก ๆ
2. ศึกษาเนื้อหาในเรื่องนั้น ๆ ให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ แล้วจึงวางแผนเพื่อให้สื่อการสำรวจนั้นสามารถนำมาใช้ในช่วงเวลาการสอนได้ทัน ถ้ามีครูผู้สอนมากกว่า 1 คน ถ้าสามารถร่วมกันเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน ได้จะดีมาก
3. สื่อการสำรวจแต่ละสื่อจะต้องคำนึงถึงสิ่งที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน นั่นคือ ทักษะการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสารและการนำเสนอ การเชื่อมโยง และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทางด้านคณิตศาสตร์เพียงเรื่องเดียวไม่จำเป็นต้องมีครบทุกทักษะเสมอไป
4. สื่อการเรียนรู้ที่นำมาใช้ต้องมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน สามารถช่วยให้กิจกรรมการเรียนรู้บรรลุตามจุดประสงค์ของบทเรียน
5. ในการนำสื่อการเรียนรู้ไปใช้ต้องคำนึงถึงความรู้พื้นฐานของนักเรียนด้วยการเรียนรู้คณิตศาสตร์ต้องอาศัยพื้นฐานความรู้เดิมเพื่อเชื่อมโยงสู่ความรู้ใหม่ ดังนั้นต้องมีการเสริมความรู้ของนักเรียนให้เพียงพอ และสอดคล้องเนื้อหาในสื่อการเรียนรู้ที่นำมาใช้
6. ความถูกต้องของเนื้อหาที่มีอยู่ในสื่อเป็นสิ่งจำเป็น ถ้าสื่อน่าสนใจ แต่มีเนื้อหาไม่ถูกต้องนั้นก็กลับเป็นโทษ แทนที่จะมีประโยชน์กับนักเรียน
7. สื่อการเรียนรู้ที่ดีควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อ การมีส่วนร่วมในคณิตศาสตร์ครอบคลุมถึงการที่สื่อนั้นสามารถช่วยกระตุ้นให้เกิดความคิด นักเรียนมีการตอบสนองด้วยการตอบคำถามทำให้เกิดการอภิปรายร่วมกัน และการขยายฐานความคิด
8. หลังการใช้สื่อการเรียนรู้ ต้องมีการสรุปประเด็นของเนื้อหาสาระซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้น
9. นำสื่อไปทดลองใช้จริง อาจจะมีผู้สังเกตซึ่งเป็นครูที่ร่วมกันเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกันก็ได้โดยการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนว่าเกิดทักษะตามที่เรที่ตั้งวัตถุประสงค์ไว้หรือไม่

10. ควรมีการประเมิน และติดตามผลการใช้สื่อ เพื่อนำผลมาปรับปรุงสื่อ นำผลการทดลองสอนจริง ๆ มาสะท้อนว่าควรปรับปรุงแก้ไขอย่างไรบ้าง แล้วก็ปรับปรุงแก้ไขตามที่ครูผู้สอนได้ร่วมกันสะท้อนในแผนการเรียนรู้ในบทต่อไป

11. หลังจากที่ได้สื่อการสำรวจที่มีประสิทธิภาพแล้วครูผู้สอนต้องมีการเผยแพร่ และรับฟังข้อเสนอแนะจากผู้สอนรายอื่น ๆ บ้าง นำข้อชี้แนะมาปรับปรุงแก้ไข จะเป็นผลงานของครู และเป็นผลงานที่มีประโยชน์มีคุณค่ากับนักเรียนของเรา

จากการศึกษาข้อควรระวังในการใช้ โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ผู้วิจัยนำมาใช้กับงานวิจัย คือ

1) การนำสื่อการเรียนรู้ไปใช้ต้องคำนึงถึงความรู้พื้นฐานของนักเรียน เรื่องเรขาคณิต และหลักการทางคณิตศาสตร์ต้องอาศัยพื้นฐานความรู้เดิมเพื่อเชื่อมโยงสู่ความรู้ใหม่ ควรจัดอบรม โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ในเบื้องต้น เพื่อลดปัญหาเรื่องการใช้คอมพิวเตอร์ และการใช้งานของโปรแกรม ดังนั้นต้องมีการเสริมความรู้ของนักเรียนให้เพียงพอ และสอดคล้องเนื้อหาในสื่อการเรียนรู้ที่นำมาใช้

2) สื่อที่สร้างจากโปรแกรม The Geometer's Sketchpad ครูต้องทดลองใช้ก่อน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของระยะเวลา และลำดับขั้นตอนในการใช้สื่อ

3) ครูผู้สอนต้องเตรียมห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ให้พร้อมใช้งาน มี โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ในเครื่องคอมพิวเตอร์ให้พร้อมใช้ และควรมีอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียน เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนได้ปฏิบัติ ลงมือทดลอง ก่อให้เกิดความเข้าใจทำให้เกิดการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง

4) การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลา ดังนั้นกิจกรรมการเรียนการสอนแต่ละกิจกรรมจะไม่เท่ากัน ครูต้องบริหารปรับเปลี่ยนให้เกิดความเหมาะสม และยืดหยุ่นได้

5) ขณะใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad ครูควรดูแลนักเรียนอย่างใกล้ชิด ค่อยแนะนำและช่วยเหลือ ให้ปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนและใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนตอบ

6) หลังการใช้สื่อการเรียนรู้ ต้องมีการสรุปประเด็นของเนื้อหาสาระซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้น การอภิปรายร่วมกัน และการขยายฐานความคิด

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นความสามารถทางการเรียนหลังจากได้เรียนเนื้อหาของวิชาคณิตศาสตร์แล้วผู้เรียนมีความสามารถเรียนรู้มากขึ้นเพียงใด หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าเป็นความสามารถทางสติปัญญาด้านคณิตศาสตร์ของผู้เรียน วิลสัน (Wilson 1971 : 645-696 อ้างถึงใน อนันต์ จันทร์ทวี 2546 : 297-318) ได้จำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์ของวิชาคณิตศาสตร์ทางด้านสติปัญญาไว้ดังนี้

1. ความรู้ความจำด้านการคิดคำนวณ (Computation) พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมที่อยู่ในระดับต่ำสุด แบ่งออกได้เป็น 3 ชั้น ดังนี้
 - 1.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Knowledge of Specific Facts) คำถามที่วัดระดับความสามารถในระดับนี้จะเกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง ตลอดจนความรู้พื้นฐาน ซึ่งผู้เรียนได้ตั้งสมมติเป็นระยะเวลานานแล้วด้วย
 - 1.2 ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (Knowledge of Terminology) เป็นความสามารถในการระลึกหรือจำศัพท์ และนิยามต่าง ๆ ได้ โดยคำถามอาจจะเป็นถามโดยตรงหรือโดยอ้อมก็ได้ แต่ไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณ
 - 1.3 ความสามารถในการใช้กระบวนการคิดคำนวณ (Ability to Carry out Algorithms) เป็นความสามารถในการใช้ข้อเท็จจริงหรือนิยามและกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้วมาคิดคำนวณ ตามลำดับขั้นตอนที่เคยเรียนรู้มาแล้ว ข้อสอบวัดความสามารถด้านนี้ต้องเป็นโจทย์ที่ง่ายคล้ายคลึงกับตัวอย่างผู้เรียน ไม่ต้องพบกับความยุ่งยากในการตัดสินใจเลือกใช้กระบวนการ
2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมระดับความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณแต่ซับซ้อนกว่า แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้
 - 2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติ (Knowledge of Concepts) เป็นความสามารถที่ซับซ้อนกว่าความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง เพราะมโนคติเป็นนามธรรม ซึ่งประมวลจากข้อเท็จจริงต่าง ๆ ต้องอาศัยการตัดสินใจในการตีความหรือยกตัวอย่างมโนคตินั้น โดยใช้คำพูดของตนหรือเลือกความหมายที่กำหนดให้ ซึ่งเขียนในรูปใหม่หรือยกตัวอย่างใหม่ที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียน
 - 2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎทางคณิตศาสตร์ และการสรุปอ้างอิงเป็นกรณีทั่วไป (Knowledge of Principles Rules and Generalization) เป็นความสามารถในการนำเอาหลักการกฎ และความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติไปสัมพันธ์กับโจทย์ปัญหาจนได้แนวทางในการ

แก้ปัญหา ถ้าคำถามนั้นเป็นคำถามเกี่ยวกับหลักการ และกฎที่ผู้เรียนเพิ่งเคยพบเป็นครั้งแรก อาจจัดเป็นพฤติกรรมในระดับการวิเคราะห์ก็ได้

2.3 ความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (Knowledge of Mathematical Structure) คำถามที่วัดพฤติกรรมระดับนี้เป็นคำถามที่วัดเกี่ยวกับคุณสมบัติของระบบจำนวนและโครงสร้างทางพีชคณิต

2.4 ความสามารถในการเปลี่ยนรูปแบบของปัญหา จากแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง (Ability to Transform Problem Element From one Mode to Another) เป็นความสามารถในการแปลข้อความที่กำหนดให้เป็นข้อความใหม่หรือภาษาใหม่ เช่น แปลภาษาพูดให้เป็นสมการ ซึ่งมีความหมายคงที่โดยไม่รวมถึงกระบวนการแก้ปัญหา (Algorithms) หลังจากแปลแล้ว อาจกล่าวได้ว่าเป็นพฤติกรรมที่ง่ายที่สุดของพฤติกรรมระดับความเข้าใจ

2.5 ความสามารถในการติดตามแนวของเหตุผล (Ability to Follow a Line of Reasoning) เป็นความสามารถในการอ่านและเข้าใจข้อความทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแตกต่างจากความสามารถในการอ่านทั่ว ๆ ไป

2.6 ความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Ability to Read and Interpret a Problem) ข้อสอบที่วัดความสามารถในขั้นนี้ อาจดัดแปลงมาจากข้อสอบที่วัดความสามารถในขั้นอื่น ๆ โดยให้ผู้เรียนอ่าน โจทย์ปัญหา ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของข้อความตัวเลข ข้อมูลทางสถิติหรือกราฟ

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหาที่ผู้เรียนคุ้นเคยเพราะคล้ายกับปัญหาที่ผู้เรียนประสบอยู่ในระหว่างเรียน คือ แบบฝึกหัดที่ผู้เรียนจะต้องเลือกใช้กระบวนการแก้ปัญหา และดำเนินการแก้ปัญหาได้โดยไม่ยากพฤติกรรมในระดับนี้แบ่งออกเป็น 4 ขั้น คือ

3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาที่คล้ายกับปัญหาที่ประสบอยู่ในระหว่างเรียน (Ability to Solve Routine Problem) ผู้เรียนต้องอาศัยความสามารถในระดับความเข้าใจ และเลือกกระบวนการแก้ปัญหาจนได้คำตอบออกมา

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ (Ability to Make Comparisons) เป็นความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด เพื่อสรุปการตัดสินใจ ซึ่งในการแก้ปัญหานี้อาจต้องใช้วิธีการคิดคำนวณ และจำเป็นต้องอาศัยความรู้ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งใช้ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล (Ability to Analyze Data) เป็นความสามารถในการตัดสินใจอย่างต่อเนื่องในการหาคำตอบจากข้อมูลที่กำหนดให้ ซึ่งอาจต้อง

อาศัยการแยกข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องมาพิจารณาว่า อะไรคือข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติมมีปัญหาอื่นใดบ้างที่อาจเป็นตัวช่วยในการหาคำตอบของปัญหาที่กำลังประสบอยู่หรือต้องแยกโจทย์ปัญหาออกมาพิจารณาเป็นส่วน มีการตัดสินใจหลายครั้งอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ต้นจนได้คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ต้องการ

3.4 ความสามารถในการมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกันและการสมมาตร (Ability to Recognize Patterns Isomorphisms and Symmetries) เป็นความสามารถที่ต้องอาศัยพฤติกรรมอย่างต่อเนื่องตั้งแต่การระลึกถึงข้อมูลที่กำหนดให้ การเปลี่ยนรูปปัญหาการจัดกระทำกับข้อมูล และการระลึกถึงความสัมพันธ์ ผู้เรียนต้องสำรวจหาสิ่งที่คุ้นเคยกันจากข้อมูลหรือสิ่งที่กำหนดจากโจทย์ปัญหาที่พบ

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหที่ผู้เรียนไม่เคยเห็นหรือไม่เคยทำแบบฝึกหัดมาก่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโจทย์พลิกแพลง แต่ก็อยู่ในขอบเขตเนื้อหาวิชาที่เรียนการแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าว ต้องอาศัยความรู้ที่ได้เรียนมารวมกับความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกันเพื่อแก้ปัญหา พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมขั้นสูงสุดของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งต้องใช้สมรรถภาพสมองระดับสูง แบ่งเป็น 5 ชั้น คือ

4.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ที่ไม่เคยประสบมาก่อน (Ability to Solve Nonroutine Problem) คำถามในชั้นนี้เป็นคำถามที่ซับซ้อน ไม่มีในแบบฝึกหัดหรือตัวอย่างไม่เคยเห็นมาก่อน ผู้เรียนต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกับความเข้าใจ โนคติ นิยาม ตลอดจนทฤษฎีต่าง ๆ ที่เรียนมาแล้วเป็นอย่างดี

4.2 ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ (Ability to Discover Relationships) เป็นความสามารถในการจัดส่วนต่างๆที่โจทย์กำหนดให้ แล้วสร้างความสัมพันธ์ขึ้นมาใหม่เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาแทนการจำความสัมพันธ์เดิมที่เคยพบมาแล้วมาใช้กับข้อมูลชุดใหม่เท่านั้น

4.3 ความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ (Ability to Construct Proofs) เป็นความสามารถที่ควบคู่กับความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์อาจเป็นพฤติกรรมที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าพฤติกรรมในการสร้างข้อพิสูจน์ พฤติกรรมในชั้นนี้ต้องการให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบข้อพิสูจน์ว่าถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดบ้าง

4.4 ความสามารถในการวิจารณ์การพิสูจน์ (Ability to Criticize Proofs) เป็นความสามารถในชั้นนี้เป็นการใช้เหตุผลที่ควบคู่กับความสามารถในการเขียนพิสูจน์ แต่ความสามารถในการพิจารณาเป็นพฤติกรรมที่ยู่ยากซับซ้อนกว่า ความสามารถในชั้นนี้ต้องการให้ผู้เรียนมองเห็น

และเข้าใจการพิสูจน์นั้นว่าถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดพลาดไปจาก มโนคติหลักการ กฎ นิยาม หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์

4.5 ความสามารถในการสร้างสูตร และทดสอบความถูกต้องของสูตร (Ability to Formulate and Validate Generalizations) ผู้เรียนต้องสามารถสร้างสูตรขึ้นมาใหม่โดยใช้ความสัมพันธ์กับเรื่องเดิม และต้องสมเหตุสมผลด้วย นั่นคือการถามให้หาและพิสูจน์ประโยคทางคณิตศาสตร์ หรืออาจถามให้ผู้เรียนสร้างกระบวนการคิดคำนวณใหม่ พร้อมทั้งแสดงการใช้กระบวนการนั้น

ผู้วิจัยได้นำความรู้เรื่องการจำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์ของวิชาคณิตศาสตร์ทางด้านสติปัญญาตามแนวคิดของวิลสันไปใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่องพาราโบลาและวงรี ที่ผู้วิจัยใช้เป็นเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้

4. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

4.1 ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ในเชิงที่สอดคล้องกัน ผู้วิจัยสังเคราะห์ และสรุปได้ดังนี้ (Polya 1980 : 1 ; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2550 : 7 ; ปรีชา เนาว์เย็นผล 2554 : 7 ; รุ่งฟ้า จันท์จรรุภรณ์ 2554 : 8)

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นการหาวิธีการ เพื่อให้ได้คำตอบของปัญหา ซึ่งผู้แก้ปัญหามust ต้องใช้ความรู้ ความคิด และประสบการณ์เดิม โดยประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหา กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาประมวลเข้ากับสถานการณ์ใหม่ที่กำหนด ในปัญหาใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์

สำหรับความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้ให้ความหมายว่าเป็นกระบวนการหาคำตอบ โดยใช้ความรู้ ความเข้าใจ การคิดวิเคราะห์และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีกระบวนการ และวิธีที่ผู้เรียนใช้ในการแก้ปัญหา

4.2 กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

โพลยา (George Polya 1887 – 1985 อ้างถึงใน ปรีชา เนาว์เย็นผล 2554 : 10 – 14) ได้กล่าวถึง กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดดั้งเดิมของโพลยา โดยมี นักคณิตศาสตร์ศึกษาท่านอื่น ๆ ได้ขยายความรู้ให้มีความชัดเจนมากขึ้น

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นตอนแรก เป็นปรากฏการณ์สำคัญของการแก้ปัญหา เฟนเดล (Fendel 1987 : 423 อ้างถึงใน ปรีชา เนาว์เย็นผล 2554 : 10) ได้แบ่งขั้นทำความเข้าใจปัญหาออกเป็น 2 ขั้นตอนย่อย ๆ

ขั้นตอนแรก เป็นการมองไปที่สาระของตัวปัญหา โดยพยายามตอบคำถามต่อไปนี้ให้ได้

- ปัญหาต้องการอะไร
- ปัญหาชัดเจนหรือไม่
- มีข้อตกลงอะไรอยู่เบื้องหลังบ้าง
- มีคำศัพท์เฉพาะ บทนิยาม ความคิดรวบยอด กฎ สูตร ทฤษฎีที่ต้องการคำอธิบายเพิ่มเติมหรือไม่

ขั้นตอนย่อย ๆ นี้ รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลจากปัญหา โดยพิจารณาว่า

- ปัญหากำหนดข้อมูลอะไรให้บ้าง
- ข้อมูลที่กำหนดให้พอเพียงหรือไม่
- มีข้อมูลอะไรบ้างที่เกี่ยวข้อง
- มีข้อมูลอื่น ๆ ที่ต้องการเพิ่มเติมหรือไม่
- ข้อมูลต่าง ๆ ที่กำหนดมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันอย่างไร

ถึงแม้ว่าจะไม่สามารถตอบคำถามนี้ได้ทั้งหมดในตอนแรก แต่คำถามต่าง ๆ ข้างต้นนี้ควรอยู่ในใจผู้แก้ปัญหาเมื่อเริ่มต้นแก้ปัญหา มีอยู่บ่อยครั้งที่ในขั้นตอนนี้ต้องการเขียนรูปหรือเขียนแผนภูมิช่วยต้องการการแยกแยะลักษณะปัญหาให้ชัดเจน การเขียนปัญหาที่กำหนดให้ใหม่ด้วยถ้อยคำของผู้แก้ปัญหานั้นเองเป็นวิธีหนึ่งที่จะทำให้ผู้แก้ปัญหามีความเข้าใจดีขึ้น

ขั้นตอนย่อยที่สอง เป็นการมองไปที่ธรรมชาติหรือประเภทของคำตอบของปัญหา คำตอบของปัญหาจะอยู่ในรูปแบบใด คำตอบเป็นจำนวน อยู่ในรูปกฎ สูตร หรือรูปทั่วไป หรือว่าคำตอบต้องการคำอธิบายให้เหตุผล แม้ว่าในขั้นตอนนี้เรายังไม่ได้คำตอบของปัญหา แต่ก็ควรจะมองเห็นว่ารูปแบบของปัญหาที่ต้องการนั้นเป็นอย่างไร

ในขั้นตอนนี้ตามแนวคิดของโพลยาจะต้องสามารถระบุประเภทของปัญหาได้ว่าเป็นปัญหาให้ค้นหา หรือปัญหาให้พิสูจน์ พร้อมทั้งแยกส่วนสำคัญของปัญหาออกได้ โดยเฉพาะส่วนที่ปัญหาต้องการและส่วนที่ปัญหากำหนดให้

2. ขั้นวางแผน เป็นขั้นตอนสำคัญที่จะต้องพิจารณากำหนดว่าจะแก้ปัญหาคด้วยวิธีใด จะแก้อย่างไร ตามแนวคิดของโพลยา (Polya) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนค้นหาความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่กำหนดให้กับสิ่งที่ต้องการหาโดยการพยายามอธิบายสิ่งต่อไปนี้

1. เคยเห็นปัญหานี้มาก่อนหรือไม่ หรือเคยเห็นปัญหาที่คล้ายคลึงกับปัญหานี้แต่แตกต่างกันที่รูปแบบมาก่อนหรือไม่

2. รู้จักปัญหาที่สัมพันธ์กับปัญหานี้หรือไม่ รู้จักทฤษฎีซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์หรือไม่

3. พิจารณาสິงที่ไม่ทราบในปัญหา พยายามนึกถึงปัญหาที่คุ้นเคย ซึ่งมีสิ่งที่ไม่ทราบเหมือนกัน หรือคล้ายคลึงกัน

4. ปัญหานี้สัมพันธ์กับปัญหาที่เคยมีประสบการณ์ในการแก้มาก่อนหรือไม่ สามารถนำประสบการณ์เหล่านั้นมาใช้แก้ปัญหานี้ได้หรือไม่

5. พิจารณาปัญหานี้ใหม่อีกครั้ง พิจารณาว่ายังคงแตกต่างจากปัญหาที่เคยมีประสบการณ์มาก่อนหรือไม่

6. ถ้าไม่สามารถที่จะแก้ปัญหาก็กำหนดให้โดยตรง ในเบื้องต้นควรพยายามแก้ปัญหาคที่สัมพันธ์กันก่อน พยายามจินตนาการเพื่อจะเข้าใจถึงปัญหาที่สัมพันธ์กันนั้น พิจารณาว่าสามารถแก้เพียงบางส่วนของปัญหาได้หรือไม่ พิจารณาเก็บบางส่วนของเงื่อนไขไว้ตัดส่วนอื่น ๆ ทิ้งไปก่อน พยายามแก้หาสิ่งที่ไม่ทราบจากปัญหาย่อยนี้เพื่อนำไปสู่การหาสิ่งที่ไม่ทราบค่าอื่น ๆ ถัดไป

7. ใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ทั้งหมดหรือไม่ ใช้เงื่อนไขทั้งหมดหรือไม่ได้ แจกแจงรายการของสิ่งที่เป็นสาระประโยชน์เพื่อพาดพิงไปยังตัวปัญหาหรือไม่

ขั้นวางแผนเป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาคพิจารณาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในปัญหาผสมผสานกับประสบการณ์เดิมในการแก้ปัญหาคที่ผู้แก้ปัญหาคมีอยู่ กำหนดเป็นวิธีการและเทคนิคหรือที่เรียกกันทั่วไปว่า ยุทธวิธี (Strategy) ในการแก้ปัญหาค ซึ่งมีอยู่หลายแบบ เช่น ยุทธวิธีเดา และตรวจสอบ ยุทธวิธีเขียนภาพ แผนภูมิ และสร้างแบบจำลอง ยุทธวิธีสร้างตาราง ยุทธวิธีใช้ตัวแปร ยุทธวิธีค้นหารูปแบบ

3. ขึ้นดำเนินการตามแผน หลังจากการวางแผนในการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ ตามยุทธวิธีที่เลือกไว้จนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้ หรือค้นพบวิธีการแก้ไขใหม่ ในขั้นดำเนินการตามแผนนี้ ผู้แก้ปัญหามองหาความรู้ ประสบการณ์ที่มีอยู่ประมวลเข้าด้วยกัน โดยให้เหตุผลและข้อสรุปที่เป็นของตนเอง ถ้าแก้ปัญหาไม่สำเร็จตามแผนที่วางไว้ ต้องค้นหาสาเหตุ และใช้ประโยชน์จากความผิดพลาดครั้งแรก ๆ ในการแก้ปัญหาครั้งใหม่ ผู้แก้ปัญหามองหาความรู้ใหม่ที่ไม่กลัวการเริ่มต้นใหม่ ความผิดพลาดในครั้งแรก ๆ จะช่วยจุดประกายความคิดในการหาวิธีใหม่ซึ่งจะนำไปสู่ความสำเร็จ

4. ขึ้นตรวจสอบ เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหามองย้อนกลับไปขั้นตอนต่าง ๆ ที่ผ่านมาตั้งแต่ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขึ้นวางแผนแก้ปัญหา และโดยเฉพาะอย่างยิ่งขึ้นดำเนินการตามแผน เป็นการพิจารณาว่ารายละเอียดต่าง ๆ ในแต่ละขั้นตอนนั้นมีความถูกต้อง สมบูรณ์เพียงใด การตรวจสอบนอกจากจะช่วยหาข้อบกพร่องที่อาจมีอยู่เพื่อการปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นแล้ว ยังช่วยให้ผู้แก้ปัญหามีความเข้าใจกระบวนการแก้ปัญหาทั้งกระบวนการ ได้ดีขึ้น สามารถขยายวิธีการแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ที่สำคัญได้ 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนแรก เป็นการตรวจสอบความสมบูรณ์ถูกต้องของขั้นตอนต่าง ๆ เป็นการพยายามที่จะรู้แจ้งให้ลึกซึ้งเพิ่มขึ้นกว่าเดิม และหาซึ่งกับปัญหาที่ได้แก้จนพบคำตอบแล้วนี้ โดยพิจารณาว่า

1. คำตอบที่ได้สอดคล้องกับปัญหาหรือไม่
2. มีคำตอบอย่างอื่นนอกจากที่ได้หรือไม่
3. มีวิธีการอื่นในการแก้ปัญหานี้หรือไม่ วิธีการใดง่ายกว่า ดีกว่า

หรือเหมาะสมกว่า

ขั้นตอนที่สอง เป็นการใช้ประโยชน์จากปัญหาและกระบวนการแก้ปัญหา ในการจุดประกายความคิดไปสู่ปัญหาอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กับปัญหานี้ สร้างสรรค์ปัญหาที่สัมพันธ์กันขึ้นมาใหม่ อาจกล่าวว่าเป็น “การมองไปข้างหน้า” ก็ได้

โพลยา (George Polya, 1887 – 1985 อ้างถึงใน อุษาวดี จันทรสุนธิ 2554 : 6 – 8)

ได้กล่าวถึงกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่เป็นวงจร มีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นตอนสำคัญยิ่งเพราะเป็นจุดเริ่มต้นของการแก้ปัญหา ถ้าเริ่มต้นถูกทาง ย่อมมีโอกาสที่จะแก้ปัญหานั้นได้ ในขั้นนี้ผู้เรียนศึกษาและทำความเข้าใจส่วนสำคัญต่าง ๆ ของปัญหาอย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ได้แก่ ข้อมูล เงื่อนไขและสิ่งที่ต้องค้นหาหรือพิสูจน์ ผู้เรียนอาจใช้วิธีเขียนรูป เขียนแผนภาพ หรือแจกแจงสาระต่าง ๆ ของปัญหาโดยใช้ถ้อยคำของตนเอง การทำความเข้าใจปัญหา คือการพยายามหาคำตอบของคำถามต่อไปนี้

- ความหมายของคำศัพท์สำคัญในปัญหาคืออะไรบ้าง
- การแปลงปัญหาตั้งต้นให้เป็นปัญหาคณิตศาสตร์ ทำได้อย่างไร
- สิ่งที่กำหนดให้ในปัญหามีอะไรบ้าง
- เป้าหมายของปัญหาคืออะไร
- ข้อมูลในปัญหามีเพียงพอหรือไม่
- ปัญหานี้คล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยทำได้มาแล้วหรือไม่

ขั้นที่ 2 การวางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและเงื่อนไขของปัญหา กับสิ่งที่ต้องการค้นหาหรือพิสูจน์ และนำความสัมพันธ์นั้นมาประสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหา จนสามารถเลือกยุทธวิธีที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาได้

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน เป็นขั้นลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของยุทธวิธีแก้ปัญหา การเพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ของแผนให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนหาคำตอบได้ ผู้เรียนอาจคิดย้อนกลับไปขั้นที่ 1 แล้วค้นหายุทธวิธีใหม่ในการแก้ปัญหา คำถามต่อไปนี้ใช้ตรวจสอบ และควบคุมการคิดของผู้เรียนในระหว่างดำเนินการตามแผน

- ยุทธวิธีแก้ปัญหานั้นเลือกมานั้นทำให้ได้คำตอบภายใต้เงื่อนไขของปัญหาหรือไม่ หรือทำให้ได้ผลบางประการอันนำไปสู่การเลือกยุทธวิธีใหม่หรือไม่
- เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาเหมาะสมหรือไม่

ถ้าผู้เรียนไม่สามารถแก้ปัญหาได้ภายในเวลาที่เหมาะสม ผู้เรียนสามารถหาคำแนะนำจากผู้อื่น หรือวางปัญหานั้นไว้ก่อน แล้วกลับมาคิดใหม่ภายหลัง ความคิดอาจจะเด่นและแก้ปัญหาได้ การไม่ท้อแท้ที่จะเริ่มต้นใหม่แม้แก้ปัญหาไม่ได้ ทุกครั้งที่เริ่มต้นใหม่ จะพบความคิดใหม่จากการใช้ยุทธวิธีใหม่เสมอ

ขั้นที่ 4 การมองย้อนกลับ ขั้นนี้ต้องการให้ผู้เรียนคิดไตร่ตรองกับคำตอบที่ได้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ และยุทธวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ แล้วพิจารณาว่ามีคำตอบอื่นหรือยุทธวิธีอื่นในการแก้ปัญหาอีกหรือไม่ ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนตั้งคำถามกับตนเองว่า

- ยุทธวิธีที่ใช้ทำให้ได้คำตอบที่ถูกต้องหรือไม่
- คำตอบที่ได้สอดคล้องกับเงื่อนไขของปัญหาหรือไม่
- มียุทธวิธีอื่นที่ง่ายกว่าในการหาคำตอบหรือไม่
- ยุทธวิธีที่ใช้สามารถขยายคำตอบไปสู่กรณีทั่วไปได้หรือไม่

ทิสนา แคมมณี (2551 : 138) ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

1. ผู้เรียนและผู้สอนมีการร่วมกันเลือกปัญหาที่ตรงกับความสนใจหรือความต้องการของผู้เรียน
 2. ผู้สอนและผู้เรียนมีการออกไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริงหรือผู้สอนมีการจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหา
 3. ผู้สอนและผู้เรียนมีการร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาและหาสาเหตุของปัญหา
 4. ผู้เรียนมีการวางแผนแก้ปัญหาร่วมกัน
 5. ผู้สอนมีการให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนในการแสวงหาแหล่งข้อมูล การศึกษาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล
 6. ผู้เรียนมีการศึกษาค้นคว้าและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง
 7. ผู้สอนมีการกระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และพิจารณาเลือกวิธีการที่เหมาะสม
 8. ผู้เรียนมีการลงมือแก้ปัญหา รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุปและประเมินผล
 9. ผู้สอนมีการติดตามการปฏิบัติงานของผู้เรียน และให้คำปรึกษา
 10. ผู้สอนมีการประเมินผลการเรียนรู้ ทั้งด้านผลงานและกระบวนการ กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ (สมศักดิ์ โสภณพินิจ 2547 : 17 ; เบญจมาศ นิมมาลี 2550 : 69 ; ตวงพร พุ่มเสนาะ 2551 : 15) สรุปได้ดังนี้
 1. ทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นที่ต้องวิเคราะห์โจทย์ว่าประเด็นปัญหาคืออะไร โจทย์กำหนดอะไรมาให้ และโจทย์ถามหาอะไร ซึ่งอาจจะใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์มาช่วยวิเคราะห์ เช่น กราฟ แผนภูมิ ตาราง
 2. วางแผนแก้ปัญหา เป็นการวางโครงการเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา โดยนำทฤษฎี หลักการ/กฎ สูตร นิยาม ที่เรียนมากำหนดเป็นวิธีการในการแก้ปัญหา
 3. ขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ซึ่งอาจจะมี ความจำเป็นต้องใช้การคำนวณช่วย เพื่อหาคำตอบตามวิธีการทางคณิตศาสตร์
 4. ตรวจสอบ เป็นการทบทวนเหตุผลที่ได้ดำเนินการแก้ปัญหาไปแล้วนั้นว่ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด คำนวณถูกต้องหรือไม่ และความสมเหตุสมผลของคำตอบ
- จากการศึกษากระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กล่าวถึงผู้วิจัยนำความรู้ที่ได้มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ในชั้นขยายความรู้ เพื่อให้

ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กระบวนการหาคำตอบ โดยใช้ความรู้ ความเข้าใจ การคิดวิเคราะห์ และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา มีกระบวนการ และวิธีที่ผู้เรียนใช้ในการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของ โพลยา (Polya) 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา จะต้องพิจารณาและจำแนกถึงองค์ประกอบ ของปัญหาว่าโจทย์กำหนดเงื่อนไขใดที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา โจทย์กำหนดอะไรมาให้ และ โจทย์ถามหาอะไร ซึ่งอาจจะใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์มาช่วยวิเคราะห์ เช่น กราฟ แผนภูมิ ตาราง

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นการค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ ระหว่างข้อมูลและตัวไม่รู้ค่า เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูล กำหนดแนวทางหรือเลือกแผนในการ แก้ปัญหา และยุทธวิธีที่จะนำมาใช้แก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา ผู้เรียนลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ อาศัย ทักษะด้านการคิดคำนวณ การอธิบาย การให้เหตุผล และการเลือกวิธีที่เหมาะสมมาใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผล เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ ได้มา ตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ และยุทธวิธีแก้ปัญหาที่ใช้

4.3 การวัดประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ปรีชา เนาว่าเย็นผล (2544 : 51 – 58) ได้กล่าวถึงเทคนิคการประเมินการแก้ปัญห ทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. การสังเกตและการใช้คำถาม

การสังเกต และการใช้คำถามนักเรียนขณะที่กำลังแก้ปัญหาจะได้ข้อมูลที่มี คุณค่าเกี่ยวกับการแสดงออกของนักเรียน เจตคติ และความเชื่อ การสังเกต และการถามคำถาม ครู สามารถทำได้อย่างไม่เป็นแบบแผน ขณะที่ครูเคลื่อนที่เข้าสังเกตตามกลุ่มต่าง ๆ เมื่อนักเรียนกำลัง ทำงานและสามารถกระทำอย่างเป็นแบบแผนผ่านการสัมภาษณ์อย่างมีโครงสร้างเป็นรายบุคคล

การสังเกตโดยตรงและการถามคำถามอย่างระมัดระวัง ขณะที่นักเรียน กำลังแก้ปัญหาถือว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดของการประเมินบางด้านของเป้าหมายของการแก้ปัญหา ซึ่งการประเมินจากการวิเคราะห์งานจากการเขียนเพียงอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอ การสังเกต และ การถามคำถามมีจุดประสงค์สำคัญในการจดบันทึกการตอบสนองของนักเรียนเกี่ยวกับทักษะหรือ เจตคติที่ครูประเมิน

การสังเกตอย่างไม่เป็นทางการเป็นแบบแผนและการถามคำถามสามารถใช้ประเมิน เมื่อนักเรียนทำงานเป็นรายบุคคลในกลุ่มเล็ก หรือในขณะที่อภิปรายพร้อมกันทั้งชั้น แต่ที่น่าจะมีประสิทธิภาพที่สุดระหว่างที่นักเรียนทำงานเป็นรายบุคคลและในกลุ่มเล็ก เนื่องจากว่า ครูมีข้อจำกัดในด้านเวลาในการจดบันทึกขณะที่มีการอภิปรายกันทั้งชั้นเรียน ก่อนเข้าสู่บทเรียน

เลือกประเด็นของสิ่งที่ต้องการประเมิน ครูต้องเตรียมเครื่องมือการประเมินไว้ล่วงหน้า เช่น แบบตรวจสอบรายการหรือมาตราประมาณค่าในขณะที่นักเรียนที่หมายตามไว้แก้ปัญหา ครูเฝ้าสังเกตพวกเขาฟังสิ่งที่พวกเขาพูดกับเพื่อนคนอื่น ๆ สอดแทรกการตั้งคำถามให้สอดคล้องกับประเด็นที่ต้องการประเมิน

2. การสัมภาษณ์

เทคนิคนี้เกี่ยวกับการสังเกต และการตอบคำถามนักเรียนระหว่างการแก้ปัญหาแต่ไม่เหมือนกันเสียทีเดียว การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง สัมภาษณ์นักเรียนคราวละไม่เกิน 2 คน โดยปกติให้สัมภาษณ์ทีละคน สัมภาษณ์อย่างเป็นระบบ โดยการถามปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนซึ่งต้องวางแผนไว้ล่วงหน้า การใช้การจดบันทึกมาตราประมาณค่า แบบตรวจสอบรายการ การบันทึกเสียงและวิดีโอที่สนักสามารถนำมาใช้ประกอบกันได้ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ภายหลัง

2.1 ขั้นตอนการสัมภาษณ์

2.1.1 เลือกบุคคลที่จะสัมภาษณ์

2.1.2 เลือกปัญหาที่เหมาะสม

2.1.3 วางแผนแบ่งประเด็นที่จะสัมภาษณ์ด้วยตนเอง

2.1.4 ดำเนินการสัมภาษณ์

2.2 ข้อดีของการสัมภาษณ์

2.2.1 การประเมินอยู่ในกรอบที่วางไว้

2.2.2 มีเวลาที่จะประเมินได้ในเนวลิคเกี่ยวกับทักษะในการแก้ปัญหาเป็น

รายบุคคล

2.2.3 สามารถกำหนดโครงสร้างที่ตายตัว หรือยอมให้มีความยืดหยุ่นได้

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการประเมิน

2.2.4 สามารถเก็บข้อมูลได้ในรายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนทำและคิด

2.2.5 ทำให้ได้ทราบถึงกระบวนการคิดของนักเรียน ซึ่งโดยปกติอาจเห็นได้

ไม่ชัดเจนจากการเขียนของนักเรียน การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างควรใช้เมื่อต้องการถามให้ลึกซึ้งเกี่ยวกับกระบวนการคิดของนักเรียนในการแสดงการแก้ปัญหาหรือเจตคติ มีประโยชน์สำหรับการวิจัยในกระบวนการแก้ปัญหา

3. การประเมินสมุดงาน สำหรับการวิจัยในชั้นเรียน สมุดงานบันทึกการแก้ปัญหาของนักเรียนเป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญ ซึ่งสมุดงานมีข้อมูลพื้นฐานต่อไปนี้

3.1 วิธีการหาคำตอบ และคำตอบของปัญหาคณิตศาสตร์

3.2 การอภิปรายถึงยุทธวิธีที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหา

3.3 การอภิปรายถึงความคล้ายคลึงกันของคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้น และที่ใช้ในปัญหาอื่น ๆ ที่นักเรียนเคยแก้มาแล้ว

3.4 การอภิปราย การขยายปัญหาที่เป็นไปได้

3.5 การสำรวจศึกษาปัญหาจากการขยายปัญหา

ครูสามารถใช้สมุดงานเหล่านี้ในการประเมินความก้าวหน้าในการแก้ปัญหาของนักเรียนและวิเคราะห์ความก้าวหน้าในภาพรวมเมื่อสิ้นภาคเรียนและสิ้นปีการศึกษา

4. การประเมินผลการรายงาน

เทคนิคที่เกี่ยวกับการเขียนรายงาน หรือการบันทึกประสบการณ์การแก้ปัญหา ที่ทำให้นักเรียนคิดย้อนกลับหวนนึกคิดถึง คือ การถามนักเรียนให้คิดย้อนทวนอธิบายวิธีการที่ใช้แก้ปัญหาทิศทางหรือตัวอย่างของคำถามทั่วไป เช่น “จงบอกแนวความคิดและอธิบายวิธีการใช้ในการแก้ปัญหา” เน้นสิ่งที่มีประโยชน์ในการช่วยให้นักเรียนได้เริ่มต้นรายงาน ครูสามารถใช้คำถามต่อไปเพื่อช่วยนักเรียนมองย้อนกลับ และอธิบายการคิดของนักเรียนขณะที่แก้ปัญหา นักเรียนทำอะไร เมื่อแรกพบปัญหานักเรียนคิดถึงอะไร นักเรียนใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาเลยหรือไม่ ใช้ยุทธวิธีใด ผลเป็นอย่างไร มีอะไรเกิดขึ้นบ้าง ยุทธวิธีนี้สามารถใช้แก้ปัญหาได้หรือไม่ ถ้าแก้ปัญหาไม่สำเร็จ นักเรียนพยายามหายุทธวิธีอื่นมาลองใช้อีกหรือไม่ ผลเป็นอย่างไร นักเรียนหาคำตอบของปัญหาได้หรือไม่ นักเรียนรู้สึกอย่างไร นักเรียนตรวจสอบคำตอบหรือไม่ ลองใช้วิธีอื่นบ้างหรือไม่ นักเรียนแน่ใจไหมว่าคำตอบที่หาได้ถูกต้อง

5. การประเมินแฟ้มผลงาน

แฟ้มผลงานเป็นการรวบรวมผลงานที่ดีที่สุดของนักเรียนอย่างเป็นระบบ แฟ้มงานเปิดโอกาสให้นักเรียนมีเวลาในการคิดที่จะพัฒนางาน จัดแสดงผลงานให้ดีขึ้น แฟ้มผลงานเป็นการบันทึกความก้าวหน้าของการเรียนรู้ตลอดเวลาอย่างต่อเนื่องในระยะยาว ซึ่งบรรจุวิธีการและคำตอบของกิจกรรมการแก้ปัญหของนักเรียนไว้ การได้สัมผัสผลงานนักเรียน เป็นสิ่งสร้างสรรค์ที่ดีที่สุดหรือเป็นตัวชี้ที่ดีที่สุด เกิดความชัดเจนในกระบวนการแก้ปัญหของนักเรียน

6. การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหจากงานเขียน

การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหจากงานเขียนเป็นการประเมินความสามารถในการเขียนแสดงการแก้ปัญหของนักเรียน ซึ่งนับว่าเป็นสาระสำคัญที่เป็นตัวบ่งชี้ความสามารถ และกระบวนการคิดแก้ปัญหของนักเรียน

7. การประเมินพฤติกรรมการคิดแก้ปัญหา

การประเมินพฤติกรรมการคิดแก้ปัญหา สามารถทำให้ค้นหาพฤติกรรมการคิดได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้เข้าใจถึงสิ่งที่นักเรียนทำ และวิธีการที่นักเรียนสร้างและนำมาใช้แก้ปัญหา การประเมินควรได้จากกิจกรรมที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน โดยครูเข้าไปมีส่วนร่วมกับการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนอย่างใกล้ชิด ครูสามารถใช้ข้อสังเกตนี้ในการประเมินกิจกรรมการเรียนรู้และนำไปปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต่อไป

การกระทำหรือการตอบสนองต่อปัญหาปลายเปิดของนักเรียนมักจะมี ความหลากหลายจึงเป็นเรื่องยากสำหรับครูในการประเมินและนำผลการประเมินไปใช้ ดังนั้น การปรับปรุงการประเมินกิจกรรมของนักเรียน ครูควรสร้างตารางเพื่อบันทึกผลการตอบสนองของนักเรียน จำแนกประเด็นจัดเรียงลำดับสาระทางคณิตศาสตร์ โดยบันทึกผลการตอบสนองของนักเรียน ระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมในบทเรียนลงในตาราง และให้ความสำคัญกับการประเมินพฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียนเกี่ยวกับ (1) ความคิดแล้วคล่อง พิจารณาจากจำนวนคำตอบที่นักเรียนแต่ละคนหรือกลุ่มสร้างหรือหาได้ (2) การคิดยืดหยุ่น พิจารณาจากจำนวนความแตกต่างและความหลากหลายในแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่นักเรียนค้นพบ และนำมาใช้แก้ปัญหา (3) คิดริเริ่ม พิจารณาจากการเป็นต้นแบบของการคิด การมีแนวคิดที่เป็นของตนเอง และการพัฒนาแนวคิดที่ได้เรียนรู้มาแสดงถึงความเป็นผู้ริเริ่มหรือเป็นต้นแบบของการคิด (4) ความสง่างามในการคิด การสื่อความคิดในการแก้ปัญหาพิจารณาจากการแสดงแนวคิด วิธีทำในการแก้ปัญหของนักเรียนที่สามารถสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจถึงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้แก้ปัญหา การกำหนดเกณฑ์การประเมินพฤติกรรมการคิดแก้ปัญหา ทำได้โดยกำหนดเป็นระดับชั้น เช่น ดีมาก ดี พอใช้ และต้องแก้ไข

การวัดประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยการประเมินตามสภาพจริง ประมวลจากแนวคิดของนักวิชาการ (ชานนท์ จันทรา 2554 : 14 – 63 ; สิริพร ทิพย์คง 2546 : 7 – 8) สรุปได้ดังนี้

การประเมินตามสภาพจริงเป็นการประเมินผลงานจากหลักฐาน ร่องรอย หรือผลที่ได้จากการเรียนรู้ ผลการปฏิบัติที่ผู้สอนมอบหมายงานหรือกิจกรรมซึ่งให้ผู้เรียนทำตามที่กำหนดหรือเลือกทำตามความสนใจ ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การสังเกต การบันทึก การทดลอง การทำแฟ้มสะสมงาน การจัดนิทรรศการ การทำงานกลุ่ม การนำเสนอผลงาน การทำโครงการ การทำแบบฝึกหัด การทำแฟ้มสะสมงาน การรวบรวมข้อมูลจากผลงานหรือกิจกรรมที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แสดงถึงสมรรถภาพของผู้เรียนที่ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ความคิด ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะที่สำคัญดังนี้

1. งานที่ให้ผู้เรียนปฏิบัติต้องเป็นงานที่มีความหมาย (meaningful task)

สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน เป็นเหตุการณ์จริงมากกว่ากิจกรรมที่จำลองขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบที่สามารถใช้วัดทั้งความรู้ และความสามารถของผู้เรียน ได้

2. ทางเลือกในการดำเนินงานหรือการแก้ปัญหาหลายวิธี และเป็นงานที่ผู้เรียนได้มีโอกาสปฏิบัติมากกว่าการท่องจำ การบรรยาย การอธิบาย หรือการสาธิต โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์หรือหลักวิชาการต่าง ๆ และได้รับคำแนะนำหรือข้อมูลป้อนกลับจากผู้สอน เพื่อนำมาใช้แก้ไขปรับปรุงผลงาน

3. เป็นการประเมินรอบด้านด้วยวิธีการที่หลากหลาย (multiple assessment) ในสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง ทั้งด้านความรู้ ความสามารถ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยใช้เครื่องมือที่เหมาะสมสอดคล้องกับวิธีการเรียนรู้ และพัฒนาการของผู้เรียน เน้นให้ผู้เรียนตอบสนองด้วยการปฏิบัติ แสดงความคิดสร้างสรรค์ ผลิต หรือทำงานมากกว่าการประเมินความรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลายและเหมาะสม

4. เงื่อนไขหรือสถานการณ์ของปัญหาควรเป็นปลายเปิด เป็นงานที่ซับซ้อน (complex task) และใช้การคิดขั้นสูง (higher – order thinking) ที่ผู้เรียนต้องใช้ความรู้ความสามารถ และทักษะในการปฏิบัติงานหรือผลิตผลงานขึ้นมาเป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นผลงานที่เกิดจากการคิด วิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประเมินทางเลือก การลงมือกระทำ ตลอดจนการใช้ทักษะการแก้ปัญหา เมื่อพบปัญหาที่เกิดขึ้น

5. เป็นการประเมินความสามารถของผู้เรียน เพื่อวินิจฉัยผู้เรียนในส่วนที่ควรส่งเสริม และส่วนที่ควรแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองอย่างเต็มศักยภาพตามความสามารถ ความสนใจ และความต้องการของแต่ละบุคคล เป็นการประเมินที่เปิดเผย และยังใช้เป็นข้อมูลสำหรับสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการจัดการเรียนรู้ และการวางแผนการสอนของผู้สอนว่าสามารถตอบสนองความสามารถ ความสนใจ และความต้องการของผู้เรียนแต่ละบุคคลได้หรือไม่

6. มีการถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่ชีวิตจริง (transfer into life) โดยปัญหาหรือสถานการณ์ที่ใช้เป็นสื่อเร้าให้ผู้เรียนได้ตอบสนองและปฏิบัติ ต้องเป็นปัญหาที่มีความสอดคล้องกับชีวิตจริง และชีวิตประจำวันของผู้เรียน ซึ่งมีการเชื่อมโยงความรู้ในแต่ละสาระทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

7. งานและกิจกรรมที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัติต้องมีขอบเขตและวิธีการในการปฏิบัติที่ชัดเจน (clear tasks) สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายหรือความคาดหวังที่ต้องการให้เกิดพฤติกรรมดังกล่าวขึ้น

8. มีปฏิสัมพันธ์ทางบวก (positive interaction) ผู้เรียนต้องไม่รู้สึกเครียด อึดอัด หรือเบื่อหน่ายการประเมินผล ครู ผู้ปกครอง และผู้เรียนต้องเกิดความร่วมมือที่ดีต่อกันในการประเมินผล และใช้ผลการประเมินเพื่อแก้ไขปรับปรุงการเรียนรู้ของผู้เรียน

9. มีการสะท้อนตนเอง (self reflections) โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดง ความรู้สึก ความคิดเห็นหรือเหตุผลที่มีต่อการปฏิบัติ การแสดงออก การกระทำ หรือผลงานของตนเองว่าทำไม่ถึงปฏิบัติ – ไม่ปฏิบัติ ทำไม่ถึงชอบ – ไม่ชอบ ซึ่งเป็นการประเมินผลที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียน ได้มีส่วนร่วมในการประเมินผลงานทั้งของตนเอง และของเพื่อนในชั้นเรียน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียน ได้รู้จักตนเอง มีความเชื่อมั่นในตนเอง และสามารถพัฒนาตนเองได้

10. ผลผลิต/ผลงานมีคุณภาพ (quality products) เนื่องจากผู้เรียนมีโอกาสได้ ประเมินตนเองตลอดเวลา และนำผลที่ได้จากการประเมิน ไปใช้แก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นของ ตนเอง จนกระทั่งได้ผลงานที่มีคุณภาพ นอกจากนี้ การทำให้ผลงานมีคุณภาพนั้นจำเป็นต้องมี มาตรฐานหรือตัวชี้วัดความสำเร็จของงานที่เกิดจากการกำหนดร่วมกันระหว่างครู ผู้เรียน และอาจ รวมถึงผู้ปกครองด้วยโดยที่มาตรฐานหรือตัวชี้วัดความสำเร็จดังกล่าวจะเป็นสิ่งที่ช่วยบ่งบอกว่า ผลงานของผู้เรียนมีคุณภาพอยู่ในระดับใด

11. มีการบูรณาการความรู้ (integration of knowledge) ในการทำงานที่กำหนด โดยงานที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัตินั้น ควรเป็นงานที่ต้องใช้ความรู้ ความสามารถ และทักษะที่เกิด จากการเรียนรู้ในวิชาต่าง ๆ มาใช้ในการปฏิบัติงานหรือแก้ปัญหาที่พบ ซึ่งสอดคล้องกับชีวิตประจำวัน ที่ว่างานแต่ละงานหรือปัญหาแต่ละปัญหานั้นต้องใช้ความรู้ ความสามารถ และทักษะหลายอย่างมา ช่วยในการทำงานหรือแก้ปัญหา

การประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนนั้นเป็น การประเมินจากความสามารถในการแสดงออกตามขั้นตอนของการแก้ปัญหา ควรทำการประเมินผล อย่างเป็นระบบ และต่อเนื่อง วิธีการประเมินผลอาจใช้การสังเกตและใช้คำถามควบคู่ไปกับกระบวนการ เรียนการสอนดูแลการแก้ปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคล เป็นกลุ่มขนาดเล็กหรือการอภิปรายทั้งชั้น เรียนนอกจากนี้ยังสามารถใช้วิธีการอื่น ได้อีก เช่น การฟังนักเรียนแลกเปลี่ยนแนวคิดกันเกี่ยวกับ กระบวนการแก้ปัญหา การวิเคราะห์จากแบบทดสอบที่มีลักษณะคำถามแบบเจาะลึกแนวคิด ยุทธวิธีและกระบวนการแก้ปัญหาของผู้เรียน การเขียนอนุทิน แบบประเมินการแก้ปัญหาเป็นต้น วิธีการ และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในด้านทักษะ และการบวนการนั้นอาจแบ่งได้ ดังนี้

1. การประเมินผลด้วยการสื่อสารส่วนบุคคล อาจใช้วิธีการ และเครื่องมือวัด เช่น
 - บันทึกการอภิปรายในชั้นเรียน

- บันทึกการสนทนาพบปะพูดคุยกับผู้เรียน
 - บันทึกการสนทนาพบปะพูดคุยกับผู้ที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียน
 - บันทึกเหตุการณ์ของผู้เรียน
 - แบบบันทึกพฤติกรรม
 - แบบรายงานสรุปผลการเรียนรู้ของผู้เรียน
 - อนุทิน
 - บันทึกหรือแบบประเมินผลการทำแบบฝึกหัด/การบ้าน พร้อมให้ข้อมูล
ป้อนกลับ
2. การประเมินผลด้วยแบบทดสอบ อาจใช้เครื่องมือวัดที่ประกอบด้วย
- แบบทดสอบประเภทเลือกตอบ
 - แบบทดสอบประเภทเขียนตอบ/แสดงวิธีทำ
3. การประเมินจากการปฏิบัติการประเมินตามสภาพจริงและการประเมินด้วย
แฟ้มสะสม อาจใช้เครื่องมือวัด เช่น
- บันทึกการสังเกต
 - แบบสังเกต (แบบตรวจสอบรายการ/แบบมาตราประมาณค่า)
 - แบบประเมินผลงาน
 - แบบประเมินกระบวนการ
 - แบบบันทึกการสัมภาษณ์
 - แบบสอบถาม
 - แบบประเมินแฟ้มสะสมงาน
 - มีแต่คำตอบที่ไม่ถูกต้องและไม่มีการกระทำอย่างอื่น

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า การพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหาของ
นักเรียนเราพิจารณาได้จากการสังเกต การสัมภาษณ์ การประเมินแบบฝึกทักษะ ใบงาน และ
แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา
แบบพิจารณาองค์รวม (Holistic scoring) เป็นการให้คะแนนที่ประเมินผลงานของผู้เรียน โดยการกำหนด
ระดับคะแนนพร้อมบรรยายละเอียดของผลงานหรือพฤติกรรมของผู้เรียนที่ควรมี เป็นภาพรวม
ของการทำงานทั้งหมด (อนุก พุทธิเดช 2548 : 75) เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา
แบบพิจารณาองค์รวม ดังนี้

- ให้ 4 คะแนน เมื่อ
- ใช้วิธีการที่ถูกต้องเหมาะสม และได้คำตอบที่ถูกต้อง
 - ใช้วิธีการที่ถูกต้องเหมาะสม แต่มีข้อผิดพลาดจากการลอกใจทย์

- หรือการคำนวณซึ่งไม่ได้แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดความเข้าใจ
ปัญหาผิดหรือใช้วิธีการแก้ปัญหาที่ผิดพลาด
- ให้ 3 คะแนน เมื่อ
- ใช้วิธีการที่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง แต่คำตอบที่ได้ผิด เนื่องจากเข้าใจปัญหาผิดบางส่วน หรือละเลยข้อมูลบางอย่าง
 - มีวิธีการหาคำตอบที่ถูกต้อง แต่คำตอบของปัญหาหรือตอบคำถามไม่ถูกต้องสมบูรณ์
 - มีคำตอบและปรากฏหลักฐานว่ามีการใช้วิธีการที่ถูกต้องเหมาะสม แต่การแก้ปัญหาบางส่วนยังขาดความสมบูรณ์
- ให้ 2 คะแนน เมื่อ
- ใช้วิธีการที่ไม่เหมาะสม แต่มีการแก้ปัญหาจนเสร็จและแก้ปัญหาที่ไม่ถูกต้อง แต่มีการแก้ปัญหาที่แสดงให้เห็นว่ามีความเข้าใจ
 - ใช้วิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง แต่ไม่สามารถดำเนินการตามวิธีการมากพอที่จะได้มาซึ่งคำตอบหรือเลือกใช้วิธีที่ถูกต้องแต่มีความผิดพลาดในการใช้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง
 - ปรากฏคำตอบที่ถูกต้องแต่งานที่เขียนไม่รู้เรื่องหรือมีแต่คำตอบที่ถูกต้อง
- ให้ 1 คะแนน เมื่อ
- มีการเริ่มต้นที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจบางส่วนแต่วิธีการใช้ไม่ถูกต้อง และไม่ได้ลงมือแก้ปัญหาจนสิ้นสุด
 - มีการเริ่มต้นการแก้ปัญหาด้วยวิธีที่ไม่เหมาะสมจึงไม่ประสบความสำเร็จ และไม่ปรากฏร่องรอยว่าได้พยายามเปลี่ยนแปลงหรือหาวิธีใหม่
- ให้ 0 คะแนน เมื่อ
- วางเปล่าหรือมีการลอกข้อมูลจากโจทย์บางส่วนแต่ไม่ได้นำข้อมูลมาทำอะไรหรือไม่ได้แสดงให้เห็นว่านักเรียนความเข้าใจปัญหา

5. เนื้อหาเกี่ยวกับพาราโบลาและวงรี

ผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาพาราโบลาเป็น 6 หน่วย เพื่อนำมาสร้างเป็นแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องพาราโบลา จำนวน 6 แผนการเรียนรู้ และใช้เวลาสอน 11 คาบ คาบละ 50 นาที

ตารางที่ 2. 2 โครงสร้างเนื้อหาสาระการเรียนรู้เรื่อง พาราโบลา

เนื้อหาสาระการเรียนรู้ เรื่องพาราโบลา	เวลา
1.บทนิยามเชิงเรขาคณิตของพาราโบลา	ใช้เวลาสอน 1 คาบ
2. สมการรูปแบบมาตรฐานของพาราโบลามีจุดยอดที่ $(0, 0)$ แกน X เป็นแกนสมมาตร	ใช้เวลาสอน 2 คาบ
3. สมการรูปแบบมาตรฐานของพาราโบลามีจุดยอดที่ $(0, 0)$ มี Y เป็น แกนสมมาตรใช้	ใช้เวลาสอน 2 คาบ
4. สมการรูปแบบมาตรฐานของพาราโบลามีจุดยอดที่ (h, k) แกนสมมาตรขนานกับแกน X	ใช้เวลาสอน 2 คาบ
5.สมการรูปแบบมาตรฐานของพาราโบลามีจุดยอดที่ (h, k) แกนสมมาตรขนานกับแกน Y	ใช้เวลาสอน 2 คาบ
6. การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับพาราโบลา	ใช้เวลาสอน 2 คาบ
รวม	11 คาบ

ผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาวงรี เป็น 6 หน่วย เพื่อนำมาสร้างเป็นแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องวงรี จำนวน 6 แผนการเรียนรู้ และใช้เวลาสอน 11 คาบ คาบละ 50 นาที

ตารางที่ 2. 3 โครงสร้างเนื้อหาสาระการเรียนรู้เรื่อง วงรี

เนื้อหาสาระการเรียนรู้ เรื่องวงรี	เวลา
1.บทนิยามเชิงเรขาคณิตของวงรี	ใช้เวลาสอน 1 คาบ
2.วงรีมีจุดศูนย์กลางที่จุด $(0, 0)$ แกนเอกตามแกน X	ใช้เวลาสอน 2 คาบ
3. วงรีมีจุดศูนย์กลางที่จุด $(0, 0)$ แกนเอกตามแกน Y	ใช้เวลาสอน 2 คาบ
4.วงรีมีจุดศูนย์กลางที่จุด (h, k) แกนเอกขนานกับแกน X	ใช้เวลาสอน 2 คาบ
5.วงรีมีจุดศูนย์กลางที่จุด (h, k) แกนเอกขนานกับแกน Y	ใช้เวลาสอน 2 คาบ
6. การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับวงรี	ใช้เวลาสอน 2 คาบ
รวม	11 คาบ

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

6.1.1 งานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

หาความรู้

ผู้วิจัยได้ศึกษารายงานวิจัยจำนวน 7 เรื่อง ได้แก่ สิริกุล อินพานิช (2550) ธนปัทม์ ปัทมโกมล (2554) พิมสิริ แก้วศรีหา (2554) พิชิต ทองลั่น (2554) ประภัสสร แก้วพิลา รมย์ (2554) พิเชษฐ์ โพนสิน (2554) ศิริภรณ์ ตันนะลา (2554) สังเขปสาระรวม 5 ประเด็น ดังต่อไปนี้

ในประเด็นวัตถุประสงค์การวิจัย งานวิจัยจำนวน 6 เรื่อง มีวัตถุประสงค์ สอดคล้องกัน ได้แก่งานวิจัยของ สิริกุล อินพานิช (2550) พิมสิริ แก้วศรีหา (2554) พิชิต ทองลั่น (2554) ประภัสสร แก้วพิลา รมย์ (2554) พิเชษฐ์ โพนสิน (2554) ศิริภรณ์ ตันนะลา (2554) คือ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีวัตถุประสงค์ที่สอดคล้องกัน จำนวน 3 เรื่อง คือ เพื่อพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ได้แก่ พิชิต ทองลั่น (2554) เพื่อพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ที่เน้นทักษะการคิดวิเคราะห์ ศิริภรณ์ ตันนะลา (2554) เพื่อพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พิเชษฐ์ โพนสิน (2554) เพื่อพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และเพื่อศึกษากระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน โดยให้ผู้เรียนมีคะแนนเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหา ส่วนงานวิจัยของ ธนปัทม์ ปัทมโกมล (2554) มีวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ระหว่างกลุ่มที่เรียน โดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ กับกลุ่มที่เรียน โดยวิธีการสอนแบบปกติ และเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ระหว่างกลุ่มที่เรียน โดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ กับกลุ่มที่เรียน โดยวิธีการสอนแบบปกติ ประเด็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย งานวิจัยทุกเรื่องใช้แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมือวิจัย มีข้อแตกต่างในการใช้เครื่องมือวิจัย ที่เหลือคือในงานวิจัยของ พิมสิริ แก้วศรีหา (2554) ใช้แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์

ส่วนงานวิจัยอีก 3 เรื่อง คือ พิษิต ทองลั่น (2554) พิเชษฐ์ โพนสิน (2554) ศิริภรณ์ ต้นนะลา (2554) ใช้เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและสะท้อนผลการปฏิบัติ ได้แก่ แบบบันทึก การสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้และแบบทดสอบท้ายวงจร สำหรับรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้จะแตกต่างกันไปตามเรื่องที่ศึกษาดังนี้ งานวิจัยของ สิริกุล อินพานิช (2550) ศึกษาเรื่องความน่าจะเป็น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 11 แผน 19 ชั่วโมง ธนปัทม์ ปัทมโกมล (2554) ศึกษาเรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 แผน จำนวน 12 คาบ พิมสิริ แก้วศรีหา (2554) ศึกษาเรื่องความน่าจะเป็น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 แผน พิษิต ทองลั่น (2554) ศึกษาเรื่องการแปลงทางเรขาคณิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 12 แผน ประภัสสร แก้วพิลารมย์ (2554) ศึกษาเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 10 แผน จำนวน 10 ชั่วโมง พิเชษฐ์ โพนสิน (2554) ศึกษาเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 12 แผน ศิริภรณ์ ต้นนะลา (2554) ศึกษาเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 9 แผน

ในประเด็นแบบการวิจัย พบว่า งานวิจัยทุกเรื่องเป็นแบบกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มเดียวได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม มีการวัดก่อนและหลังการทดลอง มีส่วนแตกต่างกัน ในเรื่องขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้ สิริกุล อินพานิช (2550) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 34 คน ธนปัทม์ ปัทมโกมล (2554) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 40 คน พิมสิริ แก้วศรีหา (2554) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 41 คน พิษิต ทองลั่น (2554) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 24 คน ประภัสสร แก้วพิลารมย์ (2554) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 25 คน พิเชษฐ์ โพนสิน (2554) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 42 คน ศิริภรณ์ ต้นนะลา (2554) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 23 คน

ในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูล งานวิจัยทั้งเจ็ดเรื่องใช้ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ส่วนที่แตกต่างกัน คือ งานวิจัยของ สิริกุล อินพานิช (2550) คือ ใช้การทดสอบสมมติฐาน F-test (One way ANCOVA) และ ธนปัทม์ ปัทมโกมล (2554) คือ ใช้การทดสอบค่าที่เป็นสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประเด็นสุดท้ายคือผลการวิจัย งานวิจัยทุกเรื่องได้ผลการวิจัยสอดคล้องกัน งานวิจัยของ สิริกุล อินพานิช (2550) พบว่า 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามปกติ มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 75.58/78.10 และ 71.13/75.22 ตามลำดับซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ 70/70 ที่ตั้งไว้ 2) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามปกติ มีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.6972 และ 0.6708 แสดงว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 69.72 และ 67.08 ตามลำดับ 3) ผู้เรียนที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่าผู้เรียนที่เรียน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 ธนปต์ย์ ปัทมโกมล (2554) พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยการจัดการเรียนรู้แบบ 5E สูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการสอนโดยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 2) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนแบบ 5E สูงกว่ากลุ่มผู้เรียนที่ได้รับการสอนโดยการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 พิมสิริ แก้วศรีหา (2554) พบว่า 1) การศึกษาทักษะการคิดวิเคราะห์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) พบว่า ผู้เรียนจำนวนร้อยละ 80.50 ได้คะแนนพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป 2) การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) พบว่า ผู้เรียนจำนวน ร้อยละ 90.24 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตั้งแต่ ร้อยละ 70 ขึ้นไป พิชิต ทองลั่น (2554) พบว่า 1) การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ที่เน้นทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่องการแปลงทางเรขาคณิต และใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นเครื่องมือประกอบการเรียนรู้ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมและสำรวจค้นหาความรู้ด้วยตนเอง ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดวิเคราะห์ และสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง 2) ผู้เรียนได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 85.00 และมีจำนวนผู้เรียนที่ผ่านเกณฑ์ 20 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 ของผู้เรียนทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ให้มีจำนวนผู้เรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป 3) ผู้เรียนได้คะแนนทักษะการคิดวิเคราะห์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 91.50 และมีจำนวนผู้เรียนที่ผ่านเกณฑ์ 20 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 ของผู้เรียนทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ให้มีจำนวนผู้เรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป ประภัสสร แก้วพิลารมย์ (2554) พบว่า 1) ผู้เรียนมีคะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 73.66 โดยมีผู้เรียน จำนวนร้อยละ 76.00 ได้คะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับร้อยละ 71.40 และมีผู้เรียนร้อยละ 72.00 ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป พิเชษฐ โพนสิน (2554) พบว่า 1) การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคognition ในการแก้ปัญหา

ทางคณิตศาสตร์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้วิธีการสอนแบบ 5Es สำหรับผู้เรียน
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ (1) ขั้นสร้างความสนใจ (2) ขั้นสำรวจและค้นหา
 (3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (4) ขั้นขยายความรู้ (5) ขั้นประเมิน 2) ผู้เรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนน
 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 76.32 และมีจำนวนผู้เรียนผ่านเกณฑ์ 32 คน
 คิดเป็นร้อยละ 76.19 ของจำนวนผู้เรียนทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 3) ผู้เรียนมีคะแนน
 เมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหา ดังนี้ ขั้นที่ 1 การเข้าสู่ปัญหา ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ
 80.56 ขั้นที่ 2 การกำหนดโครงสร้างในการแก้ปัญหา ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 72.14 ขั้นที่
 4 การประเมินผล ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 86.19 ขั้นที่ 5 สะท้อนผล ผู้เรียนมีคะแนน
 เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 70.71 ศิริภรณ์ ดันนะลา (2554) พบว่า 1) การพัฒนากิจกรรมการเรียนการ
 สอนโดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาในด้านการสังเกต การคิด
 แก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ การตั้งคำถาม การคิด การแสดงออกสามารถเชื่อมเป็นกระบวนการ
 เดียวกันได้ การแสดงความคิดเห็น การอภิปราย การลงข้อสรุป การนำเสนอข้อมูล การยอมรับฟังความ
 คิดเห็นของผู้อื่น 2) ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการประยุกต์ของสมการเชิง
 เส้นตัวแปรเดียว พบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 78.26
 ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 70 3) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์
 ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้รูปแบบการสืบเสาะหาความรู้
 (5Es) พบว่า ผู้เรียนที่ผ่านเกณฑ์มีทั้งหมด 17 คน คิดเป็นร้อยละ 73.91 ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 70

6.1.2 งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

หาความรู้

Hovermill (2003 : 2416A) ได้ศึกษาการเรียนแบบสืบสวน (สืบเสาะหา
 ความรู้) โดยใช้เทคโนโลยีในวิชาคณิตศาสตร์และสถิติด้วย ความเข้าใจโครงการพัฒนาอย่างมืออาชีพ
 การศึกษานี้ได้ให้ประโยชน์ หลักการทดลองในการพัฒนาครูที่จะสนับสนุนและตรวจสอบอย่างลึก
 ผลการศึกษาพบว่า เกิดตัวอย่างของความบกพร่อง การพัฒนาและการลดความยุ่งยากที่น่าเชื่อถือ
 เป็นแบบอย่างของการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เทคโนโลยีสนับสนุนในวิชาคณิตศาสตร์
 ช่วยทำให้นักเรียนได้ความคิดรวบยอดในการเรียนรู้ซึ่งสามารถบูรณาการเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้
 อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งได้แสดงให้เห็นจุดสำคัญจากกรอบแนวความคิดรวบยอดในการเรียนรู้เข้า
 กับสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ การปฏิบัติที่เป็นแบบอย่างได้เกิดขึ้นในครูที่สอนแบบสืบเสาะ
 สิ่งนี้สามารถบอกได้ว่า การพัฒนาการสอนแบบมืออาชีพ สืบเนื่องมาจากการสอนแบบสืบเสาะ
 หาความรู้ ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ ฝึกปฏิบัติได้ เพื่อความสำเร็จโดยการใช้วิธีสอนแบบนี้

แคมปอส (Campos. 2005 : 4406) ได้ทำการค้นพบทฤษฎีความน่าจะเป็นทางคณิตศาสตร์ : ธรรมเนียมศึกษาในศาสตร์ของการสืบเสาะเชิงคณิตศาสตร์ ได้ศึกษาว่า ในการจัดกิจกรรมการสืบเสาะของนักคณิตศาสตร์ และการค้นพบงานวิจัยทางคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง เป็นการสอนให้นักเรียนค้นพบและอธิบายเงื่อนไขที่จำเป็นเพื่อนำไปสู่การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์บนพื้นฐานของหลักปรัชญาของ Charles Sanders Peirce (1839 – 1914) ผู้วิจัยได้เสนอความเห็นว่ามีศาสตร์ของการสืบเสาะทางคณิตศาสตร์และเขาได้อธิบายรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะ ผู้วิจัยมีความเห็นขัดแย้งว่า แม้ว่าจะไม่ถูกต้องที่จะนำพาไปสู่การค้นพบและการสืบเสาะที่ประสบผลสำเร็จด้วยความแน่นอนที่สมบูรณ์ หลักปรัชญาของ Peirce ได้ให้แนวทางเพื่ออธิบาย

1. เงื่อนไขสำหรับความน่าจะเป็นของการค้นพบทางคณิตศาสตร์
2. ระเบียบวิธีที่แท้จริงของการสืบเสาะในวิชาคณิตศาสตร์และเทคนิคต่าง ๆ

ที่เกี่ยวข้อง

3. รูปแบบของศาสตร์ในการให้เหตุผลที่เป็นตัวรับประกันการใช้ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ในการศึกษาปัญหาวิทยาศาสตร์ในธรรมชาติ มีข้อเสนอแนะไว้ดังนี้

3.1 ผู้วิจัยยกปัญหาในประเด็นบทบาทของปัญหาการค้นพบและอธิบายเงื่อนไขที่จำเป็นเพื่อนำไปสู่การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

3.2 ผู้วิจัยมีความคิดเห็นขัดแย้งว่า การตั้งสมมติฐานของการทดลองในกระบวนการวิชาของการแก้ปัญหาเชิงวิเคราะห์ ไม่หักล้างจากสัญพจน์ เป็นระเบียบวิธีที่แท้จริงของการวิจัยทางคณิตศาสตร์

3.3 ผู้วิจัยมีข้อโต้แย้งว่าการขยายความและอุปมาอุปมัย สามารถรับประกันการใช้ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ ในการศึกษาปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริง การค้นพบและการพัฒนาความน่าจะเป็นทางคณิตศาสตร์ การบรรลุจุดหมายสูงสุดของการคาดเดาของ Jacob Bernoulli เหมาะสำหรับการศึกษารายกรณีที่จะทดสอบศาสตร์ของการสืบเสาะทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้กล่าวถึงสิ่งที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับศาสตร์ของการสืบเสาะสำหรับปรัชญาการศึกษาด้านคณิตศาสตร์

Jaworski (2006 : 187-211) ได้ศึกษาทฤษฎีและวิธีปฏิบัติในการพัฒนาวิธีสอนคณิตศาสตร์ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีสอนที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ การพัฒนาวิธีทฤษฎีการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ โดยการสำรวจแนวความคิด การใช้เทคนิควิธีสอนแบบใช้แบบฝึกหัด และการสอนคณิตศาสตร์โดยการสืบเสาะหาความรู้ เทคนิคการสอนคณิตศาสตร์ต้องมีการพัฒนาโดยการสอนให้นักเรียนทำงานร่วมกันช่วยกันศึกษา การสอนทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันและมีความสัมพันธ์กัน ผู้วิจัยเห็นว่าเป้าหมายของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นแนวทาง

ที่มีความจำเป็น การนำวิธีการสอนแบบสืบเสาะมาเป็นเครื่องมือและใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสรุปความคิดที่สำคัญและพัฒนากระบวนการฝึก จะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหา มากยิ่งขึ้นและช่วยพัฒนาทฤษฎีต่อไป

6.2 งานวิจัยเกี่ยวกับโปรแกรม The Geometer's Sketchpad

ผู้วิจัยได้ศึกษารายงานวิจัยจำนวน 5 เรื่อง ได้แก่ เกษม สิทธิวงษ์ (2550)

นัยนา บุญสมร (2550) ประนอม นอบน้อม (2550) สุพิชฌาย์ วัฒนคุณสรณ์ (2552) สมจิตร บุญเทียม (2553) สังเขปสาระรวม 5 ประเด็น ดังต่อไปนี้

ในประเด็นวัตถุประสงค์การวิจัย งานวิจัยจำนวน 3 เรื่อง มีวัตถุประสงค์ สอดคล้องกัน ได้แก่งานวิจัยของ เกษม สิทธิวงษ์ (2550) ประนอม นอบน้อม (2550) สุพิชฌาย์ วัฒนคุณสรณ์ (2552) คือ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนและหลัง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้โปรแกรมเรขาคณิตพลวัต ส่วนงานวิจัยของนัยนา บุญสมร (2550) และงานวิจัยของสมจิตร บุญเทียม (2553) มีวัตถุประสงค์การวิจัยที่มีข้อแตกต่าง คือ งานวิจัยของนัยนา บุญสมร (2550) มีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์เรื่องฟังก์ชัน ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนโดยใช้สื่อ โปรแกรม The Geometer's Sketchpad และงานวิจัยของสมจิตร บุญเทียม (2553) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่องภาคตัดกรวย โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) หาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่องภาคตัดกรวย โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่เรียนด้วยกิจกรรม การจัดการเรียนรู้ เรื่องภาคตัดกรวย โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP)

ประเด็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย งานวิจัยทุกเรื่องใช้แผนการจัดการเรียนรู้และ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมือวิจัย มีข้อแตกต่างในการใช้เครื่องมือวิจัยที่ เหลือคือในงานวิจัยของ สมจิตร บุญเทียม (2553) ใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่องภาคตัดกรวย โดยใช้ โปรแกรมจีเอสพี (GSP) จำนวน 7 กิจกรรม และกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ปกติ จำนวน 7 กิจกรรม

ในประเด็นแบบการวิจัย พบว่า งานวิจัยจำนวน 4 เรื่อง เป็นแบบกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มเดียว คือ การสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) มีการวัดก่อน และหลังการทดลอง มีความแตกต่างกันในเรื่องขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้ เกษม สิทธิวงษ์ (2550) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20 คน นัยนา บุญสมร (2550) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 42 คน ประนอม นอบน้อม (2550) ขนาดกลุ่ม ตัวอย่าง 43 คน สุพิชฌาย์ วัฒนคุณสรณ์ (2552) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 90 คน และงานวิจัยของสมจิตร บุญเทียม (2553) เป็นแบบสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 54 คน

ในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูล งานวิจัยทั้ง 5 เรื่องใช้ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที เป็นสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประเด็นสุดท้ายคือผลการวิจัย งานวิจัยทุกเรื่องได้ผลการวิจัยสอดคล้องกัน งานวิจัยของเกษม สิทธิวงศ์ (2550) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนผาบึงกาฬวิทยา จังหวัดลำปาง หลังเรียนเรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต โดยใช้ซอฟต์แวร์สำรวจ เชิงคณิตศาสตร์ เรขาคณิตพลวัต สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 นัยนา บุญสมร (2550) พบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้สื่อโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 2) นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้สื่อ โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) และนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนตามปกติ มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ มีคะแนนจากแบบทดสอบ ด้วยรูปแบบหาด้านตรงข้ามลูกบาศก์ และจากแบบทดสอบด้วยรูปแบบหมุนภาพ ไม่แตกต่างกัน แต่นักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้สื่อ โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) มีคะแนน ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์จากแบบทดสอบด้วยรูปแบบซ้อนภาพสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธี สอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 3) นักเรียนที่เรียนด้วยการสอน โดยใช้สื่อ โปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) มีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ดีกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอน ตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ประนอม นอบน้อม (2550) พบว่า 1) นักเรียนมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเส้นขนานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม) อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สุพิชฌาย์ วัฒนคุณสรณ์ (2552) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนเรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติ โดยใช้โปรแกรมเรขาคณิตพลวัต สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สมจิตร บุญเทียม (2553) พบว่า 1) แผนการจัดการกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่องภาคตัดกรวย โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 72.62/74.88 2) ดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่องภาคตัดกรวย โดยใช้ โปรแกรมจีเอสพี (GSP) เท่ากับ 0.6629 แสดงว่านักศึกษามีความก้าวหน้าในการเรียน คิดเป็น ร้อยละ 66.29 3) นักศึกษาที่เรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่องภาคตัดกรวย โดยใช้ โปรแกรมจีเอสพี (GSP) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักศึกษที่เรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 4) นักศึกษาที่เรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ภาคตัดกรวย โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) กับนักศึกษที่เรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ปกติ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนไปแล้ว 2 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกัน 5) นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้

ด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เรื่องภาคตัดกรวย โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี (GSP) โดยรวม และเป็นรายด้านทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อการเรียนการสอน และด้านการวัดผล และประเมินผล อยู่ในระดับปานกลาง

6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถแก้ปัญหา

ผู้วิจัยได้ศึกษารายงานวิจัยจำนวน 5 เรื่อง ได้แก่ บุญชัย อารีเอื้อ (2551)

ดวงพร พุ่มเสนาะ (2551) เฉลิม บัวชัย (2552) โอบบุญ บูรพา (2553) เย็นฤดี กันทาสุวรรณ (2553) สังเขปสาระรวม 5 ประเด็น ดังต่อไปนี้

ในประเด็นวัตถุประสงค์การวิจัย งานวิจัยจำนวน 4 เรื่อง มีวัตถุประสงค์สอดคล้องกัน ได้แก่งานวิจัยของ ดวงพร พุ่มเสนาะ (2551) เฉลิม บัวชัย (2552) โอบบุญ บูรพา (2553) เย็นฤดี กันทาสุวรรณ (2553) คือ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังการเรียนรู้ โดยวิธีแก้ปัญหา ส่วนงานวิจัยของบุญชัย อารีเอื้อ (2551) และดวงพร พุ่มเสนาะ (2551) มีวัตถุประสงค์สอดคล้องกัน คือ เพื่อสร้างกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ใช้กระบวนการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และงานวิจัยของ บุญชัย อารีเอื้อ (2551) ดวงพร พุ่มเสนาะ (2551) เย็นฤดี กันทาสุวรรณ (2553) มีวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ประเด็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย งานวิจัยทุกเรื่องใช้แผนการจัดการเรียนรู้และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมือวิจัย มีข้อแตกต่างในการใช้เครื่องมือวิจัยที่เหลือคือในงานวิจัยของ บุญชัย อารีเอื้อ (2551) ดวงพร พุ่มเสนาะ (2551) ใช้แบบวัดเจตคติต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์

ในประเด็นแบบการวิจัย พบว่า งานวิจัยทุกเรื่องเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม มีการวัดก่อน และหลังการทดลอง มีส่วนแตกต่างกันในเรื่องขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้ บุญชัย อารีเอื้อ (2551) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 45 คน ดวงพร พุ่มเสนาะ (2551) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 44 คน เฉลิม บัวชัย (2552) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20 คน โอบบุญ บูรพา (2553) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20 คน เย็นฤดี กันทาสุวรรณ (2553) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 54 คน

ในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูล งานวิจัยทั้งห้าเรื่องใช้ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้การทดสอบค่าที่เป็นสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประเด็นสุดท้ายคือผลการวิจัย งานวิจัยทุกเรื่องได้ผลการวิจัยสอดคล้องกัน งานวิจัยของบุญชัย อารีเอื้อ (2551) พบว่า 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องเส้นขนานของนักเรียนหลังการทดลอง สูงกว่าก่อนการทดลอง 2) ความสามารถในการเชื่อมโยง

ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเรื่องเส้นขนานหลังการทดลอง สูงกว่าก่อนการทดลอง 3) นักเรียนมีเจตคติที่ดีกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ดวงพร พุ่มเสนาะ (2551) พบว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติ มีประสิทธิภาพของกิจกรรมด้านการแก้ปัญหา E_1/E_2 เป็น $94.58/53.13$ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติ คะแนนเต็ม 52 คะแนน ก่อนการทดลองได้ค่าเฉลี่ย 8.09 คะแนน และหลังการทดลองได้ค่าเฉลี่ย 27.71 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติ ด้วยค่าที่ พบว่า ผลการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3) เจตคติของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติ โดยรวมนักเรียนมีเจตคติต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในระดับดี เถลิง บัวชัย (2552) พบว่า 1) การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนเรื่อง ความเท่ากันทุกประการ โดยวิธีแก้ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ย 16.25 คะแนน คิดเป็นร้อยละของค่าเฉลี่ย เท่ากับ 54.17 และ 25.45 คะแนน คิดเป็นร้อยละของค่าเฉลี่ย 84.83 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 2) นักเรียนที่เรียนรู้โดยวิธีแก้ปัญหาสามารถทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงขึ้น 3) การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนเรื่องความเท่ากันทุกประการ โดยวิธีแก้ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยของคะแนนความก้าวหน้า 9.20 คะแนน และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.35 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โอบบบุญ บุรพา (2553) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัสโดยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิธีแก้ปัญหา สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เย็นฤดี กันทาสวรรณ (2553) พบว่า 1) กลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ สูงกว่ากลุ่มควบคุม 2) เจตคติของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีต่อกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของ โพลยา (Polya) เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในภาพรวมทั้งหมดนักเรียนมีเจตคติในทางบวกและอยู่ในระดับเห็นด้วย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด พบว่า การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนสูงขึ้น ทั้งยังช่วยเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนอีกด้วย ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะ

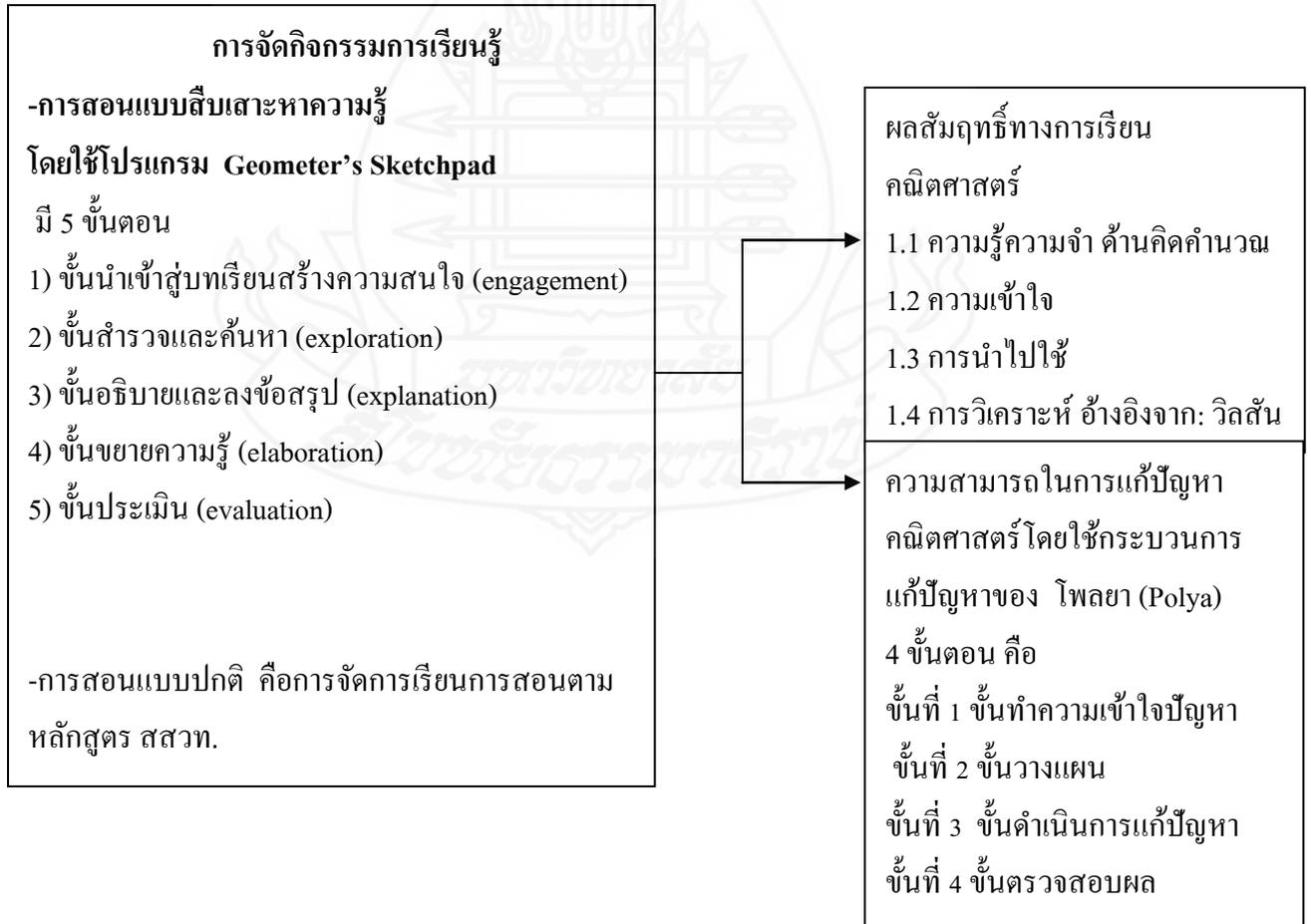
ศึกษาเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เรื่องพาราโบลาและวงรี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนศรีประจันต์ "เมธิประมุข" ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้กรอบแนวคิดและสมมติฐานวิจัยดังต่อไปนี้

กรอบแนวคิด

กรอบแนวคิดในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้โปรแกรม Geometer's Sketchpad ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยเปรียบเทียบผลการสอนระหว่างการสอนสองวิธี คือ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้โปรแกรม Geometer's Sketchpad และการสอนแบบปกติ ดังภาพต่อไปนี้

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม



จากผลการศึกษารายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด และกรอบแนวคิดในการวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้โปรแกรม Geometer's Sketchpad ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนคือ

- 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนสร้างความสนใจ (engagement) ทำให้ผู้เรียนสนใจใคร่รู้ ในกิจกรรมหรือสถานการณ์เพื่อกระตุ้น ชัยุ หรือท้าทายให้ผู้เรียนสงสัย อยากรู้ อยากเห็น โดยการตั้งคำถาม หรือสร้างสถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจ
- 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) ผู้เรียนดำเนินการสำรวจโดยใช้โปรแกรม Geometer's Sketchpad วัดขนาดหรือความยาว หรือวัดค่าต่าง ๆ ตรวจสอบ ตั้งข้อคาดเดา สังเกต วิเคราะห์สิ่งที่ค้นพบ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) ผู้เรียนนำข้อค้นพบ ที่ได้มาสรุปเป็น หลักการอธิบายความคิดรวบยอดจากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์ แปลผล และอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น โดยอ้างอิงความรู้ประกอบการให้เหตุผล
- 4) ขั้นขยายความรู้ (elaboration) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้การนำความรู้ที่สร้างขึ้น ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดให้กว้างขวางและ ลึกซึ้งขึ้น และเปิดโอกาสให้ผู้เรียน ได้ฝึกทักษะ หรือให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม
- 5) ขั้นประเมิน (evaluation) ผู้เรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบาย ความรู้ความเข้าใจและความสามารถของตนเอง และครูประเมินความรู้ความเข้าใจ และพัฒนาทักษะของ ผู้เรียนโดยตรวจสอบจาก การเขียนข้อสรุป การทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมและการทดสอบผู้วิจัยกำหนด สมมติฐานวิจัยว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้โปรแกรม Geometer's Sketchpad มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ สูงกว่าผู้เรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ