

การพัฒนาโน้ตทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ของนักเรียนชั้น
ประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele
ร่วมกับสื่ออุปกรณ์เสมือน

THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL CONCEPTS ON RECTANGLE FOR
PRATHOMSUKSA 4 STUDENTS USING VAN HIELE'S THEORY
AND VIRTUAL MANIPULATIVE*

อินทอร วันทัศน์, อาทร นกแก้ว

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Intu-on Wanthat, Artorn Nokkaew

Faculty of Education, Naresuan University, Thailand

E-mail: intoon@jb.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele ร่วมกับสื่ออุปกรณ์เสมือน เพื่อพัฒนาโน้ตทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และเพื่อศึกษาผลการพัฒนาโน้ตทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele ร่วมกับสื่ออุปกรณ์เสมือน ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4.7 ภาคการเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนประถมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง จำนวน 45 คน ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน จำนวน 3 วงจร ปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้และหลังจบการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

ผลการวิจัยพบว่า

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele ร่วมกับสื่ออุปกรณ์เสมือน เพื่อพัฒนาโน้ตทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีประเด็นที่ควรเน้น คือ การออกแบบการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นลำดับขั้น เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้มโนทัศน์อย่างค่อยเป็นค่อยไป เริ่มจากการมองภาพ สังเกตความสัมพันธ์ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ สรุปมโนทัศน์ และฝึกการนำมโนทัศน์ไปใช้
2. การวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ตามระดับการคิดทางเรขาคณิตของ Van Hiele หลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้และหลังจบการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถพัฒนาโน้ตทัศน์จากระดับ 0 ระดับ 1 ไปสู่ระดับ 2 จากการวัดมโนทัศน์หลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และสามารถพัฒนาไปสู่ระดับ 3 จากการวัดมโนทัศน์หลังจบการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้

คำสำคัญ: แนวคิดของ Van Hiele; สื่ออุปกรณ์เสมือน; มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

*ได้รับบทความ: 1 เมษายน 2566; แก้ไขบทความ: 2 กันยายน 2566; ตอรับตีพิมพ์: 30 กันยายน 2566

Abstract

The purposes of this research are to study the approach of learning management using virtual manipulatives according to the Van Hiele's theory to develop mathematical concepts of rectangle for prathomsuksa 4 students, and to study the results of the development of mathematical concepts on rectangular shapes of the prathomsuksa 4 students. The participants were forty-five prathomsuksa 4.7 students from a large elementary school in Phitsanulok, Thailand. Three-cycle classroom action research (CAR) was applied. Research tools of this study included lesson plans, instructional reflection forms, post-lesson conceptual test, and post-unit conceptual test. The data was analyzed using content analysis.

The research results were found that:

1. Guidelines for learning management using virtual manipulatives based on the concept of Van Hiele theory to develop mathematical concept of rectangles of prathomsuksa 4 students should emphasize the design of learning step for fostering the concept gradually, including visualizing, observation of relationships, explication, summarizing concepts and practice the concept.

2. Developing mathematical concepts based on Van Hiele's geometric thinking. After each lesson learning management and after three post-learning management. Most students can develop mathematical maneuvers from Level 0, Level 1 to Level 2 from measuring maneuvers after each lesson learning management, and can develop to level 3 from measuring maneuvers after three post-learning management.

Keywords: Van Hiele's Theory; Virtual Manipulatives; Mathematical Concepts

บทนำ

มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็นความรู้ที่สรุปได้จากการสังเกต การคิด การรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส และประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแสดงถึงความคิดและความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่่องแท้ที่จะทำให้ให้นักเรียน เรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเชื่อมโยงไปสู่การใช้งานของคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการเรียน เนื่องจากการเรียนรู้มโนทัศน์ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ ถึงระดับสูงได้ และยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้สิ่งที่เกี่ยวข้องได้รวดเร็วขึ้น (เวชฤทธิ์ อังกะนภทรขจร, 2552) ดังนั้น ถ้านักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์อย่างถูกต้อง จะทำให้นักเรียนเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ได้เป็นอย่างดี (อัมพร ม้าคนอง, 2557)

นักเรียนระดับประถมศึกษาจะเรียนรู้เรขาคณิตที่เป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นไป หากนักเรียนขาดมโนทัศน์พื้นฐานที่ถูกต้องนักเรียนจะไม่เข้าใจมโนทัศน์ในระดับสูงขึ้นได้ เช่น เมื่อขาดมโนทัศน์ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการหาพื้นที่ของรูปสองมิติ ก็จะไม่สามารถหาปริมาตรของรูปทรงเรขาคณิตสามมิติจากสูตรพื้นที่ฐานคูณสูงได้ และเรขาคณิตเป็นเนื้อหาที่ยากที่จะเข้าใจสำหรับนักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องเส้น

รอบรูปและพื้นที่ เพราะนักเรียนต้องเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรมกับนามธรรมเข้าด้วยกัน เช่น ต้องทราบว่าบริเวณภายในของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก คือ พื้นที่ และการหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก คือ ความกว้างคูณกับความยาว โดยข้อสรุปของความสัมพันธ์เหล่านี้คือมีนัยสำคัญในเรื่องพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่เกิดจากประสบการณ์การเรียนรู้ในห้องเรียน ซึ่งจากการศึกษาสภาพปัญหาเกี่ยวกับการเรียนการสอนเรขาคณิตในระดับประถมศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์โดยเฉพาะเรื่องเรขาคณิตจึงค่อนข้างต่ำ และปัญหาที่สำคัญที่พบ คือ คะแนนเฉลี่ยของผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินักเรียนขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2563 พบว่า สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 32.29 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยของผลสอบอยู่ในระดับที่ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ โดยมีข้อสอบที่อยู่ในสาระที่ 2 ทั้งหมด 7 ข้อ ซึ่งเป็นข้อที่ต้องใช้มีนัยสำคัญ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ในการหาคำตอบ จำนวน 4 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 57.14 เพื่อแก้ไขปัญหาการเรียนการสอน ช่วยให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น จึงต้องให้ความสำคัญกับการส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องเรขาคณิตตั้งแต่ระดับชั้นก่อนหน้า เพื่อสร้างพื้นฐานและความเข้าใจที่ถ่องแท้ และสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนการสอนเรขาคณิตในระดับชั้นที่สูงขึ้นได้

จากสภาพปัญหาที่พบในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้สังเกตในชั้นที่ทำการสอน พบว่า นักเรียนไม่สามารถบอกสมบัติ และแยกลักษณะของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากชนิดต่าง ๆ ได้ เนื่องจากไม่เข้าใจสมบัติและส่วนประกอบของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก และในการหาความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากนั้น นักเรียนจะท่องจำสูตรเพื่อนำมาใช้ โดยไม่เข้าใจถึงความสัมพันธ์หรือแยกลักษณะที่แตกต่างกันของความยาวรอบรูปและพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก จากปัญหาข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนประสบปัญหาเกี่ยวกับมีนัยสำคัญ เรื่อง ชนิดและสมบัติ ความยาวรอบรูป และพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ซึ่งอยู่ในสาระการวัดและเรขาคณิต จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนามโนทัศน์ดังกล่าว โดยสาเหตุหนึ่งอาจเกิดจากการที่นักเรียนขาดความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายหรือมีนัยสำคัญทางคณิตศาสตร์ ทำให้ไม่สามารถใช้ความรู้ที่มีอยู่เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์เพื่อหาผลลัพธ์ได้ (อัมพร ม้าคนอง, 2546) สอดคล้องกับผลการศึกษาค้นคว้าของการเรียนรู้เรื่องเรขาคณิตของ Machaba (2016) ที่พบว่า ผู้เรียนได้รับการสอนหรือเรียนรู้จากขั้นตอนหรือสูตรแทนการสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ และผู้เรียนขาดความเข้าใจเชิงแนวคิดเกี่ยวกับพื้นที่และความยาวรอบรูป เนื่องจากขาดประสบการณ์หรือความรู้เดิมไม่เพียงพอ

จากสาเหตุดังกล่าวครูจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สี่เหลี่ยมมุมฉาก โดยให้ความสำคัญกับกระบวนการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนบนพื้นฐานของความรู้ความสามารถ และประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ นักเรียนสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจที่ถ่องแท้ และนำความรู้เหล่านี้ ไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นพื้นฐานที่มั่นคงสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งการสอนคณิตศาสตร์ให้ประสบความสำเร็จนั้นควรจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้นักเรียนมองเห็นคุณค่าทางคณิตศาสตร์ ดังนี้ 1) ประสบการณ์การเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรม เป็นการเรียนรู้จากของจริงหรือวัตถุควบคู่ไปกับสัญลักษณ์ 2) ประสบการณ์การเรียนรู้ที่เป็นกึ่งรูปธรรม เป็นประสบการณ์ที่ให้นักเรียนได้รับสิ่งเร้าทางสายตา สังเกตหรือดูภาพควบคู่ไปกับสัญลักษณ์ 3) ประสบการณ์การเรียนรู้ที่เป็นนามธรรม เป็นประสบการณ์ที่นักเรียนได้รับโดยใช้สัญลักษณ์อย่างเดียว (ดวงเดือน อ่อนน้อม, 2533)

การจัดการเรียนรู้และระดับการคิดตามรูปแบบแวน ฮีลี (Van Hiele Model) เป็นทฤษฎีที่เกิดจากประสบการณ์การเป็นครูคณิตศาสตร์ของ Piere Van Hiele และ Dina Van Hiele-Geldof สามิและภรรยาชาวดัชต์ ซึ่งได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระดับการคิดทางเรขาคณิตและบทบาทของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อช่วยให้นักเรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรเรขาคณิต โดยลักษณะเด่นของรูปแบบแวน ฮีลี (Van Hiele Model) คือ นักเรียนต้องผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่ละขั้นจากสิ่งที่นักเรียนสังเกตเห็นจนไปสู่การพิสูจน์อย่างเป็นแบบแผนหรือจากรูปธรรมไปสู่นามธรรม โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele มี 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นการใช้คำถามเพื่อเข้าสู่บทเรียน 2) ขั้นการเรียนรู้สิ่งใหม่อย่างมีทิศทาง 3) ขั้นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น 4) ขั้นการเรียนรู้สิ่งใหม่อย่างอิสระ และ 5) ขั้นการสรุปรวม ซึ่งมีผู้สนใจนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียน และได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ดังงานวิจัยของสำเภา เนื่องมัจฉา (2553) และสมศักดิ์ ประเสริฐมานะกิจ (2556) ที่พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของแวน ฮีลี โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาระดับการคิดเชิงเรขาคณิตตามรูปแบบแวน ฮีลี และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น

เนื่องจากปัจจุบันสื่อเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์มากขึ้น ประกอบกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้นักเรียนไม่สามารถมาเรียนที่โรงเรียนได้ตามปกติ ซึ่งโรงเรียนมีนโยบายการจัดการเรียนรู้แบบคู่ขนาน คือ นักเรียนจะเรียนในรูปแบบ Online และ On-site ควบคู่กัน สื่ออุปกรณ์เสมือนจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดการเรียนรู้ภายใต้สถานการณ์ดังกล่าว เนื่องจากสื่ออุปกรณ์เสมือนเป็นสื่อการเรียนการสอนทั้งรูปธรรม มีการโต้ตอบโดยใช้เทคโนโลยี เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้จากภาพที่สามารถจัดรูปแบบต่าง ๆ ได้ ทั้งการปรับลดขนาด การย้ายวัตถุเสมือนจริง โดยสามารถเรียนรู้ผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ มือถือ แท็บเล็ต และไอแพดได้ ซึ่งในปัจจุบันมีเว็บไซต์ที่รวบรวมสื่ออุปกรณ์เสมือนที่สามารถใช้ในการเรียนรู้ เรื่อง ความยาวรอบรูปและพื้นที่มากมาย ซึ่งเข้าใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย อาทิเช่น Math Learning Center, Didax Manipulatives, NCTM Illuminations ฯ ซึ่งแต่ละเว็บไซต์มีสื่อแนะนำการใช้งานสำหรับการเรียนรู้และการจัดการกับเครื่องมือต่าง ๆ ของนักเรียนและสื่อสำหรับแนะนำการสอนหรือการนำไปปรับใช้ในการสอนสำหรับครูอีกด้วย

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele มาใช้ร่วมกับสื่ออุปกรณ์เสมือน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนการสอน เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก เพื่อพัฒนานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งจะเป็นแนวทางให้ครูคณิตศาสตร์นำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ และเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจศึกษาในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้สาระอื่น ๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele ร่วมกับสื่ออุปกรณ์เสมือน เพื่อพัฒนานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาผลการพัฒนานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele ร่วมกับสื่ออุปกรณ์เสมือน

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน มีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. **ผู้เข้าร่วมวิจัย** คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4.7 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 45 คน ของโรงเรียนประถมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง ที่เรียนในรูปแบบ Online และ On-site ควบคู่กัน โดยนักเรียนกลุ่ม Online จะเข้าเรียนผ่านโปรแกรมประชุมออนไลน์ Google Meet และนักเรียนกลุ่ม On-site จะเข้าเรียนในห้องเรียนปกติ

2. **เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย** ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้และหลังจบการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ แบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 ปฐมนิเทศและชี้แจงจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนที่เป็นผู้เข้าร่วมวิจัย

3.2 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาทั้งหมด 10 ชั่วโมง

3.3 ในระหว่างทำการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์ร่วมกันสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ และจดบันทึกลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

3.4 เมื่อจบการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และเก็บรวบรวมแบบวัดมโนทัศน์และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเขียนสรุปผลการสังเกตการจัดการเรียนรู้แล้ววิเคราะห์ เพื่อทำการสะท้อนผลและปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรต่อไป

3.6 เมื่อดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.7 นำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele ร่วมกับสื่ออุปกรณ์เสมือน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) คัดเลือกข้อมูลที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

2) วิเคราะห์เนื้อหาข้อมูล และจัดกลุ่มแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

3) กำหนดหมวดหมู่ของแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

4) เรียบเรียงผลการวิจัยเพื่อสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาผลการพัฒนานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele ร่วมกับสื่ออุปกรณ์เสมือน มีขั้นตอนการดำเนินการนี้

1) รวบรวมข้อมูลจากแบบวัดนวัตกรรมทางคณิตศาสตร์หลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และหลังจบการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยตรวจคำตอบเพื่อให้คะแนน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวัดนวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1	ตอบถูก
0	ตอบผิด หรือตอบมากกว่า 1 ตัวเลือก หรือไม่มีการเลือกคำตอบ

เกณฑ์การผ่าน: ได้คะแนนร้อยละ 50 ขึ้นไป

2) รวมคะแนน โดยแยกตามระดับการคิดทางเรขาคณิตของ Van Hiele 5 ระดับ ดังนี้ ระดับ 0 ระดับการมองเห็นรูปธรรมภายนอก ระดับ 1 ระดับการวิเคราะห์ ระดับ 2 ระดับการอนุมานที่ไม่เป็นแบบแผน ระดับ 3 ระดับการอนุมานที่เป็นแบบแผน และระดับ 4 ระดับการคิดสุดยอด

3) เปรียบเทียบผลคะแนนของนวัตกรรมในแต่ละระดับการคิดทางเรขาคณิตของ Van Hiele ระหว่างการวัดหลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้และหลังจบการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele ร่วมกับสื่ออุปกรณ์เสมือน เพื่อพัฒนานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

ขั้นที่ 1 การใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน (Inquiry/Information) การทบทวนนวัตกรรมเดิมของนักเรียนผ่านการใช้คำถามที่มุ่งเน้นไปที่นวัตกรรมเดิมที่เป็นพื้นฐานของการเรียนรู้บทใหม่เป้าหมายของการเรียนโดยตรงประกอบกับการแสดงรูปภาพจากสื่ออุปกรณ์เสมือนของครูที่สอดคล้องกับคำถามที่ใช้ ส่งผลให้ครูสามารถสำรวจและทราบถึงนวัตกรรมเดิมของนักเรียนได้อย่างรวดเร็วและทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ทำความเข้าใจ และมีนวัตกรรมเดิมที่ต้องชัดเจนยิ่งขึ้น การเปิดโอกาสให้นักเรียนศึกษานวัตกรรมใหม่ผ่านกิจกรรมการสำรวจนวัตกรรมที่เน้นการเรียนรู้จากสิ่งรอบตัว ได้ลงมือปฏิบัติจริง ไม่ยากจนเกินไป สอดแทรกเกมการแข่งขันและการสะสมคะแนนเพื่อเพิ่มความสุขสนุกสนานตื่นเต้นและท้าทาย และเน้นให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วม สามารถดึงดูดให้นักเรียนมีความสนใจในการศึกษาเกี่ยวกับนวัตกรรมมากขึ้น โดยสิ่งที่ขาดไม่ได้ คือ ครูควรอธิบายกติกา และกำหนดเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมให้ชัดเจนเพื่อไม่ให้เกิดความวุ่นวายหรือใช้เวลามากเกินไป

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้สิ่งใหม่อย่างมีทิศทาง (Directed Orientation) ก่อนเริ่มกิจกรรมครูควรสำรวจความพร้อมของอุปกรณ์และการเข้าถึงสื่ออุปกรณ์เสมือน และเน้นย้ำข้อตกลงของการใช้โทรศัพท์มือถือในการสร้างชิ้นงานในทุกครั้ง ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ตลอดกิจกรรม ในส่วนของกิจกรรมการให้นักเรียนสร้างรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากตามโจทย์สั้น ๆ ไม่ซับซ้อนที่นักเรียนสามารถใช้นวัตกรรมที่ได้จากขั้นที่ 1 มาใช้ในการสร้างได้และสามารถสร้างรูปสี่เหลี่ยมได้หลายขนาดบน Geoboard แล้วนำชิ้นงานที่สร้างมาร่วมกันพิจารณาความสัมพันธ์ของความยาวด้านของรูปสี่เหลี่ยมกับนวัตกรรมที่ได้ในขั้นที่ 1 โดยในการพิจารณานั้นครูควรใช้คำถามที่ค่อย ๆ กระตุ้นให้นักเรียนคิดต่อยอดไปเรื่อย ๆ หรือค่อย ๆ เจาะลึกไปสู่บทใหม่เป้าหมายซึ่งไม่ควร

ซึ่งนำคำตอบมากเกินไป ทำให้นักเรียนเห็นลักษณะโครงสร้างของโมเดลน้อยลงเรื่อยๆ ได้เรียนรู้ด้วยตนเอง และปรับโมเดลที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้อง ก่อนนำไปแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 3 การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Explication) การใช้คำถามของครูเป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับขั้นนี้ โดยการใช้คำถามจะมี 2 จุดประสงค์ คือ การใช้คำถามหลักที่เป็นประเด็นของการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนทราบโมเดลเป้าหมายของการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และคำถามย่อย ๆ เพื่อนำนักเรียนเจาะลึกไปสู่การตอบคำถามหลักหรือโมเดลเป้าหมาย ซึ่งไม่ควรเป็นคำถามที่ซึ่งนำคำตอบแต่ควรกระตุ้นให้นักเรียนพยายามคิดต่อยอดไปเรื่อย ๆ ร่วมกับการแสดงภาพชิ้นงานของนักเรียนที่ครูคัดเลือกมาจากขั้นที่ 2 ในระหว่างการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ทำให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างโมเดลชัดเจนขึ้น มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นมากขึ้น และช่วยให้ครูอธิบายโมเดลได้ชัดเจนขึ้น โดยครูควรให้อิสระนักเรียนในการแสดงความคิดเห็น อธิบาย หรือโต้แย้งกัน เพื่อแลกเปลี่ยนมุมมองใหม่เกี่ยวกับโมเดลที่ได้เรียนรู้มาจากการสังเกตในขั้นที่ 1 และ 2 ที่ผ่านมา โดยครูควรดูแลคำตอบของนักเรียนอย่างครอบคลุม เพื่อให้ครูสามารถประเมินความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคนได้ ซึ่งขั้นนี้ครูอาจต้องปรับการใช้คำ เพื่อช่วยให้นักเรียนใช้ภาษาที่ถูกต้องและเหมาะสม เพื่อให้นักเรียนได้สรุปความรู้ใหม่ที่ได้รับเป็นความหมาย กฎเกณฑ์หรือสูตรต่าง ๆ และนำไปใช้ในขั้นตอนที่ 4 และ 5 ต่อไป

ขั้นที่ 4 การเรียนรู้สิ่งใหม่อย่างอิสระ (Free Orientation) การให้นักเรียนสร้างรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากตามโจทย์ที่ซับซ้อนมากขึ้น โดยสามารถสร้างรูปสี่เหลี่ยมได้หลายขนาด และเน้นให้นักเรียนนำโมเดลที่ได้จากขั้นตอนที่ 1-3 มาใช้ในการสร้าง ที่หลากหลายที่ครูมอบหมายให้บน Geoboard ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ในการค้นหาวีธีแก้โจทย์ด้วยตนเองผ่านสื่ออุปกรณ์เสมือน ช่วยให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการสร้างชิ้นงานมากขึ้น และสามารถสร้างชิ้นงานหรือปรับแก้ชิ้นงานได้รวดเร็วขึ้น และการให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงานที่ได้ โดยเน้นการพิจารณาทีละรูป รูปไหนผิดก็จะให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาว่าผิดเพราะอะไรแล้วให้นักเรียนเริ่มลงมือแก้ไขหรือสร้างชิ้นงานใหม่ ทำให้นักเรียนที่ยังสร้างชิ้นงานไม่ถูกต้องหรือมีโมเดลที่คลาดเคลื่อนได้เรียนรู้ และทำความเข้าใจจากชิ้นงานของเพื่อนและตนเอง และพยายามค้นหาวีธีแก้โจทย์ด้วยตนเอง โดยการปรับแก้หรือสร้างชิ้นงานเพิ่มเติมที่ถูกต้องตามเงื่อนไขของโจทย์

ขั้นที่ 5 ขั้นการสรุปรวม (Integration) การใช้คำถามค่อย ๆ กระตุ้นเจาะลึกไปที่ประเด็นสำคัญและช่วยนำเรื่องราวต่าง ๆ ที่นักเรียนเล่ามาเรียงลำดับก่อนหลังควบคู่ไปกับการให้นักเรียนสังเกตรูปภาพชิ้นงานและกิจกรรมต่าง ๆ ที่ผ่านมามาทำให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของกิจกรรมและโมเดลที่ได้อย่างเป็นลำดับ ทำให้ได้ข้อสรุปโมเดลที่ชัดเจน เป็นระบบ และครอบคลุมมากขึ้น และสิ่งสำคัญที่ขาดไม่ได้ คือ การตรวจสอบการเรียนรู้ของนักเรียน โดยให้นักเรียนสร้างรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากจากโจทย์ปลายเปิดที่สามารถสร้างได้หลากหลายบน Geoboard พร้อมการอธิบายและให้นักเรียนทำความเข้าใจประเด็นหรือจุดมุ่งหมายของโจทย์ให้ชัดเจนก่อนลงมือทำ เพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดความสับสนหรือไม่เข้าใจโจทย์ และเมื่อนักเรียนสร้างรูปเสร็จแล้วให้นำรูปที่ได้มาพิจารณาความถูกต้อง เพื่อให้นักเรียนที่ยังมีสร้างชิ้นงานไม่ถูกต้องหรือมีโมเดลที่คลาดเคลื่อนได้เรียนรู้ และทำความเข้าใจจากชิ้นงานของเพื่อนและตนเอง และพยายามค้นหาวีธีแก้โจทย์ด้วยตนเอง โดยการปรับแก้หรือสร้างชิ้นงานเพิ่มเติมที่ถูกต้องตามเงื่อนไขของโจทย์ และกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิดหารูปที่มีขนาดแตกต่างไปจากเดิมมากขึ้น

2. ผลการศึกษาการพัฒนาโมเดลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele ร่วมกับสื่ออุปกรณ์เสมือน

ตารางที่ 2 ผลคะแนนการวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ตามระดับการคิดทางเรขาคณิตของ Van Hiele หลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้และหลังจบการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้

แบบวัดมโนทัศน์	มโนทัศน์	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ผ่านเกณฑ์	คะแนนของนักเรียน							จำนวนนักเรียน	จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์	
				ระดับการคิดทางเรขาคณิต (ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย)					เฉลี่ย ($\bar{x}$)	ร้อยละ ของ คะแนน เฉลี่ย		จำนวน (คน)	ร้อยละ
				0	1	2	3	4					
หลัง	ชนิดและสมบัติ	15	7.5	74.07	57.78	51.11	38.52	17.04	7.16	47.70	45	21	46.67
แต่ละ	ความยาวรอบรูป	15	7.5	73.33	58.52	50.37	37.04	31.85	7.53	50.22		21	46.67
แผน	พื้นที่	20	10	80.56	64.44	55.00	42.78	38.89	11.27	55.00		28	62.22
หลัง	ชนิดและสมบัติ	15	7.5	90.37	80.00	66.67	62.22	40.74	10.20	68.00		44	97.78
จบ 3	ความยาวรอบรูป	15	7.5	78.52	68.15	57.78	49.63	45.19	8.98	59.85		28	62.22
แผน	พื้นที่	20	10	89.44	70.00	56.11	45.56	42.22	12.13	60.67		25	55.56

จากตาราง 2 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ตามระดับการคิดทางเรขาคณิตของ Van Hiele ที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ในระดับ 0 ระดับ 1 ระดับ 2 จากการวัดมโนทัศน์หลังเรียนแต่ละวงจรปฏิบัติการ และมีคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ตามระดับการคิดทางเรขาคณิตของ Van Hiele ที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 เพิ่มขึ้นในระดับ 3 จากการวัดมโนทัศน์หลังจบการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ เมื่อพิจารณาผลการวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีการพัฒนามโนทัศน์ไปถึงระดับ 2 โดยผลคะแนนของแต่ละวงจรปฏิบัติการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ เริ่มจากผลคะแนนการวัดมโนทัศน์หลังเรียนแผนที่ 1 เรื่อง ชนิดและสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยคิดเป็น 47.70 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 21 คน คิดเป็นร้อยละ 46.67 แผนที่ 2 เรื่อง ความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยคิดเป็น 50.22 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 21 คน คิดเป็นร้อยละ 46.67 และแผนที่ 3 เรื่อง พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 55.00 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์เพิ่มมากขึ้นเป็น 28 คน คิดเป็นร้อยละ 62.22 และเมื่อพิจารณาผลคะแนนการวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังจบการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีการพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง ชนิดและสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากเพิ่มขึ้นไปถึงระดับ 3 ได้ โดยมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยคิดเป็น 62.22 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์เพิ่มขึ้นเป็น 44 คน คิดเป็นร้อยละ 97.78 และพบว่านักเรียนมีผลคะแนนแต่ละมโนทัศน์ที่สูงขึ้นจากการวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ในทุกระดับ

อภิปรายผล

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele ร่วมกับสื่ออุปกรณ์เสมือน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม มุมฉาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

ขั้นที่ 1 การใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน (Inquiry/ Information) การใช้คำถามที่มุ่งเน้นไปที่มโนทัศน์เดิมที่เป็นพื้นฐานของการเรียนรู้มโนทัศน์ที่เป้าหมายของการเรียนโดยตรงประกอบกับการแสดงรูปภาพจากสื่ออุปกรณ์เสมือนที่สอดคล้องกันนำเข้าสู่บทเรียนนั้น ช่วยดึงดูดความสนใจของนักเรียน ทำให้นักเรียนมี

มโนทัศน์พื้นฐานที่ถูกต้อง และพร้อมที่จะเรียนรู้มากขึ้น เพราะนักเรียนแต่ละคนจะมีคำตอบที่แตกต่างกันตามความรู้พื้นฐานของตนเองแต่ละคนมุ่งเน้นไปที่ประเด็นเดียวกัน ทำให้ครูทราบถึงความรู้พื้นฐานของนักเรียนแต่ละคน ขณะเดียวกันนักเรียนจะได้รับรู้แนวคิดของเพื่อนที่แตกต่างจากตนเอง นอกจากนี้การใช้ภาพจากสื่ออุปกรณ์เสมือนเข้ามาประกอบการจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และจดจำมโนทัศน์พื้นฐานที่ถูกต้องได้รวดเร็วขึ้นเมื่อเทียบกับการสอนแบบท่องจำ สอดคล้องกับสิริพร ทิพย์คง (2558) ได้อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการสร้างมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ไว้ว่าการเรียนรู้เริ่มจากการรับรู้ โดยอาศัยประสาทสัมผัส “ตา” ซึ่งทำให้เกิดการเรียนรู้ร้อยละ 80 และประสบการณ์ของนักเรียนจากสิ่งที่ได้เห็น ได้ยิน ได้สัมผัส และได้เรียนรู้มาก่อน โดยครูอาจยกตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่าง และการจัดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับสิ่งรอบตัวของนักเรียนที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เหมาะสมกับวัยของนักเรียน สามารถนำมโนทัศน์ที่ได้พบพบมาแล้วมาใช้และเน้นให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมโดยการเพิ่มการแข่งขันและการสะสมคะแนน ช่วยให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนรู้มโนทัศน์ใหม่มากขึ้น เพราะนักเรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เป็นของจริงที่อยู่รอบตัวไม่ใช่เพียงเนื้อหาหรือรูปภาพในหนังสือ ได้เห็นคณิตศาสตร์ในมุมมองที่เป็นรูปธรรมจับต้องได้ ทำให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ที่เรียนรู้ได้ดีกว่าการอ่านในหนังสือหรือการอธิบายของครู สอดคล้องกับ สสวท. (2555) ได้กล่าวไว้ว่า โดยปกติเนื้อหาส่วนใหญ่ของคณิตศาสตร์มักมีลักษณะเป็นนามธรรม ดังนั้น ศิลปะการสอนต่าง ๆ เช่น การใช้คำถามที่น่าสนใจ น่าสนใจ การใช้วิธีการให้นักเรียนได้ค้นพบด้วยตนเอง การทำคณิตศาสตร์ให้มีชีวิตชีวา การใช้สื่อการสอนที่เหมาะสม จึงมีความสำคัญที่จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมของนักเรียนสู่องค์ความรู้ใหม่

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้สิ่งใหม่อย่างมีทิศทาง (Directed Orientation) การสำรวจความพร้อมของอุปกรณ์ในการเข้าถึงสื่อ และเน้นย้ำข้อตกลงเรื่องการใช้โทรศัพท์มือถือในทุกครั้งก่อนเริ่มกิจกรรม โดยในวงจรที่ 1 ควรให้นักเรียนฝึกใช้สื่อโดยทำไปพร้อมกับครูและลองสร้างชิ้นงานของตนเอง เพื่อให้นักเรียนคุ้นเคยกับสื่อก่อนเริ่มใช้จริง ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอนอย่างครบถ้วน เพราะการสำรวจความพร้อมของอุปกรณ์และการทดลองใช้สื่อทำให้นักเรียนทราบถึงปัญหาและวิธีการแก้ไขด้วยตนเองเบื้องต้น และช่วยให้นักเรียนสร้างชิ้นงานได้รวดเร็วขึ้น สอดคล้องกับ Moyer, Bolyard & Spikell (2002) ที่กล่าวถึงข้อควรพิจารณาสำหรับครูในการใช้สื่ออุปกรณ์เสมือนในชั้นเรียนไว้ ดังนี้ 1) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าอุปกรณ์ซอฟต์แวร์รองรับสื่ออุปกรณ์เสมือนได้ก่อนการใช้งาน 2) สอบถามหรือให้นักเรียนเล่นกับสื่ออุปกรณ์เสมือนจนกว่าเขาจะคิดออก 3) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าครูเลือกสื่ออุปกรณ์เสมือนที่เหมาะสมที่จะปรับปรุงบทเรียนที่วางแผนไว้ และ 4) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าสื่ออุปกรณ์ที่ใช้จะไม่ใช้เวลามากกว่า 60% ของบทเรียน และกิจกรรมการเรียนรู้ที่ถูกจัดขึ้นอย่างเป็นลำดับขั้น เริ่มจากสร้างรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากตามโจทย์สั้น ๆ ไม่ซับซ้อน สามารถสร้างรูปสี่เหลี่ยมได้หลายขนาด และนำมโนทัศน์ที่ได้ในขั้นที่ 1 มาช่วยในการสร้างบน Geoboard ได้ จากนั้นครูคัดเลือกและนำชิ้นงานที่มีขนาดแตกต่างกันมาให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาความสัมพันธ์ของความยาวด้านของรูปสี่เหลี่ยมกับมโนทัศน์ที่ได้ในขั้นที่ 1 โดยครูใช้คำถามที่ไม่น่าจะง่าย ๆ กระตุ้นให้นักเรียนคิดต่อยอดไปเรื่อย ๆ หรือเจาะลึกไปสู่ข้อสรุปของมโนทัศน์เป้าหมายที่เป็นสมบัติหรือสูตร ช่วยแสดงให้นักเรียนเห็นลักษณะโครงสร้างของมโนทัศน์จากความสัมพันธ์ของรูปที่เหลี่ยมแต่ละรูปอย่างค่อยเป็นค่อยไป ทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น เพราะนอกจากนักเรียนจะได้เรียนรู้ด้วยตนเองจากการสร้างรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากแล้ว ในขณะที่นักเรียนร่วมกันพิจารณาความสัมพันธ์ที่สังเกตได้จากชิ้นงานแต่ละชิ้นนั้นทำให้นักเรียนเห็นถึงโครงสร้างที่เหมือนและ

แตกต่างกัน ประกอบกับการใช้คำถามของครู ส่งผลให้คำตอบที่หลากหลายค่อย ๆ ไปในทิศทางเดียวกันและปรับโน้ตทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้องชัดเจน สอดคล้องกับ Cangelosi (1996) ที่กล่าวว่า การพัฒนานโนทัศน์มีขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นเรียงและจัดประเภท ในขั้นนี้ครูนำเสนองานให้นักเรียนเกี่ยวกับงานที่ต้องการให้นักเรียนสร้างนโนทัศน์ ครูจัดกิจกรรม สภาพแวดล้อม ให้คำแนะนำ และเปิดโอกาสให้นักเรียนทำกิจกรรมด้วยตนเอง 2) ขั้นสะท้อนผลและอธิบาย ในขั้นนี้นักเรียนอธิบายนโนทัศน์ที่นักเรียนได้จากการทำกิจกรรม ครูคอยกระตุ้นนักเรียนด้วยคำถาม เพื่อให้นักเรียนคิดและทำความเข้าใจนโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น

ขั้นที่ 3 การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Explication) การที่ครูแสดงภาพตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียนที่สอดคล้องกับประเด็นคำถามหลักที่เป็นเป้าหมายในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และใช้คำถามกระตุ้นคิดในระหว่างการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนเข้าใจและร่วมกันสรุปนโนทัศน์ได้อย่างถูกต้องชัดเจนขึ้น เพราะการใช้ภาพชิ้นงานที่นักเรียนสร้างเอง ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมและกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น อธิบาย หรือโต้แย้งกันมากขึ้น และช่วยให้ครูอธิบายนโนทัศน์ได้ชัดเจนขึ้นอีกด้วย เนื่องจากการแลกเปลี่ยนมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบคำถามได้อย่างอิสระซึ่งคำตอบของนักเรียนอาจไม่เจาะจง ไม่ครบถ้วน การใช้คำถามกระตุ้นคิดของครูจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้นักเรียนพยายามคิดต่อยอดไปเรื่อย ๆ หรือค่อย ๆ เจาะลึกไปสู่โน้ตทัศน์เป้าหมาย และในการสรุปความสัมพันธ์เป็นประโยคภาษาครูอาจช่วยระบุเชื่อมโยงโน้ตทัศน์ จับประเด็นสำคัญจากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แล้วให้นักเรียนช่วยกันเรียงประเด็นเหล่านั้นอีกครั้งหนึ่ง และอาจต้องปรับการใช้คำหรือเสริมคำ แต่จะไม่สรุปให้โดยตรง ช่วยให้นักเรียนสามารถเรียงลำดับของโน้ตทัศน์ ใช้ภาษาที่ถูกต้องเหมาะสม และจดจำโน้ตทัศน์ได้ดียิ่งขึ้น เพราะนโนทัศน์ที่เรียนรู้เป็นนโนทัศน์ที่เกิดขึ้นใหม่จากกิจกรรมต่างที่ครูจัดขึ้น ซึ่งนักเรียนไม่รู้จักเชื่อมโยงโน้ตทัศน์มาก่อน จึงยังไม่สามารถระบุเชื่อมโยงโน้ตทัศน์เองได้แต่สามารถแสดงความคิดเห็นได้และการเรียงประเด็นจะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และจดจำโน้ตทัศน์ได้ดีกว่าการที่ครูเป็นผู้สรุปให้ สอดคล้องกับ ทิศนา ขมมณี (2547) ที่ได้เสนอว่า การพัฒนานโนทัศน์ประกอบด้วยการสังเกต โดยใช้สื่อประกอบ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการกำหนดเฉพาะด้วยตนเอง การจำแนกความแตกต่าง ของสิ่งที่รับรู้และให้เหตุผลในความแตกต่างนั้น การหาลักษณะร่วมในภาพรวมของสิ่งที่รับรู้และสรุปเป็นวิธีการ หลักการ หรือนิยาม การระบุเชื่อมโยงโน้ตทัศน์ของสิ่งที่รับรู้ และการทดสอบและนำไปใช้ เพื่อประเมินความรู้

ขั้นที่ 4 การเรียนรู้สิ่งใหม่อย่างอิสระ (Free Orientation) การให้นักเรียนสร้างรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากจากโจทย์ที่ซับซ้อนขึ้นแต่ไม่ยากเกินไปที่นักเรียนสามารถใช้วิธีการหาคำตอบและมีคำตอบที่หลากหลายและสามารถนำนโนทัศน์จากขั้นที่ 1-3 มาใช้ในการสร้างบน Geoboard ได้ ช่วยให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการสร้างชิ้นงานมากขึ้น และปรับแก้ชิ้นงานได้รวดเร็วขึ้น เพราะโจทย์ในลักษณะดังกล่าวทำให้นักเรียนได้คิดและแสดงความคิดของตนเองได้อย่างเต็มที่ และกระตุ้นให้นักเรียนพยายามค้นหาคำตอบที่เป็นไปได้เพิ่มเติม สอดคล้องกับ ลาวาลย์ พลกล้า (2545) ที่กล่าวว่า หลักในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมหรือฝึกทักษะที่จำเป็นในแต่ละบทเรียนควรมีความยากง่ายเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน ถ้ากิจกรรมยากหรือซับซ้อนเกินไป จะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสประสบความสำเร็จ ทำให้ท้อถอยและถ่างายเกินไปจะไม่ทำทนายให้นักเรียนใช้ความคิด และการพิจารณาความถูกต้องและการปรับแก้ชิ้นงานในสื่ออุปกรณ์เสมือน ช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และปรับโน้ตทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้องได้ด้วยความเข้าใจของตนเองอย่างรวดเร็ว เพราะการพิจารณาทั้งชิ้นงานที่ถูกและผิดนั้นทำให้นักเรียนที่ยังมีนโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้เรียนรู้ และทำความเข้าใจจากชิ้นงานของเพื่อนและตนเอง และพยายามค้นหาวิธีแก้โจทย์ด้วยตนเอง นักเรียนที่มีนโนทัศน์ที่ถูกต้องจะมีความ

มั่นใจและสร้างชิ้นงานเพิ่มเติมได้ทันที ซึ่งสะดวกกว่าการเขียนและแก้ไขลงในสมุดหรือหนังสือ Reimer & Moyer, (2005) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเรียน โดยใช้การจัดการเสมือนจริง พบว่า การจัดการเสมือนจริงช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น โดยการให้ผลโดยตรงและข้อมูลย้อนกลับโดยเฉพาะง่ายและเร็วขึ้นกว่าการใช้กระดาษและดินสอมีความสนุกสนานมากขึ้นของนักเรียนในขณะที่เรียนคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 5 ขั้นการสรุปรวม (Integration) การใช้คำถามที่ค่อย ๆ เจาะลึกไปที่ประเด็นสำคัญและการนำเรื่องราวต่าง ๆ ที่นักเรียนกล่าวถึงมาเรียงลำดับก่อนหลังควบคู่ไปกับการให้นักเรียนสังเกตรูปภาพชิ้นงานและกิจกรรมต่าง ๆ ที่ผ่านมา ช่วยให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของกิจกรรมและมโนทัศน์ที่ได้อย่างเป็นลำดับ ทำให้ได้ข้อสรุปมโนทัศน์ที่ชัดเจน เป็นระบบ และครอบคลุมมากขึ้น เพราะนักเรียนได้เชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้กับภาพกิจกรรมที่ทำก่อนหลังจึงสามารถที่จะลำดับเหตุการณ์และความรู้ที่เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับเกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2549) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนการสอนมโนทัศน์ ครูควรถือหลักการที่สำคัญ คือ ต้องฝึกฝนให้ผู้เรียนรู้จักเชื่อมโยงเหตุผลของมโนทัศน์เรื่องต่าง ๆ ที่รับรู้เข้าด้วยกัน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการตีความ และสามารถใช้ประโยชน์จากมโนทัศน์ใหม่ ๆ ในทางสร้างสรรค์ และการตรวจสอบการเรียนรู้โดยให้นักเรียนสร้างรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากจากโจทย์ที่สามารถสร้างได้หลากหลายขนาดบน Geoboard พร้อมการอธิบายโจทย์ให้ชัดเจนก่อนลงมือทำและการนำรูปที่นักเรียนสร้างมาพิจารณาความถูกต้องร่วมกัน ช่วยให้นักเรียนสร้างรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากตามสิ่งที่กำหนดได้ถูกต้อง และกระตุ้นให้นักเรียนคิดหารูปที่มีขนาดแตกต่างไปจากเดิมมากขึ้น เพราะการร่วมกันพิจารณาชิ้นงานทำให้นักเรียนที่ยังมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้เรียนรู้และปรับมโนทัศน์ของตนเองให้ถูกต้องโดยการพยายามค้นหาวิธีปรับแก้ชิ้นงานหรือสร้างชิ้นงานเพิ่มเติมที่ถูกต้องตามเงื่อนไขของโจทย์ สอดคล้องกับสิริพร ทิพย์คง (2558) ที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการสร้างมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า นักเรียนตั้งสมมติฐานว่า มโนทัศน์ คืออะไร นักเรียนตรวจสอบสมมติฐานที่กำหนดขึ้น และนักเรียนเลือกสมมติฐานที่สามารถรวมกลุ่มของสิ่งเข้า ซึ่งมีลักษณะบางประการร่วมกัน ถ้าถูกต้องก็คงสมมติฐานนั้นไว้ ถ้าไม่ถูกต้องก็กลับไปสังเกตและคิดตั้งสมมติฐานใหม่จนกว่าจะถูกต้อง

2. การพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele ร่วมกับสื่ออุปกรณ์เสมือน

นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ตามระดับการคิดทางเรขาคณิตของ Van Hiele ที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ในระดับ 0 ระดับ 1 ระดับ 2 และพัฒนาไปสู่ระดับ 3 ได้จากการวัดมโนทัศน์หลังจบการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele เป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่ไล่ขึ้นจากการสังเกตภาพ สำรวจโครงสร้าง ค้นหาความสัมพันธ์ และร่วมกันพิจารณาความความสัมพันธ์นั้น โดยในทุก ๆ กิจกรรมครูต้องใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเรียนรู้มโนทัศน์ได้อย่างครบถ้วน ทำให้สามารถสรุปมโนทัศน์และนำไปใช้กับโจทย์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นได้ ซึ่งสื่ออุปกรณ์เสมือนเป็นตัวช่วยในการเรียนรู้และมีบทบาทสำคัญในทุก ๆ ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้และช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ เริ่มตั้งแต่การสร้างความสนใจของนักเรียน การเป็นสื่อกลางในการแสดงภาพมโนทัศน์ของครู การเรียนรู้ลักษณะโครงสร้างของมโนทัศน์ผ่านการสร้างและพิจารณาความถูกต้องของชิ้นงานร่วมกันของนักเรียน การสรุปมโนทัศน์จากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผ่านการมองภาพประกอบกับประเด็นคำถามของครู และเป็นตัวช่วยในการฝึกการใช้มโนทัศน์โดยการสร้างชิ้นงานจากโจทย์ที่มีความซับซ้อน มีคำตอบหลากหลายได้ ซึ่งงานวิจัยของ

Reimer และ Moyer (2005) ยืนยันว่าสื่ออุปกรณ์เสมือน มีประสิทธิภาพมากกว่าการจัดการในการสอนทางกายภาพในชั้นเรียน เพราะการจัดการทางกายภาพขึ้นอยู่กับความสามารถของครูในการทำให้การเชื่อมโยงแนวคิดที่เป็นรูปธรรมกับสัญลักษณ์นามธรรมเหล่านี้ชัดเจน

นักเรียนบางส่วนมีคะแนนเฉลี่ยของโน้ตตามระดับการคิดทางเรขาคณิตของ Van Hiele ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ในระดับ 3 และระดับ 4 เป็นไปได้ว่านักเรียนมีโน้ตในในระดับ 0-2 ยังไม่สมบูรณ์จึงไม่สามารถพัฒนาไปสู่ระดับ 3 และ 4 ได้ ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของ Van Hiele Model ที่ว่า นักเรียนที่มีการคิดในระดับขั้นต่ำต้องมีประสบการณ์ในการคิดที่มากเพียงพอก่อนที่จะเรียนรู้ความคิดรวบยอดทางเรขาคณิตที่เป็นแบบแผน โดยไม่ขึ้นอยู่กับระดับอายุของนักเรียน จากการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้ ยังไม่มีการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียนที่ครอบคลุม และเชื่อมโยงเนื้อหาโน้ตไปสู่การฝึกใช้โน้ตอย่างเป็นแบบแผนโดยการประยุกต์ใช้โน้ตกับโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ รอบตัว นักเรียนจึงไม่สามารถประยุกต์ใช้โน้ตที่มีกับโจทย์ปัญหาได้ แต่ยังคงมีนักเรียนบางส่วนที่สามารถพัฒนานโน้ตไปสู่ระดับ 4 ได้ อาจเนื่องจากนักเรียนมีประสบการณ์เดิมในการทำความเข้าใจและตีความโจทย์ สามารถเข้าใจโจทย์โดยใช้โน้ตได้โดยไม่ต้องอาศัยรูปจึงทำให้นักเรียนสามารถแสดงถึงการพัฒนาในระดับนี้ได้ สอดคล้องกับ Haviger และ Vojkuvkova, (2014) ที่ได้ศึกษาระดับการคิดทางเรขาคณิตของ Van Hiele และพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบ Van Hiele สามารถพัฒนาระดับการคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 1 และ 2 ระดับ และนักเรียนบางส่วนสามารถพัฒนาไปถึง 3 ระดับ โดยนักเรียนที่มีการพัฒนาระดับความคิดทางเรขาคณิตได้ถึงระดับ 3 และ 4 มาจากโรงเรียนมัธยมศึกษาทั่วไป เนื่องจากโรงเรียนประเภทนี้จะมีสอนเนื้อหาที่มีความละเอียดและครอบคลุมทุกด้าน

สรุป

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele ร่วมกับสื่ออุปกรณ์เสมือน เพื่อพัฒนานโน้ตทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

ขั้นที่ 1 การใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน (Inquiry/ Information) เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้สังเกตภาพจากสื่ออุปกรณ์เสมือน และร่วมกับการตอบคำถามหรือแสดงความคิดเห็นในประเด็นคำถามของครู เพื่อทบทวนความรู้เดิมที่เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้โน้ตเป้าหมาย นอกจากนั้นยังเป็นการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสำรวจ สังเกต และสนทนาเกี่ยวกับโน้ตใหม่จากกิจกรรมการสำรวจมโนทัศน์ที่ครูจัดขึ้น เพื่อให้นักเรียนทราบความหมายเบื้องต้นเกี่ยวกับมโนทัศน์ใหม่ที่กำลังจะศึกษา

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้สิ่งใหม่อย่างมีทิศทาง (Directed Orientation) เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนนำมโนทัศน์ที่ได้จากขั้นที่ 1 มาสร้างรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากลงบน Geoboard จากโจทย์ที่ครูกำหนด และสังเกตโครงสร้างและพิจารณาความสัมพันธ์ของความยาวด้านของรูปสี่เหลี่ยมที่นักเรียนสร้างขึ้นแต่ละรูป จากชิ้นงานและการตอบคำถาม เพื่อให้นักเรียนเห็นโครงสร้างของมโนทัศน์จากความสัมพันธ์นั้น ๆ

ขั้นที่ 3 การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Explication) เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น อธิบาย หรือโต้แย้งกันเกี่ยวกับสิ่งที่ได้สังเกต สำรวจ และค้นพบในขั้นที่ 1 และ 2 รวมทั้งการได้รับการแนะนำความรู้จากครูตามประเด็นคำถามที่ครูตั้งขึ้นควบคู่ไปกับการยกตัวอย่างภาพชิ้นงานของนักเรียนที่ครูคัดเลือกมาจากขั้นที่ 2 เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้มาก่อนหน้า

ขั้นที่ 4 การเรียนรู้สิ่งใหม่อย่างอิสระ (Free Orientation) เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อให้ นักเรียนได้นำ มโนทัศน์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1-3 มาใช้ในการสร้างรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากบน Geoboard จากโจทย์ที่ครูกำหนด และร่วมกันพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงานที่ได้ เพื่อให้ นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง ผ่านการนำมโนทัศน์ไปใช้

ขั้นที่ 5 ขั้นการสรุปรวม (Integration) เป็นการจัดกิจกรรมเพื่อให้ นักเรียนได้ร่วมกันสรุปความรู้ เกี่ยวกับมโนทัศน์ที่เรียน โดยการเล่าเรื่องราวเชื่อมโยงกับสิ่งที่ได้เรียนรู้มาตั้งแต่ขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 4 ตามประเด็น คำถามเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่ครูตั้งขึ้น เพื่อสรุปมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้มาทั้งหมด

2. การพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele ร่วมกับสื่ออุปกรณ์เสมือน

นักเรียนสามารถพัฒนามโนทัศน์จากระดับ 0 ระดับ 1 ไปสู่ระดับ 2 จากการวัดมโนทัศน์หลังเรียนแต่ ละแผนการจัดการเรียนรู้ และสามารถพัฒนาไปสู่ระดับ 3 จากการวัดมโนทัศน์หลังจบการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการ จัดการเรียนรู้ได้ โดยนักเรียนมีผลคะแนนเพิ่มมากขึ้นในทุกระดับ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele ร่วมกับสื่ออุปกรณ์เสมือนที่สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูควรเป็นผู้กระตุ้นนักเรียนให้ทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง โดยใช้คำถามที่เจาะลึกมโนทัศน์อย่าง ค่อยเป็นค่อยไปโดยไม่ซ้ำนามากเกินไป เพื่อให้ นักเรียนค่อย ๆ สังเกต สำรวจ และติดตามคำถามจนนำไปสู่ รายละเอียดของมโนทัศน์ที่เรียนได้อย่างถูกต้องและตรงประเด็น

1.2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele ครูควรออกแบบกิจกรรมในแต่ละขั้นให้ตื่นเต้น ทำทาย และสนุกสนานมากขึ้น โดยเพิ่มเกมการแข่งขันหรือคะแนนสะสม และมีการอธิบายกติกาประกอบกับ การสาธิตการเล่นจริงให้นักเรียนมีประสบการณ์และมองเห็นการดำเนินกิจกรรมได้อย่างชัดเจนขึ้น เพื่อสร้าง บรรยากาศการเรียนรู้ที่ดึงดูดความสนใจและการมีส่วนร่วมของนักเรียนมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การศึกษาครั้งนี้ พบว่า การพัฒนามโนทัศน์ตามระดับการคิดของ Van Hiele ในระดับ 3 และ ระดับ 4 เป็นสิ่งที่ท้าทายสำหรับครู และแนวทางในการวิจัยครั้งนี้ ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่สามารถพัฒนา ในระดับสูงขึ้นได้ จึงควรศึกษา สาเหตุ และปัจจัยที่ส่งเสริมมโนทัศน์ตามระดับการคิดของ Van Hiele เพื่อพัฒนา แนวทางในการส่งเสริมมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้มีระดับที่สูงขึ้น

2.2 การศึกษาครั้งนี้ พบว่า ในขั้นตอนที่ 3 ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele นั้น นักเรียนจะได้แสดงความคิดเห็น อธิบายโต้แย้งเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้มาจากกิจกรรมที่ผ่านมาแล้วนำ ประเด็นต่าง ๆ มาเรียบเรียงเพื่อสรุปมโนทัศน์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการให้เหตุผล และจากผลการวิจัยพบว่าใน ขั้นตอนที่ 3 นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็น อธิบายโต้แย้งและสรุปมโนทัศน์ได้อย่างถูกต้องซึ่งอาจส่งผล ต่อการให้เหตุผล ผู้ที่สนใจควรศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Van Hiele ว่าสามารถส่งเสริม หรือพัฒนาทักษะกระบวนการในด้านการให้เหตุผลได้หรือไม่

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2549). การคิดเชิงมโนทัศน์. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: ชัดเชสมิเดีย.
- ดวงเดือน อ่อนน่วม. (2533). การสอนซ่อมเสริมคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ทิตินา แคมมณี. (2547). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ด้านสุทธาการพิมพ์.
- ลาวลีย์ พลกล้า. (2545). เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนคณิตศาสตร์. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: แสงจันทร์การพิมพ์.
- เวชฤทธิ์ อังกะนภัทรขจร. (2551). การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ”. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 20(1): 25-36.
- สมศักดิ์ ประเสริฐมานะกิจ. (2556). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและระดับขั้นการคิด ทางเรขาคณิต เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpadร่วมกับการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบ Van Hiele. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). ครูคณิตศาสตร์มืออาชีพ เส้นทางสู่ความสำเร็จ. กรุงเทพฯ: 3-คิว มีเดีย.
- สิริพร ทิพย์คง. (2558). มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ความรู้คณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- สำเภา เนื่องมัจฉา. (2553). การพัฒนามโนคติทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติ โดยการใช้ตัวนำเสนอเป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามกรอบทฤษฎีของ van Hiele. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อัมพร ม้าคอง. (2546). คณิตศาสตร์: การสอนและการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. (2557). คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Cangelosi, J. S. (1996). Teaching mathematics in secondary and middle school: Research based approaches. New York: Merrill.
- Haviger & Vojkuvkova. (2014). The van Hiele geometry thinking levels: gender and school type differences. Procedia - Social and Behavioral Sciences 112 (2014):977-979
- Machaba, F.M. (2016). The concepts of area and perimeter: Insights and Misconceptions of Grade 10 learners. Pythagoras, 37(1), a304. <http://dx.doi.org/10.4102/pythagoras.v37i1.304>
- Moyer, P. S., Bolyard, J. J., & Spikell, M. A. (2002). What are virtual manipulatives?. Teaching Children Mathematics, 8(6): 372-377.
- Reimer, K., & Moyer, P. S. (2005). Third graders learn about fractions using virtual manipulatives: A classroom study. Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 24(1) : 5-25.