

บทที่ 5

บทสรุป

สรุป

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนตามรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ Kemmis and McTaggart โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน วิชาคณิตศาสตร์เรื่องตรรกศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนจุนวิทยาคม จังหวัดพะเยา โดยมุ่งให้นักเรียนเข้าใจนิเสธ และสามารถแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับกระบวนการทางตรรกศาสตร์ ได้ดีขึ้น ดำเนินการวิจัยกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 39 คน ตั้งแต่วันที่ 29 ตุลาคม 2546 ถึงวันที่ 20 ธันวาคม 2546 ทำการสอนสัปดาห์ละ 5 คาบ คาบละ 50 นาที รวมทั้งสิ้น 20 คาบ มีวงจรการวิจัยทั้งหมด 7 วงจร ในแต่ละวงจรประกอบด้วย 3 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติตามแผนและสังเกตผลการปฏิบัติ และขั้นสะท้อนความคิด โดยมีรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ให้นักเรียนสร้างนิเสธด้วยตนเอง โดยการใช้กระบวนการสร้างความคิดรวบยอด ใช้วิธีการสอนแบบอุปนัยร่วมกับใช้คำถามนำ มีการจัดลำดับเนื้อหาใหม่ในลักษณะบันไดเวียนและให้เชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียน โดยมีลักษณะจากง่ายไปสู่ยากและมีความต่อเนื่องกัน กล่าวคือให้นักเรียนเรียนรู้ประโยคเปิด และประพจน์จากสมการและอสมการก่อน แล้วจึงเปลี่ยนประโยคเปิดและประพจน์จากประโยคคณิตศาสตร์เป็นสัญลักษณ์ในรูป $P(x)$, $Q(x)$ และ p , q และเรียนรู้จากประโยคภาษาในที่สุด ดำเนินการสอนการหาค่าความจริงของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณโดยอาศัยการเชื่อมประพจน์ที่ได้จากการแทนค่าตัวแปรด้วยสมาชิกทุกตัวในเอกภพสัมพัทธ์ด้วยตัวเชื่อม $\wedge$, $\vee$ รวมทั้งการพิจารณาจากเซตคำตอบของประโยคเปิด ใช้การฝึกทักษะย่อยให้เป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการเรียนการสอนก่อนที่จะให้ทำแบบฝึกหัด ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้การสังเกตและบันทึกลงในแบบบันทึกประจำวันของครู การอ่านบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน การสัมภาษณ์ การตรวจแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ นำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาจัดหมวดหมู่ วิเคราะห์และนำเสนอ ในลักษณะพรรณนาความ ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนคติที่ถูกต้องเกี่ยวกับตรรกศาสตร์มากขึ้น โดยนักเรียนเกือบทั้งห้องสามารถจำแนกความเหมือนและความต่างของประโยคเปิด และประพจน์ได้ นักเรียนประมาณร้อยละ 85 สามารถเขียนสรุปมโนคติและสาระสำคัญของการเชื่อมประพจน์ และตารางค่าความจริงของประพจน์ที่เชื่อมด้วยตัวเชื่อมต่าง ๆ ลงในเอกสารประกอบการเรียนได้อย่างถูกต้อง เมื่อพิจารณาประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกได้ว่าประพจน์ใดมีตัวบ่งปริมาณ “สำหรับ...ทุกตัว” หรือ “สำหรับ...บางตัว” พร้อมทั้งสามารถเขียนสัญลักษณ์แทนตัวบ่งปริมาณได้ถูกต้อง นักเรียนสามารถหาค่าความจริงของประพจน์ย่อยที่มีตัวบ่งปริมาณตัวแปรเดียว โดยอาศัยการเชื่อมประพจน์ด้วย $\wedge, \vee$ ได้ในระดับดี และนักเรียนประมาณร้อยละ 75 สามารถหาค่าความจริงของประพจน์ย่อยที่มีตัวบ่งปริมาณตัวแปรเดียวโดยพิจารณาจากเซตคำตอบของประโยคเปิดได้ถูกต้อง แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนมีข้อผิดพลาดในการหาเซตคำตอบ จึงทำให้บอกค่าความจริงของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณตัวแปรเดียวไม่ถูกต้อง สำหรับนิเสธของประพจน์ และประพจน์ที่สมมูลกันนั้น นักเรียนประมาณร้อยละ 90 มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับมโนติดังกล่าว โดยนักเรียนสามารถเขียนสรุปลักษณะนิเสธของประพจน์และประพจน์ที่สมมูลลงในเอกสารประกอบการเรียนได้อย่างถูกต้องและชัดเจน รวมทั้งนักเรียนสามารถจำแนกพร้อมกันให้เหตุผลประกอบได้ว่าประพจน์คู่ใดเป็นนิเสธกัน ประพจน์คู่ใดสมมูลกัน และประพจน์คู่ใดไม่เป็นอย่างทั้งสองอย่าง ส่วนสัจนิรันดร์ นักเรียนประมาณร้อยละ 95 สามารถเขียนสรุปลักษณะของประพจน์ที่เป็นสัจนิรันดร์ได้ถูกต้องและชัดเจน สามารถบอกได้ว่าประพจน์ใดเป็นสัจนิรันดร์หรือประพจน์ใดไม่เป็นสัจนิรันดร์พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบได้ถูกต้อง และนักเรียนประมาณร้อยละ 80 สามารถเขียนสรุปลักษณะการอ้างเหตุผลที่สมเหตุสมผล และการอ้างเหตุผลที่ไม่สมเหตุสมผลในเอกสารประกอบการเรียนของนักเรียนได้ถูกต้องและชัดเจน สามารถบอกได้ว่าการอ้างเหตุผลที่กำหนดให้สมเหตุสมผลหรือไม่สมเหตุสมผล พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบได้ถูกต้อง

2. นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับกระบวนการทางตรรกศาสตร์ได้ในระดับดี โดยนักเรียนประมาณร้อยละ 87 และ 65 สามารถหาค่าความจริงของประพจน์โดยสร้างตารางและไม่สร้างตารางค่าความจริงได้อย่างถูกต้องตามลำดับ มีนักเรียนบางส่วนยังไม่มี ความแม่นยำในการหาค่าความจริงของประพจน์ที่เชื่อมด้วยตัวเชื่อมต่าง ๆ เมื่อพิจารณาการหาค่าความจริงของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณ นักเรียนประมาณร้อยละ 70 สามารถหาค่าความจริงของประพจน์ผสมที่มีตัวบ่งปริมาณได้ถูกต้อง แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่มีข้อผิดพลาดเกี่ยวกับการหาเซตคำตอบ และขาดความรอบคอบในการพิจารณาสมาชิกของเซตกรณีเขียนอยู่ในรูปการบอกเงื่อนไข สำหรับการประยุกต์ใช้รูปแบบประพจน์ที่สมมูลนั้นนักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำรูปแบบของประพจน์ที่สมมูลกันไปใช้กับประพจน์อื่นรวมทั้งประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณ

ตัวแปรเดียวได้อย่างถูกต้อง ส่วนในเรื่องของการตรวจสอบประพจน์ว่าเป็นสัจนิรันดร์หรือไม่นั้น นักเรียนประมาณร้อยละ 75 และ 81 สามารถตรวจสอบประพจน์ที่กำหนดให้ว่าเป็นสัจนิรันดร์หรือไม่เป็นสัจนิรันดร์โดยวิธีหาข้อขัดแย้งโดยพิจารณาจากตัวเชื่อม และวิธีใช้ความรู้เรื่องประพจน์ที่สมมูลกันได้ถูกต้องตามลำดับ สำหรับการตรวจสอบการสมเหตุสมผลของการอ้างเหตุผล นักเรียนประมาณร้อยละ 90 สามารถตรวจสอบการสมเหตุสมผลของการอ้างเหตุผลที่กำหนดให้ด้วยวิธีสร้างตารางค่าความจริง และนักเรียนประมาณร้อยละ 75 และ 70 สามารถตรวจสอบการสมเหตุสมผลของการอ้างเหตุผลที่กำหนดให้ด้วยวิธีพิจารณาค่าความจริง และด้วยการใช้รูปแบบการอ้างเหตุผลที่สมเหตุสมผลได้อย่างถูกต้อง แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ยังขาดความแม่นยำในการหาค่าความจริงของประพจน์ นักเรียนประมาณร้อยละ 90 สามารถแปลงประโยคภาษาเป็นประพจน์ที่อยู่ในรูปสัญลักษณ์ p, q ได้อย่างถูกต้อง ส่วนการเปลี่ยนประโยคภาษาให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ที่มีตัวบ่งปริมาณตัวแปรเดียวนั้น นักเรียนสามารถทำได้ถูกต้องประมาณร้อยละ 95

จากผลการวิจัยข้างต้น ทำให้ได้แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องตรรกศาสตร์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เหมาะสมกับนักเรียนโรงเรียนจุนวิทยาคม อำเภอจุน จังหวัดพะเยา ว่าควรมีรูปแบบดังต่อไปนี้

1. ใช้หลักการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยพยายามให้นักเรียนสรุปมโนติของประโยคเปิด ประพจน์ ตัวบ่งปริมาณ นิเสธของประพจน์ ประพจน์ที่สมมูลกัน สัจนิรันดร์ และการอ้างเหตุผล ด้วยตนเองจากการใช้วิธีการสอนแบบอุปนัย และการใช้คำถามนำ

2. จัดลำดับเนื้อหาในลักษณะบันไดเวียนและให้เชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียนให้เกิดความต่อเนื่องของเนื้อหาและสามารถสร้างความรู้ใหม่จากความรู้เดิมได้ กล่าวคืออธิบายมโนติของประโยคเปิด และประพจน์โดยใช้สมการและอสมการอย่างง่ายซึ่งเป็นประโยคคณิตศาสตร์ที่นักเรียนคุ้นเคยอยู่ก่อน แล้วจึงเปลี่ยนจากประโยคคณิตศาสตร์ที่เป็นประโยคเปิดเป็นสัญลักษณ์ $P(x), Q(x)$ และเปลี่ยนจากประโยคคณิตศาสตร์ที่เป็นประพจน์เป็นสัญลักษณ์ p, q จากนั้นจึงให้นักเรียนเรียนรู้มโนติดังกล่าวจากประโยคภาษาเป็นลำดับหลังสุด

3. อธิบายมโนติของตัวบ่งปริมาณ และค่าความจริงของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณ โดยการแทนค่าตัวแปรด้วยสมาชิกทุกตัวในเอกภพสัมพัทธ์ก่อน แล้วจึงพิจารณาค่าความจริงจากการเชื่อมประพจน์ที่ได้ด้วยตัวเชื่อม $\wedge, \vee$ ในกรณีที่ U มีสมาชิกมากขึ้นหรือเป็นเซตอนันต์ ให้นักเรียนใช้วิธีจินตนาการหรือคิดในใจ โดยไม่จำเป็นต้องเขียนแสดงการเชื่อมประพจน์ที่ได้จากการแทนค่าตัวแปรด้วยสมาชิกในเอกภพสัมพัทธ์ แล้วจึงให้เรียนรู้วิธีสรุปค่าความจริงของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณโดยการพิจารณาจากเซตคำตอบของประโยคเปิด

4. อธิบายมโนคติของนิเสธของประพจน์ ประพจน์ที่สมมูลกัน และสัจนิรันดร์ โดยเน้นให้นักเรียนสรุปมโนคติเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวด้วยตนเอง จากตารางค่าความจริงของประพจน์ รวมถึงการใช้คำถามนำ เน้นให้นักเรียนจำรูปแบบประพจน์ที่สมมูลกันโดยใช้เกม เพื่อประยุกต์ใช้กับประพจน์อื่นที่มีรูปแบบแตกต่างออกไป รวมทั้งเน้นให้นักเรียนพิจารณาค่าความจริงของประพจน์จากตารางเพื่อนำไปสู่การตรวจสอบค่าความจริงของประพจน์ โดยไม่สร้างตารางค่าความจริง ทั้งประพจน์ที่อยู่ในรูปประโยคคณิตศาสตร์ ในรูปสัญลักษณ์ p, q ประโยคภาษา และประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณ

5. อธิบายมโนคติของการอ้างเหตุผลที่สมเหตุสมผล โดยเน้นให้สรุปมโนคติด้วยตนเอง จากตารางค่าความจริงของประพจน์ที่เกิดจากการนำตัวเชื่อม $\wedge$ เชื่อมเหตุทั้งหมดเข้าด้วยกัน และใช้ตัวเชื่อม $\rightarrow$ เชื่อมส่วนที่เป็นเหตุกับผล หลาย ๆ รูปแบบ เพื่อนำไปสู่การแสดงขั้นตอนตรวจสอบด้วยวิธีพิจารณาข้อขัดแย้ง โดยอาศัยการพิจารณาค่าความจริงจากตารางกรณีที่มีการอ้างเหตุผลไม่สมเหตุสมผล

6. ใช้การฝึกทักษะย่อยเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการเรียนการสอน โดยให้นักเรียนฝึกทักษะย่อยที่ละทักษะทันทีเมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ในแต่ละมโนคติแล้ว เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจแต่ละเนื้อหาชัดเจนมากขึ้นก่อนที่จะให้ทำแบบฝึกหัด โดยใช้รูปแบบการฝึกทักษะหลายรูปแบบ เช่น แบบฝึกทักษะ ใบงาน การแสดงวิธีทำและอธิบายหน้าชั้นเรียน และการเล่นเกม เป็นต้น

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนมาใช้เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เรื่องตรรกศาสตร์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนจุนวิทยาคม อำเภอจุน จังหวัดพะเยา ครั้งนี้ที่พบว่านักเรียนในการวิจัยนี้ส่วนใหญ่มีมโนคติที่ถูกต้องเกี่ยวกับตรรกศาสตร์ และสามารถแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับกระบวนการทางตรรกศาสตร์ได้ในระดับดี น่าจะเป็นผลมาจากปัจจัยหลาย ๆ ประการ ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าประเด็นที่สมควรนำมาอภิปรายดังนี้

1. การจัดลำดับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เรื่องตรรกศาสตร์ที่ผ่าน ๆ มา จะมีลักษณะการจัดเรียงเนื้อหาโดยใช้ประโยคภาษาในการเริ่มสอนประโยคเปิดและประพจน์ แล้วจึงเปลี่ยนจากประโยคภาษาเป็นสัญลักษณ์ ซึ่งบางครั้งประโยคภาษาสามารถตีความได้หลายลักษณะ ทำให้นักเรียนเกิดปัญหาในการพิจารณาค่าความจริงของประพจน์ และทำให้นักเรียนเห็นว่าตรรกศาสตร์เป็นเรื่องใหม่ที่มีความยุ่งยากและซับซ้อน เพราะนอกจากนักเรียนจะต้องเรียนรู้มโนคติใหม่แล้วยังต้องตีความประโยคภาษาอีกด้วย ซึ่งเป็นอุปสรรคในการสร้างความรู้ความเข้าใจของนักเรียน

เมื่อผู้วิจัยเปลี่ยนแปลงการจัดลำดับเนื้อหาใหม่โดยใช้สมการและอสมการอย่างง่าย ซึ่งเป็นประโยคคณิตศาสตร์ที่นักเรียนคุ้นเคยเป็นจุดเริ่มต้นของการอธิบายนิมิตเกี่ยวกับตรรกศาสตร์ เช่น $x + 3 = 5$, $x + 2 < 7$, $2 + 3 = 5$, $4 + 2 < 7$ เป็นการลดความยุ่งยากในการตีความของประโยคภาษาเมื่อนักเรียนมีความเข้าใจนิมิตและแก้ปัญหาเกี่ยวกับกระบวนการทางตรรกศาสตร์ที่อยู่ในรูปสมการและอสมการได้แล้ว จึงเปลี่ยนจากประโยคคณิตศาสตร์มาเป็นสัญลักษณ์ $P(x)$, $Q(x)$, p , q แล้วจึงให้เรียนรู้นิมิตเกี่ยวกับตรรกศาสตร์จากประโยคภาษาเป็นลำดับหลังสุด จากการจัดเรียงเนื้อหาดังกล่าวนี้น่าจะทำให้ให้นักเรียนเข้าใจนิมิตต่าง ๆ และสามารถแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับกระบวนการทางตรรกศาสตร์ได้ถูกต้องในระดับดี ผู้วิจัยเชื่อว่านักเรียนสามารถนำความรู้ในเรื่องที่เรียนผ่านมาไปใช้ในการสร้างความเข้าใจในความรู้ใหม่หรือเรื่องที่ซับซ้อนได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของยูพิน พิพิษฐกุล (2539, หน้า 40) ที่กล่าวไว้ว่า การจัดลำดับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ควรเรียนลำดับจากง่ายไปหายาก คือเริ่มจากตัวเลขง่าย ๆ ไปสู่สัญลักษณ์ที่ซับซ้อน ทั้งนี้ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ง่ายจะเป็นพื้นฐานของการเรียนในสิ่งที่ยากขึ้นต่อไป อย่างไรก็ตามผู้วิจัยสังเกตเห็นว่า การใช้สมการในการอธิบายนิมิตของประโยคเปิดและประพจน์ มีส่วนทำให้นักเรียนเข้าใจนิมิตของเรื่องดังกล่าวได้ดีกว่าการใช้สมการ สังเกตได้จากเมื่อนักเรียน ยกตัวอย่างประโยคเปิดและประพจน์ นักเรียนจะยกตัวอย่างเฉพาะประโยคเปิดและประพจน์ที่อยู่ในรูปสมการเท่านั้น และทำนองเดียวกับการสรุปนิมิตในเอกสารประกอบการเรียน ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะนักเรียนมีประสบการณ์ในการเรียนรู้เรื่องสมการมากกว่าอสมการ จึงทำให้นักเรียนนึกถึงแต่ประโยคเปิดและประพจน์ที่อยู่ในรูปสมการเพียงอย่างเดียว

2. ผลที่ได้จากจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่อง ตัวบ่งปริมาณโดยอาศัยการแทนค่าตัวแปรด้วยสมาชิกทุกตัวในเอกภพสัมพัทธ์ก่อน แล้วจึงพิจารณาค่าความจริงจากการเชื่อมประพจน์ที่ได้ด้วยตัวเชื่อม $\wedge$, $\vee$ พบว่านักเรียนเกือบทั้งห้องสามารถหาค่าความจริงของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณได้ถูกต้องมากขึ้น นักเรียนไม่สับสนในการพิจารณาค่าความจริงของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณระหว่าง $\forall x$, $\exists x$ ซึ่งอาจจะเป็นเพราะนักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องค่าความจริงของประพจน์ที่เชื่อมด้วยตัวเชื่อม $\wedge$, $\vee$ มาก่อนแล้ว จึงทำให้นักเรียนหาค่าความจริงของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณโดยวิธีดังกล่าวได้ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของยูพิน พิพิษฐกุล (2539, หน้า 40) ที่กล่าวไว้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ควรคำนึงถึงประสบการณ์เดิมและทักษะเดิมที่นักเรียนมีอยู่ และกิจกรรมใหม่ควรต่อเนื่องกับกิจกรรมเดิม และบรรพต สุวรรณประเสริฐ (2544, หน้า 96-99) ที่ได้กล่าวถึงเงื่อนไขสำหรับการเรียนคณิตศาสตร์ว่า การเรียนรู้คณิตศาสตร์ขึ้นอยู่กับการจัดลำดับกิจกรรมประสบการณ์ ทั้งนี้เพราะธรรมชาติของคณิตศาสตร์เป็นการสะสมนิมิตต่าง ๆ เป็นขั้นตอน นั่นคือการเรียนรู้พฤติกรรมใหม่ของผู้เรียน

จะไม่เกิดขึ้นหากไม่ได้เชื่อมโยงกับพฤติกรรมเดิมที่ผู้เรียนควรมีมา ส่วนการดำเนินการหาค่าความจริงของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณโดยพิจารณาจากเซตคำตอบของประโยคเปิดนั้น ถือว่าประสบความสำเร็จในระดับหนึ่ง กล่าวคือ นักเรียนมีความสามารถในการหาค่าความจริงของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณได้รวดเร็วขึ้น อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนบางส่วนผิดพลาดในการหาเซตคำตอบของประโยคเปิด กล่าวคือ นักเรียนไม่สามารถแก้สมการหรืออสมการเพื่อหาเซตคำตอบได้ และโดยเฉพาะกรณีที่ U เป็นเซตอนันต์ เช่น $\forall x [1 = x + 1]$, $U = I$ นักเรียนบอกว่าเซตคำตอบคือ $\emptyset$ ซึ่งสาเหตุจริง ๆ น่าจะมาจากนักเรียนขาดความรอบคอบในการพิจารณาสมาชิกของเซตกรณีเขียนในรูปการบอกเงื่อนไข และนักเรียนบางส่วนมีความสับสนในวิธีการดังกล่าว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนต้องพิจารณาหลายอย่างเกี่ยวกับค่าของตัวแปร คำตอบของประโยคเปิด ตัวบ่งปริมาณ และเอกภพสัมพัทธ์ และผู้วิจัยอธิบายแต่ละตัวอย่างเพียงครั้งเดียว ซึ่งเป็นตัวอย่างที่หลากหลายลักษณะตามประโยคเปิด ตัวบ่งปริมาณ และเอกภพสัมพัทธ์ ประกอบกับเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมอาจน้อยเกินไป

3. การที่นักเรียนเข้าใจในมโนคติเกี่ยวกับตรรกศาสตร์ เช่น ประโยคเปิด ประพจน์ ตัวบ่งปริมาณ นิเสธ สมมูล สัจนิรันดร์ และการอ้างเหตุผล ได้อย่างดีนั้น สิ่งสำคัญประการหนึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการเน้นให้นักเรียนสรุปมโนคติด้วยตนเองโดยใช้คำถามนำควบคู่กับการสอนแบบอุปนัย กล่าวคือ นักเรียนสามารถสรุปมโนคติต่าง ๆ ได้ด้วยตนเองอย่างถูกต้องและชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของจิราวัลย์ หมั่นประเสริฐ (2524, หน้า 184-219) ที่ได้เสนอแนวการสอนตรรกศาสตร์เบื้องต้นว่า การให้นิยามส่วนใหญ่จะไม่กำหนดในทันทีทันใด แต่จะให้ตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่าง เพื่อให้เกิดความเข้าใจจนสามารถสรุปเป็นนิยามได้ แต่บางเนื้อหาเช่น การอ้างเหตุผล และตัวบ่งปริมาณ นักเรียนสามารถสรุปค่าความจริงของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณ $\forall x [P(x)]$ หรือ $\exists x [P(x)]$ ได้ช้า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะคำถามที่ผู้วิจัยใช้ไม่ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการให้นักเรียนสรุป และเป็นเรื่องใหม่ที่มีสัญลักษณ์ซับซ้อน อีกประการหนึ่งเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมอาจน้อยเกินไป แต่เมื่อผู้วิจัยเพิ่มคำถามให้ครอบคลุมมากขึ้นนักเรียนสามารถสรุปได้เร็วและชัดเจนขึ้น แม้ว่าผลที่ได้อาจแตกต่างจากมโนคติเรื่องอื่น ๆ เช่น ประโยคเปิด ประพจน์ นิเสธ สมมูล และสัจนิรันดร์ ที่นักเรียนสามารถสรุปได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องและชัดเจน ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะเนื้อหาดังกล่าวไม่ซับซ้อนมากนัก และสามารถยกตัวอย่างเป็นรูปธรรมได้ง่าย จึงทำให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์หรือความแตกต่างได้ ข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับการใช้คำถามนำในการสรุปมโนคติต่าง ๆ คือ ถ้าคำถามที่ใช้เรียงตามลำดับขั้นที่สามารถกระตุ้นและนำความคิด จะทำให้นักเรียนสรุปมโนคติได้รวดเร็วและถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ม.ป.ป., หน้า 31-32) ที่ได้เสนอแนวทางในการ

ปรับปรุงการสอนคณิตศาสตร์ว่า การสอนคณิตศาสตร์ไม่ควรเป็นเพียงการบอก แต่ต้องใช้คำถามช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด และค้นพบหลักเกณฑ์ด้วยตนเอง และนาคยา ปิณฑานนท์ (2542, หน้า 100-109) ที่กล่าวว่า การตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจในสิ่งที่กำลังศึกษา เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะใช้ในการสอนเพื่อพัฒนาความคิดรวบยอดได้ และการตั้งคำถามเป็นชุดที่เรียงลำดับตามกระบวนการ ความรู้ ความคิด จะนำไปสู่การทำความเข้าใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้ดี

4. ปัจจัยหนึ่งที่น่าจะมีส่วนทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจแต่ละเนื้อหาชัดเจน และมีทักษะในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับกระบวนการทางตรรกศาสตร์ดีขึ้น คือการที่นักเรียนได้ฝึกทักษะย่อย โดยผู้วิจัยให้นักเรียนฝึกทักษะย่อยทีละทักษะทันทีเมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ในแต่ละเนื้อหาแล้ว เช่น ให้นักเรียนฝึกทักษะการหาค่าความจริงของประพจน์ย่อยก่อน จนนักเรียนสามารถหาค่าความจริงได้ถูกต้อง แล้วจึงให้นักเรียนฝึกทักษะหาค่าความจริงของประพจน์ผสมที่เกิดจากการเชื่อมประพจน์ด้วยตัวเชื่อม $\wedge$, $\vee$, $\rightarrow$ และ $\leftrightarrow$ ตามลำดับ จากนั้นจึงให้นักเรียนหาค่าความจริงของประพจน์ที่เชื่อมด้วยตัวเชื่อมมากกว่าหนึ่งตัวต่อไป ส่งผลให้นักเรียนสามารถหาค่าความจริงของประพจน์ในแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบได้ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ ฉวีวรรณ กิรติกร (2537, หน้า 7) ที่ว่า การฝึกทักษะจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาดีขึ้น และนอกจากนี้ ฐะปะนีย์ นาครทรรพ (อ้างในปริษา เผ่าเครื่อง, 2541, หน้า 9) ยังได้ให้ข้อเสนอแนะในการฝึกทักษะไว้ว่า ควรฝึกทักษะทีละทักษะก่อน ฝึกจากง่ายก่อน แล้วจึงไปสู่ยาก แต่นักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถทำแบบฝึกหัด เรื่องประพจน์ที่สมมูลกัน และนิเสธของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณได้ถูกต้อง ซึ่งอาจเป็นเพราะผู้วิจัยให้นักเรียนฝึกทักษะการหาประพจน์ที่สมมูลกันของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณ 2 ลักษณะควบคู่กันไป เช่น ฝึกทักษะการหาประพจน์ที่สมมูลกันในลักษณะ $\forall x [P(x) \rightarrow Q(x)] \equiv \forall x [\sim P(x) \vee Q(x)]$ ควบคู่กับประพจน์ที่สมมูลกันในลักษณะ $\forall x [P(x)] \rightarrow \exists x [Q(x)] \equiv \sim \forall x [P(x)] \vee \exists x [Q(x)]$ จึงทำให้นักเรียนสับสน และเวลาที่ใช้ในการฝึกทักษะน้อยเกินไป แต่อย่างไรก็ตามในการฝึกทักษะนักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้น สนุกสนาน กล้าแสดงออกมากขึ้น ซึ่งเป็นบรรยากาศที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการให้นักเรียนได้ฝึกทักษะในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น แบบฝึกทักษะ ใบงาน การแสดงวิธีทำและอธิบายหน้าชั้นเรียน และการเล่นเกม นอกจากนี้ในขณะที่นักเรียนฝึกทักษะในชั้นเรียนผู้วิจัยสามารถตรวจสอบได้ว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาไม่น้อยเพียงใด มีข้อบกพร่องเรื่องใด ผู้วิจัยก็จะสามารถแก้ไขข้อบกพร่องของนักเรียนได้ทันที ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของฉวีวรรณ กิรติกร (2537, หน้า 7) ที่กล่าวว่า การฝึกทำให้ผู้เรียนเกิดความชำนาญ ถูกต้อง แม่นยำและเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาได้แล้วยังเป็นการตรวจสอบความแน่ใจว่านักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนไปแล้ว

5. จากผลการวิจัยที่สรุปว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามที่วางแผนไว้ ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับตรรกศาสตร์มากขึ้น และสามารถแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับกระบวนการทางตรรกศาสตร์ได้ในระดับดี แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่เกิดข้อผิดพลาดจากการเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหา เมื่อผู้วิจัยได้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยการซ่อมเสริมให้กับนักเรียนกลุ่มที่มีข้อผิดพลาดดังกล่าวโดยวิธีการอธิบายเพิ่มเติมทั้งในและนอกชั้นเรียน ให้นักเรียนศึกษาข้อผิดพลาดของตัวเองจากแบบฝึกหัด หรือให้ทำแบบฝึกเพิ่มเติม ซึ่งทำให้นักเรียนได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน เกิดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องพร้อมที่จะเรียนเนื้อหาใหม่ได้ สอดคล้องกับคำกล่าวของ จงรักษ์ โนชัย (2543, หน้า 39) ที่ว่า การสอนซ่อมเสริมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งที่จะช่วยให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ประสบผลสำเร็จ หากมีนักเรียนที่มีปัญหาหรือนักเรียนที่เรียนช้า จึงเป็นหน้าที่ของครูผู้สอนโดยตรงที่จะต้องให้ความช่วยเหลือ โดยการสอนซ่อมเสริม

6. จากเอกสารประกอบการเรียนการสอนแบบเดิมที่ครูนำมาจากหนังสือของสำนักพิมพ์ต่าง ๆ ซึ่งน่าจะเหมาะกับการใช้เพื่อการทบทวนมากกว่าใช้ประกอบการเรียนการสอนปกติ เพราะมีการสรุปเนื้อหาไว้แล้ว และแบบฝึกหัดค่อนข้างยากและซับซ้อนเป็นส่วนใหญ่ ทำให้นักเรียนเห็นว่าตรรกศาสตร์เป็นเรื่องใหม่ที่มีความยุ่งยากและซับซ้อน ส่งผลให้นักเรียนไม่ประสบผลสำเร็จในการเรียนตรรกศาสตร์เท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงจัดทำเอกสารประกอบการเรียนการสอนใหม่โดยให้ความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนการสอน การเรียน ลำดับเนื้อหาเหมาะสมกับนักเรียน และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สรุปเนื้อหาที่เรียนด้วยตนเอง เอกสารประกอบการเรียนการสอนดังกล่าวประกอบด้วยตัวอย่างที่ใช้วิธีการหลากหลาย ใบงาน แบบฝึกทักษะ และแบบฝึกหัดที่มีลักษณะความยากง่ายหลายระดับโดยเริ่มจากง่ายไปหายาก ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในเอกสารที่ใช้ สามารถสรุปสาระสำคัญของเนื้อหา และสามารถทำแบบฝึกหัดได้ด้วยตนเอง แต่การเขียนสาระสำคัญลงในเอกสารด้วยตนเองของนักเรียนในช่วงแรกจะมีปัญหาในการเขียนสรุปคือนักเรียนสรุปและเขียนด้วยตนเองไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนยังไม่เคยชินกับวิธีการเขียนสรุป ซึ่งวิธีการเรียนการสอนแบบเดิมที่ครูมักจะเป็นผู้บอกความรู้หรือเอกสารมีการสรุปไว้ให้แล้ว เมื่อช่วยเหลือนักเรียนโดยใช้การสรุปร่วมกันทั้งห้องก่อนแล้วจึงเขียนสรุปลงในเอกสารของตนเอง ต่อมาเมื่อนักเรียนคุ้นเคยกับการเขียนสรุปแล้ว พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถสรุปสาระสำคัญได้ด้วยตนเอง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ควรใช้สมการอย่างง่ายในการให้มนิเทศเกี่ยวกับประโยคเปิดและประพจน์ แทนการใช้ทั้งสมการและอสมการร่วมกัน เพื่อลดความยุ่งยากและความสับสนของนักเรียนในการสร้างความเข้าใจในมนิเทศดังกล่าว
2. ก่อนที่จะให้นักเรียนสรุปค่าความจริงของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณ โดยการพิจารณาจากเซตคำตอบของประโยคเปิด ครูผู้สอนควรทบทวนการแก้สมการหรืออสมการเพื่อหาเซตคำตอบโดยเฉพาะกรณีที่ U เป็นเซตอนันต์ รวมทั้งทบทวนการพิจารณาสมาชิกของเซตกรณีที่เขียนอยู่ในรูปการบอกเงื่อนไข เพราะจะช่วยลดข้อผิดพลาดในการหาเซตคำตอบของประโยคเปิดและทำให้นักเรียนสรุปค่าความจริงของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณได้ถูกต้องและรวดเร็วขึ้น
3. ควรฝึกทักษะการหาประพจน์ที่สมมูลกันที่อยู่ในรูปสัญลักษณ์ p, q ที่เชื่อมด้วยตัวเชื่อมแต่ละตัวให้คล่องก่อน แล้วจึงให้นักเรียนหาประพจน์ที่สมมูลกันของประพจน์ที่มีตัวบ่งปริมาณจากการเทียบกับประพจน์ที่อยู่ในรูปสัญลักษณ์ p, q และควรฝึกทักษะการหาประพจน์ที่สมมูลกันในลักษณะ $\forall x [P(x) \rightarrow Q(x)] \equiv \forall x [\sim P(x) \vee Q(x)]$ กับประพจน์ที่สมมูลกันในลักษณะ $\forall x [P(x)] \rightarrow \exists x [Q(x)] \equiv \sim \forall x [P(x)] \vee \exists x [Q(x)]$ แยกกัน เพื่อลดความสับสนและการเข้าใจผิดของนักเรียน
4. ในการใช้คำถามนำครูควรใช้คำถามที่เรียงตามลำดับขั้นหรือตั้งคำถามเป็นชุดที่เรียงลำดับตามกระบวนการ ความรู้ ความคิด ที่สามารถกระตุ้นและนำความคิด ที่จะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและนำไปสู่ความรู้ที่นักเรียนควรได้รับ สามารถทำให้นักเรียนสรุปมนิเทศได้ถูกต้องและรวดเร็วขึ้น
5. ในการจัดทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบ ควรให้สอดคล้องและเหมาะสมกับความสามารถและความรู้พื้นฐานของนักเรียน ซึ่งทำให้นักเรียนไม่เกิดความรู้สึกละเลยจนเกินไป
6. การฝึกทักษะควรมีรูปแบบที่หลากหลาย ตรงกับความสนใจของนักเรียน และไม่มากเกินไป เพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่าย และมีความพึงพอใจในการฝึกทักษะ เช่น ฝึกจากแบบฝึกทักษะที่ครูจัดทำขึ้น ใบงาน การแสดงวิธีทำและอธิบายหน้าชั้นเรียน และการเล่นเกม เป็นต้น
7. ในการตรวจแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนหรือแบบฝึกหัด ครูควรมีการเขียนข้อความเพื่อสะท้อนผลให้แก่ักเรียนในทางสร้างสรรค์ เพื่อให้นักเรียนเกิดกำลังใจหรือสามารถ

แก้ไขข้อผิดพลาดได้ ทั้งนี้เป็นการช่วยเหลือนักเรียนเป็นรายบุคคลมากยิ่งขึ้น และควรเขียนบันทึกการตรวจแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องต่าง ๆ ของนักเรียน

8. ครูควรสร้างแรงจูงใจ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนส่งการบ้านเป็นประจำ เช่น ให้คะแนนสะสมจากการส่งการบ้าน

9. ครูควรฝึกให้นักเรียนสรุปสาระสำคัญหรือมโนทัศน์ร่วมกันทั้งห้องก่อน แล้วค่อยให้นักเรียนสรุปเป็นกลุ่ม เมื่อนักเรียนคุ้นเคยในการสรุปและการเขียนสรุปในเอกสารประกอบการเรียนแล้ว จึงให้นักเรียนสรุปและเขียนด้วยตนเอง

10. ครูควรใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่หลากหลาย เช่น แบบบันทึกประจำวันของครู การสัมภาษณ์ การตรวจแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ การอ่านบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน เป็นต้น เพราะครูจะได้รับข้อมูลที่ตรงตามสภาพที่แท้จริงของนักเรียน และทราบได้ว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาขนาดน้อยเพียงใด รวมทั้งทำให้ครูมองเห็นปัญหาของนักเรียนโดยภาพรวมและรายบุคคล ซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปพิจารณาปรับปรุงการเรียนการสอนต่อไป

11. การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนครั้งนี้ เน้นการแก้ปัญหาที่ครูพบในชั้นเรียนมากกว่าปัญหาเชิงทฤษฎีที่กำหนดโดยนักวิจัย (Elliott, อ้างใน Johnson & Beverly, 2003) ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงไม่ได้ดำเนินการในส่วนของการหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้ที่จะทำการวิจัยในลักษณะนี้ต่อไปอาจนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้ที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องนั้น ๆ ตรวจสอบ เพื่อให้ผลงานวิจัยมีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการวิจัยเพื่อหาแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในเนื้อหาอื่น ๆ หรือในระดับชั้นอื่น ๆ ที่ทำให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

2. ควรมีการวิจัยเพื่อหาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในเนื้อหาอื่น โดยใช้รูปแบบที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ประกอบกับข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้คำถามเพื่อช่วยในการพัฒนาการสรุปมโนทัศน์ด้วยตนเอง

4. ควรมีการศึกษาต่อไปว่าการฝึกทักษะในลักษณะใดที่ส่งผลให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเกี่ยวกับกระบวนการทางตรรกศาสตร์