# บทที่ 5

## สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

### สรุปการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามโนทัศน์ทางฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกรุงเทพมหานคร

ตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนรัฐบาล สังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร จากท้องที่การศึกษาทั้งหมด 8 ท้องที่ จำนวน 351 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบแบ่งชั้น (stratified random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบทดสอบมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง จำนวน 2 ฉบับ ดังนี้คือ

ฉบับที่ 1 แบบทดสอบมโนทัศน์ทางฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่ สร้างจากมโนทัศน์ย่อย จำนวน 30 มโนทัศน์ มโนทัศน์เหล่านี้ผ่านการตรวจความถูกต้องและความครอบคลุมเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1 (ว 021) ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากผู้ทรงคุณวุฒิ (ชุดที่ 1) จำนวน 3 ท่าน แบบทดสอบมโนทัศน์ทางฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่นี้ ผ่านการตรวจความตรงเชิงเนื้อหา ความถูกต้องของตัวเลือก และความเหมาะสมของตัวลวงจากผู้ทรงคุณวุฒิ (ชุดที่ 2) จำนวน 3 ท่าน และผ่านการนำไปทดลองใช้ 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก แล้วจึงคัดเลือกข้อสอบที่มีระดับความยากง่ายมากกว่า 0 แต่น้อยกว่า 1 ($0 < P < 1$) และค่าอำนาจจำแนกมากกว่า 0 ($r > 0$) จากการทดลองใช้ครั้งที่ 3 ได้แบบทดสอบมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่ที่จะนำไปใช้จริง จำนวน 54 ข้อ จากข้อสอบ 65 ข้อ ซึ่งมีค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ 0.73 มีระดับความยากง่ายระหว่าง 0.11 - 0.92 และมีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.02-0.39

ฉบับที่ 2 แบบทดสอบมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ เรื่องกฎการเคลื่อนที่ สร้างจากมโนทัศน์ย่อย 15 มโนทัศน์ มโนทัศน์เหล่านี้ผ่านการตรวจความถูกต้องและความครอบคลุมเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1 (ว 021) ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากผู้ทรงคุณวุฒิ (ชุดที่ 1) จำนวน 3 ท่าน แบบทดสอบมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ เรื่องกฎการเคลื่อนที่นี้ ผ่านการตรวจความตรงเชิงเนื้อหา ความถูกต้องของตัวเลือก และความเหมาะสมของตัวลวง จากผู้ทรงคุณวุฒิ (ชุดที่ 2) จำนวน 3 ท่าน และผ่านการนำไปทดลองใช้ 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก แล้วจึงคัดเลือกข้อสอบที่มีระดับความยากง่ายมากกว่า 0 แต่น้อยกว่า 1 ($0 < P < 1$) และค่าอำนาจจำแนกมากกว่า 0 ($r > 0$) จากการทดลองใช้ครั้งที่ 3 ได้แบบทดสอบมโนทัศน์ทางฟิสิกส์เรื่องกฎการเคลื่อนที่ ที่จะนำไปใช้จริง จำนวน 33 ข้อ จากข้อสอบ 40 ข้อ ซึ่งมีค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ 0.71 มีระดับความยากง่ายระหว่าง 0.10 - 0.93 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.02 - 0.54

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบมโนทัศน์ทางฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่ และแบบทดสอบมโนทัศน์ทางฟิสิกส์เรื่องกฎการเคลื่อนที่ ไปทดสอบกับตัวอย่างประชากรที่สุ่มไว้ด้วยตนเอง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าคะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของแต่ละมโนทัศน์ย่อย และมโนทัศน์หลัก

ข้อค้นพบ

จากการศึกษามโนทัศน์ทางฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกรุงเทพมหานคร เรื่องการเคลื่อนที่ และเรื่องกฎการเคลื่อนที่ ปรากฏผลดังนี้

1. โดยเฉลี่ยแล้วตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่ในระดับต่ำ คิดเป็นค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 56

เมื่อพิจารณารายมโนทัศน์ย่อย พบว่า ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ ในเรื่องการเคลื่อนที่ ในระดับสูงมาก 5 มโนทัศน์ ดังต่อไปนี้

(1) มโนทัศน์ที่ 2 การเคลื่อนที่แบบเลื่อนตำแหน่ง

(2) มโนทัศน์ที่ 4 การบอกตำแหน่งของวัตถุในแนวเส้นตรง

(3) มโนทัศน์ที่ 11 การบวกเวกเตอร์

(4) มโนทัศน์ที่ 12 การเรียงลำดับเวกเตอร์ในการบวกเวกเตอร์

(5) มโนทัศน์ที่ 15 การลบเวกเตอร์

ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ ในเรื่องการเคลื่อนที่ในระดับต่ำมาก 11 มโนทัศน์ ดังต่อไปนี้

(1) มโนทัศน์ที่ 3 การเคลื่อนที่แบบหมุน

(2) มโนทัศน์ที่ 14 เวกเตอร์ศูนย์

(3) มโนทัศน์ที่ 16 อัตราเร็วเฉลี่ย

(4) มโนทัศน์ที่ 19 ความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง

(5) มโนทัศน์ที่ 22 ความเร่งเฉลี่ย

(6) มโนทัศน์ที่ 23 ความเร่งขณะใดขณะหนึ่ง

(7) มโนทัศน์ที่ 24 การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกอย่างอิสระ

(8) มโนทัศน์ที่ 25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่งกับเวลา

(9) มโนทัศน์ที่ 28 สมการหาค่าระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ทั้งหมดจากค่าอัตราเร็วเฉลี่ยและเวลา

(10) มโนทัศน์ที่ 29 สมการหาค่าระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ไปได้ทั้งหมด จากค่าอัตราเร็ว ความเร่ง และเวลา

(11) มโนทัศน์ที่ 30 สมการหาค่ากำลังสองของอัตราเร็วของวัตถุ

2. โดยเฉลี่ยแล้วตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ เรื่องกฎการเคลื่อนที่ ในระดับต่ำ คิดเป็นค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 57

เมื่อพิจารณารายมโนทัศน์ย่อย พบว่า ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ในเรื่องกฎการเคลื่อนที่ ในระดับสูงมาก 1 มโนทัศน์ ดังต่อไปนี้

(1) มโนทัศน์ที่ 3 แรงลัพธ์

ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ในเรื่องกฎการเคลื่อนที่ ในระดับต่ำมาก 7 มโนทัศน์ ดังต่อไปนี้

(1) มโนทัศน์ที่ 1 มวล

(2) มโนทัศน์ที่ 4 การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์เนื่องจากแรง 2 แรง กระทำต่อวัตถุโดยสร้างรูปสามเหลี่ยม

(3) มโนทัศน์ที่ 5 การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์เนื่องจากแรง 2 แรง กระทำต่อวัตถุโดยสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

(4) มโนทัศน์ที่ 7 การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์เนื่องจากแรง 2 แรง กระทำมุมใด ๆ ต่อกันโดยการคำนวณ

(5) มโนทัศน์ที่ 9 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

(6) มโนทัศน์ที่ 12 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน

(7) มโนทัศน์ที่ 14 การใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

<u>อภิปรายผล</u>

1. จากข้อค้นพบที่ว่า ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่โดยเฉลี่ยในระดับต่ำ และมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ในระดับต่ำมาก 11 มโนทัศน์ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ ประการแรกเนื้อหาส่วนใหญ่ของเรื่องการเคลื่อนที่ ที่นักเรียนเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นั้น เป็นเนื้อหาใหม่สำหรับนักเรียน เช่น เวกเตอร์ อัตราเร็ว ความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง ฯลฯ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ พรรณี โรจน์ธำรงค์ (2529: 135) ที่พบว่า เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นไม่เป็นพื้นฐานสำหรับวิชาฟิสิกส์ ในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สาเหตุนี้อาจส่งผลให้ประสบการณ์ในการเรียนรู้เนื้อหาเรื่องการเคลื่อนที่ ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับลักษณะต่าง ๆ ของวัตถุ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่นักเรียนได้พบในบทเรียนน้อยมาก จึงไม่สามารถรับรู้ แยกแยะ และสรุปครอบคลุมถึงลักษณะต่าง ๆ หรือเหตุการณ์นั้น ๆ ได้ ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวนี้ก็คือ กระบวนการในการสร้างมโนทัศน์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ดังที่ เค โลเวล (Lovell 1966: 12-13) ได้กล่าวเกี่ยวกับ

การสร้างมโนทัศน์ไว้ว่า "เด็กจะสร้างมโนทัศน์ได้ก็ต่อเมื่อสามารถแยกแยะสมบัติของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น จากนั้นสามารถสรุปครอบคลุมในลักษณะที่ร่วมกันของสิ่งที่ค้นพบได้"

นอกจากนี้ จากการศึกษางานวิจัยของ พอล เบรินท์ แอคเคอร์สัน (Ackerson 1966: 44) พบว่า นักเรียนที่เรียนวิชาฟิสิกส์จำเป็นต้องมีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ เพราะวิชาฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นเมื่อได้พิจารณาเนื้อหาของวิชาคณิตศาสตร์ที่ต้องนำมาใช้คำนวณเพื่อแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์ และจากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักสูตรของวิชาคณิตศาสตร์ปัจจุบันพบว่ามีความไม่สอดคล้องกันของการจัดลำดับเนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์ที่นำไปใช้ในวิชาฟิสิกส์ ตัวอย่างเช่น เรื่องเวกเตอร์ นักเรียนจะได้เรียนเรื่องเวกเตอร์ในวิชาคณิตศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 1 ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แต่นักเรียนจะต้องนำเรื่องเวกเตอร์นี้มาใช้ในวิชาฟิสิกส์ในภาคเรียนที่ 1 ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังนั้นจากความไม่สอดคล้องกันของการจัดลำดับเนื้อหาเรื่องเวกเตอร์ ที่จะนำมาใช้ในวิชาฟิสิกส์ ทำให้ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ต้องนำเนื้อหาเรื่องเวกเตอร์ส่วนที่ต้องการใช้ในวิชาฟิสิกส์มาสอนให้นักเรียนก่อน แล้วให้นักเรียนไปศึกษาข้อเท็จจริงและรายละเอียดของเนื้อหาเรื่องเวกเตอร์เพิ่มเติมในวิชาคณิตศาสตร์อีกครั้งหนึ่ง การสอนเป็นไปในลักษณะให้เฉพาะข้อสรุปแก่นักเรียน เนื่องจากมีเวลาจำกัด อาจทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหา และข้อเท็จจริงไม่ชัดเจนพอที่จะเกิดความเข้าใจ และสรุปรวมเป็นมโนทัศน์ของเวกเตอร์ และไม่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้ ดังคำกล่าวของ จำนง พรายแย้มแข (2516: 47-49) ที่กล่าวว่า "การที่บุคคลจะเกิดมโนทัศน์ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ก็ต่อเมื่อบุคคลนั้นจะต้องมีประสบการณ์ในการเรียนรู้ความจริง หลักการและสรุปรวมของเรื่องนั้นมาก่อนแล้ว" และพนัส หันนาคินทร์ (2526: 99-100) ได้กล่าวว่า "ประสบการณ์ที่แถลงออกมาอย่างชัดเจนนั้นย่อมจะสร้างมโนทัศน์ที่ถูกต้องและชัดเจน" ด้วยเหตุดังกล่าวนี้อาจจะเป็นผลให้มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ในเรื่องการเคลื่อนที่ของนักเรียนมีระดับต่ำได้

สาเหตุประการต่อไปนี้นอาจเนื่องมาจากในการเรียนเพื่อให้เกิดมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ นักเรียนจะต้องทำการทดลอง และในการทดลองจะต้องบันทึกข้อมูล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งนักเรียนจะต้องเขียนกราฟ ตีความหมายจากกราฟหรือข้อมูล แล้วจึงสรุปมาเป็นกฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการจัดกระทำกับข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อสรุปรวมนั้นมีกระบวนการที่ซับซ้อนมากขึ้น จำเป็นต้องอาศัยการพัฒนาเป็นลำดับขั้นต่อเนื่องกันไปเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ ซึ่งส่วนหนึ่งของการเรียนเพื่อให้เกิดความเข้าใจก็คือ การ

เรียนรู้มโนทัศน์นั่นเอง ซึ่งสอดคล้องกับที่คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 48) ได้สรุปไว้ว่า "มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากข้อเท็จจริงทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม และเน้นในเชิงปริมาณเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ข้อมูลที่เน้นการทดลอง มีการใช้อุปกรณ์ ปรับปรุงอุปกรณ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ดีเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ นอกจากนั้นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจบทเรียน และความรู้ในระดับสูงได้แจ่มแจ้ง" ดังนั้นถ้านักเรียนมีพื้นความรู้เดิมที่ค่อนข้างแคบก็อาจจะมีผลทำให้ไม่สามารถเรียนให้เกิดความรู้ความเข้าใจ และนำไปใช้แก้ปัญหาได้ จึงส่งผลให้มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ของนักเรียนมีระดับต่ำได้

สาเหตุอีกประการหนึ่งที่นักเรียนมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ในเรื่องการเคลื่อนที่ ในระดับต่ำคือ ทุกมโนทัศน์ในเรื่องการเคลื่อนที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันตามลำดับเนื้อหาและการเรียนรู้มโนทัศน์ในลำดับแรกเป็นพื้นฐานในการนำไปสู่การสรุปรวมของมโนทัศน์ในลำดับต่อไปตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับที่คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนทางวิทยาศาสตร์ ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 48) ได้เสนอไว้ว่า "มโนทัศน์หนึ่งอาจจะเกิดมาจากการนำเอามโนทัศน์หลาย ๆ มโนทัศน์มาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล" ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ ถ้านักเรียนไม่สามารถที่จะนำเอาข้อมูลหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ มาสรุปรวมเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นกระบวนการต่อเนื่องตั้งแต่ความรู้เบื้องต้นไปจนกระทั่งถึงความรู้ระดับสูงได้ ก็อาจจะทำให้นักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ ซึ่งความสามารถในการสร้างมโนทัศน์เป็นความสามารถพื้นฐานในการแก้ปัญหา เพราะถ้ามีมากเพียงใดก็จะสามารถแก้ปัญหาได้มากเพียงนั้นจึงอาจส่งผลให้นักเรียนมีระดับมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ต่ำได้ถ้านักเรียนไม่สามารถเรียนรู้มโนทัศน์ในเรื่องนั้นได้ดีพอ

นอกจากสาเหตุดังกล่าวแล้ว ยังพบว่ามโนทัศน์ทางฟิสิกส์ในเรื่องการเคลื่อนที่นั้น ลักษณะเนื้อหาในบางส่วนมีความเป็นนามธรรม ซึ่งการเรียนรู้มโนทัศน์ในระดับนี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้สอนมีความพร้อมทั้งทางด้านเนื้อหาและการเตรียมการเรียนการสอน และนักเรียนมีประสบการณ์มามากพอที่จะเข้าใจมโนทัศน์นั้น ๆ ได้ ดังนั้นในการเรียนรู้มโนทัศน์ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมนั้น ครูจะต้องพยายามทำเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรมนั้นให้มีความเป็นรูปธรรมให้มากที่สุด เพื่อจะได้เป็นการง่ายสำหรับการเรียนรู้ โดยครูควรจะเลือกใช้วิธีสอนให้เหมาะสมกับการเรียนและนักเรียน และควรจะจัดกิจกรรมให้นักเรียนอย่างกว้างขวาง เพราะกิจกรรมในการเรียนการสอนจะเป็นเครื่องยั่วยุนักเรียนให้เกิดความต้องการที่จะเรียนรู้ รู้จักคิดหาเหตุผล รู้จักเชื่อมโยงความรู้ใหม่

กับมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมให้เกิดมโนภาพขึ้นในความคิดขั้นสุดท้าย เพื่อให้เป็นข้อสรุปจนสามารถทำความเข้าใจบทเรียนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงอาจกล่าวได้ว่า มโนทัศน์เป็นส่วนสำคัญที่ครูใช้ในการเตรียมกิจกรรมในการเรียนการสอน เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ถ้าครูละเลยในส่วนนี้ไปก็อาจจะส่งผลให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่ในระดับต่ำได้

สำหรับมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ที่นักเรียนมีอยู่ในระดับสูงมาก เช่น มโนทัศน์เรื่องการเคลื่อนที่แบบเลื่อนตำแหน่ง เป็นลักษณะการเคลื่อนที่ที่นักเรียนได้พบเห็นในชีวิตประจำวัน เฉพาะการเคลื่อนที่แบบเลื่อนตำแหน่ง หมายถึง การเคลื่อนที่โดยวัตถุขยับเลื่อนไปจากตำแหน่งเดิมเป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง เช่น รถยนต์แล่นไปตามถนนตรง ดังนั้นลักษณะการเคลื่อนที่แบบนี้จึงเป็นลักษณะการเคลื่อนที่ ที่นักเรียนคุ้นเคยและได้รับจากประสบการณ์ตรง มีลักษณะเป็นรูปธรรมมาก สามารถสัมผัสได้ จึงเกิดมโนภาพขึ้นในความคิดและสรุปรวมให้ครอบคลุมเป็นมโนทัศน์ได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับที่ ผดุงยศ ดวงมาลา (2523: 5) ได้กล่าวไว้ว่า "มโนทัศน์ที่สมบูรณ์จะเกิดขึ้นเมื่อบุคคลมีประสบการณ์ตรง หรือประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมต่อสิ่งนั้น" หรือมโนทัศน์เรื่องการบอกตำแหน่งของวัตถุในแนวเส้นตรง เป็นมโนทัศน์ที่นักเรียนมีประสบการณ์เดิมจากชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นอยู่ก่อนแล้ว ดังนั้นเมื่อได้ศึกษาในเรื่องใหม่ที่มีส่วนคล้ายคลึงกับสิ่งที่ได้เคยเรียนรู้มาบ้างแล้ว ก็สามารถรับข้อมูลได้ง่าย และเรียนรู้มโนทัศน์นั้นได้เป็นอย่างดี ดังที่ มังกร ทองสุขดี (2521: 97) ได้กล่าวไว้ว่า "องค์ประกอบที่สำคัญยิ่งในการพัฒนามโนทัศน์ ได้แก่ ภูมิหลังด้านประสบการณ์ของเด็ก เพราะถ้าเด็กได้ศึกษาเรื่องใหม่ ๆ ที่มีความละม้ายคล้ายคลึงกับสิ่งที่ได้เคยเรียนรู้มาแล้ว จะช่วยให้เกิดประโยชน์แก่เด็กได้มาก เพราะเด็กจะรับข้อมูลใหม่ ๆ ได้ง่ายกว่า และนำข้อมูลนั้นไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้มากกว่า" จากเหตุผลดังกล่าวนี้ อาจมีผลให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ในระดับสูงมากกว่าในบางมโนทัศน์ที่กล่าวมาแล้วได้

2. จากข้อค้นพบที่ว่า ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ เรื่องกฎการเคลื่อนที่โดยเฉลี่ยในระดับต่ำ และมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ในระดับต่ำมาก 7 มโนทัศน์ ทั้งนี้อาจเป็นผลสืบเนื่องมาจาก ประการแรก เนื้อหาส่วนใหญ่ของเรื่องกฎการเคลื่อนที่มีความสัมพันธ์กับเนื้อหาของเรื่องการเคลื่อนที่ที่นักเรียนได้เรียนมาแล้ว โดยเนื้อหาเรื่องการเคลื่อนที่ เช่น เรื่องความเร็ว ความเร่ง เวกเตอร์ ฯลฯ เป็นมโนทัศน์พื้นฐานของเนื้อหาเรื่องกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งถือได้ว่าเป็นพื้นฐานเดิมในการที่จะนำมาสัมพันธ์กับเนื้อหาใหม่ เรื่องกฎการเคลื่อนที่ เพื่อให้เกิดมโนทัศน์ใหม่ในระดับสูงขึ้นไป ดังที่ คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและ

ผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 31-32) ได้เสนอว่า "ประสบการณ์และมโนทัศน์ที่นักเรียนมีอยู่เดิมจะเป็นพื้นฐานในการที่เกิดมโนทัศน์ในระดับต่อไป" ดังนั้นถ้านักเรียนมีประสบการณ์ในเรื่องนั้น ๆ มาก่อนด้วยปริมาณที่มากพอก็จะเป็นเครื่องช่วยให้เกิดมโนทัศน์ได้ดียิ่งขึ้น แต่จากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า โดยเฉลี่ยนักเรียนมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่ในระดับต่ำ จึงอาจส่งผลให้มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ของนักเรียนในเรื่องกฎการเคลื่อนที่มีระดับต่ำได้

นอกจากนั้นลักษณะของมโนทัศน์ในเรื่องกฎการเคลื่อนที่มีความเป็นนามธรรมมากขึ้น เช่น มโนทัศน์เรื่อง มวล กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน ฯลฯ เป็นเนื้อหาที่นักเรียนไม่สามารถสัมผัสได้โดยตรง จะต้องอาศัยความรู้ขั้นพื้นฐานประกอบการศึกษา เพื่อก่อให้เกิดความคิดความเข้าใจ และให้เนื้อหานั้นมีความเป็นรูปธรรมขึ้นในความคิดของนักเรียน เพื่อที่จะได้สรุปรวมให้เกิดมโนทัศน์ใหม่ แต่ถ้านักเรียนไม่สามารถนำประสบการณ์เดิม มาประมวลเข้าด้วยกันกับความรู้ใหม่ให้เกิดเป็นมโนภาพขึ้นในความคิดขั้นสุดท้ายเพื่อให้เป็นข้อสรุป หรือคำจำกัดความของสิ่งนั้นได้ ก็อาจส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเรียนรู้เนื้อหาที่เป็นนามธรรมได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ แอนตัน อีริค ลอสัน (Lawson 1973: 3179-A) ที่พบว่า นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายส่วนใหญ่ยังมีระดับสติปัญญาอยู่ในขั้นคิดรูปธรรม ในขณะที่เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ในระดับนี้เป็นนามธรรม และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ พรพิมล สกุลคู (2525: 66) ที่พบว่า จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 368 คน อายุระหว่าง 15 - 17 ปี 4.62% เป็นนักเรียนที่มีระดับพุทธิปัญญาขั้นการคิดแบบรูปธรรม (concrete operations) 53.53% เป็นนักเรียนที่มีระดับพุทธิปัญญาขั้นที่อยู่ระหว่างการคิดแบบนามธรรมและการคิดแบบรูปธรรม (transitional operations) และ 41.85% เป็นนักเรียนที่มีระดับพุทธิปัญญาขั้นการคิดแบบนามธรรม ซึ่งดูตามอายุแล้วนักเรียนทั้งหมดควรจะมีระดับพุทธิปัญญาขั้นการคิดแบบนามธรรม (Formal operations) ซึ่งจากงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่ามีนักเรียนร้อยละไม่ถึง 50 ที่มีระดับพุทธิปัญญาขั้นการคิดแบบนามธรรม ดังนั้นเมื่อเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีความเป็นนามธรรมมากขึ้น แต่นักเรียนยังมีระดับพุทธิปัญญาขั้นการคิดแบบรูปธรรม และระดับพุทธิปัญญาขั้นที่อยู่ระหว่างการคิดแบบนามธรรม และรูปธรรมเป็นส่วนมาก จึงทำให้นักเรียนยังไม่สามารถเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมได้ดีเท่าที่ควร ด้วยสาเหตุนี้จึงอาจส่งผลให้มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ในเรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนมีระดับต่ำได้

สำหรับมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ที่นักเรียนมีอยู่ในระดับสูงมากคือ มโนทัศน์เรื่องแรงลัพธ์ ซึ่งเป็นมโนทัศน์ที่ต่อเนื่องมาจากมโนทัศน์เรื่องแรง ที่นักเรียนมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์เรื่องแรงนี้อยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้นเมื่อนักเรียนเรียนมโนทัศน์เรื่องแรงลัพธ์ซึ่งนักเรียนมีมโนทัศน์พื้นฐานเรื่องแรงอยู่ในระดับปานกลาง และนอกจากนั้นในการเรียนเรื่องแรงลัพธ์ นักเรียนจะได้ทำการทดลองด้วยตนเอง ทำให้ได้สัมผัสจากประสบการณ์ตรง จึงก่อให้เกิดมโนทัศน์ที่ชัดเจนขึ้นซึ่งสอดคล้องกับที่ จำนง พรายแย้มแข (2516: 51) ได้กล่าวไว้ว่า "การเปิดโอกาสให้เด็กได้ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง จะช่วยส่งเสริมให้เด็กเกิดมโนทัศน์ขึ้นได้เองอย่างได้ผลดี" สาเหตุดังกล่าวนี้อาจส่งผลให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ในระดับสูงมากในบางมโนทัศน์ที่กล่าวมาแล้วได้

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะทั่วไป

จากผลการวิจัยครั้งนี้ ทำให้ทราบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ในกรุงเทพมหานคร มีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่ และเรื่องกฎการเคลื่อนที่ โดยเฉลี่ยในระดับต่ำ หลายมโนทัศน์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้นดังต่อไปนี้

1. ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ ควรมีการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน และจัดกิจกรรมการเรียนที่เหมาะสมให้แก่นักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง หรือประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมในการเรียนรู้มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ที่เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนวิชาฟิสิกส์เล่มอื่น ๆ และในชั้นสูงต่อไป

2. ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ ควรมีการนำแบบทดสอบมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ไปใช้ในการเรียนการสอน ประเมินผลตนเองและนักเรียน เพื่อศึกษาข้อดี หรือข้อบกพร่องที่เป็นปัญหาและอุปสรรคในการเรียนของนักเรียน เพื่อหาทางแก้ไขและช่วยเหลือนักเรียนต่อไป

3. ผู้สนใจในการสร้างแบบทดสอบมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ ควรศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบมโนทัศน์ทางฟิสิกส์เรื่องอื่น ๆ และในระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไป

4. ผู้ที่เกี่ยวข้องในการปรับปรุงเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ และวิชาคณิตศาสตร์ ควรใช้เป็นแนวทางในการจัดเนื้อหาของวิชาฟิสิกส์และวิชาคณิตศาสตร์ ให้สอดคล้องและมีความต่อเนื่องกัน

5. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ควรจัดให้มีการอบรมครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ระดับต่าง ๆ เพื่อเน้นให้เห็นถึงความสำคัญของการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ และลำดับขั้นในการสอนเพื่อให้เกิดมโนทัศน์ทางฟิสิกส์

<u>ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป</u>

1. ควรมีการศึกษามโนทัศน์ทางฟิสิกส์ของนักเรียนในเรื่องอื่น ๆ และระดับชั้นอื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ของนักเรียนแต่ละเรื่อง และแต่ละระดับชั้น

2. ควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ทางฟิสิกส์กับเรื่องต่าง ๆ ต่อไปนี้คือ เพศของนักเรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ วิธีการสอนของครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์