บทที่ 5

สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเขตกรุงเทพมหานคร

ตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2532 ซึ่งศึกษาอยู่ในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร ตัวอย่างประชากรในการวิจัยมี 2 ชุด ตัวอย่างประชากรชุดที่หนึ่งมีจำนวน 375 คน สำหรับตอบแบบทดสอบที่วัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียนในบทเรียน เรื่อง สสาร และการเปลี่ยนแปลง ปริมาณสารสัมพันธ์ 1 และปริมาณสารสัมพันธ์ 2 ตัวอย่างประชากรชุดที่สองมีจำนวน 349 คน สำหรับตอบแบบทดสอบที่วัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียนในบทเรียน เรื่อง สมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของธาตุ และโครงสร้างอะตอม รวมตัวอย่างประชากรทั้งหมดมีจำนวน 708 คน ตัวอย่างประชากรทั้งสองชุดได้จากการสุ่มแบบแบ่งชั้น(stratified random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 2 ฉบับ แบบทดสอบทั้งสองฉบับเป็นแบบเลือกตอบซึ่งมีจำนวนตัวเลือกขึ้นอยู่กับจำนวนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่คาดว่านักเรียนจะมีในหัวข้อนั้น ๆ แบบทดสอบทั้งสองฉบับผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่านในฉบับที่ 1 และจำนวน 6 ท่านในฉบับที่ 2 แบบทดสอบฉบับที่ที่ 1 มีจำนวน 29 ข้อ วัดมโนทัศน์ทั้งหมดจำนวน 23 มโนทัศน์ ในบทเรียนเรื่องสสารและการเปลี่ยนแปลง ปริมาณสารสัมพันธ์ 1 และปริมาณสารสัมพันธ์ 2 แบบทดสอบฉบับนี้มีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.21-0.82 ค่าความยากง่ายระหว่าง 0.30-0.84 และค่าความเที่ยงแบบทดสอบซ้ำเท่ากับ 0.86 ส่วนแบบทดสอบฉบับที่ 2 มีจำนวน 35 ข้อ วัดมโนทัศน์ในบทเรียนเรื่องสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของธาตุและโครงสร้างอะตอม แบบทดสอบ

ฉบับนี้มีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.35-0.88 ค่าความยากง่ายระหว่าง 0.34-0.72 และค่าความเที่ยงแบบทดสอบซ้ำเท่ากับ 0.81

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบทั้งสองฉบับไปทดสอบกับตัวอย่างประชากรด้วยตนเอง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าร้อยละของจำนวนตัวอย่างประชากรที่ตอบคำตอบซึ่งเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มโนทัศน์ใดที่มีค่าร้อยละของตัวอย่างประชากรตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไปเลือกตอบ กำหนดว่ามโนทัศน์นั้นเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตัวอย่างประชากร

ผลการวิจัย

จากการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเขตกรุงเทพมหานคร ปรากฏผลดังนี้

1. จำนวนข้อความมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตัวอย่างประชากรจำแนกตามบทเรียน ปรากฏผลดังนี้

1.1 บทเรียนที่มีจำนวนข้อความมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตัวอย่างประชากรจำนวนมากที่สุด ได้แก่ บทเรียนเรื่องสมบัติของสาร

1.2 บทเรียนที่มีจำนวนข้อความมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตัวอย่างประชากรจำนวนมากเป็นอันดับสอง ได้แก่ บทเรียนเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ 1

1.3 บทเรียนที่มีจำนวนข้อความมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตัวอย่างประชากรจำนวนมากเป็นอันดับสาม ได้แก่ บทเรียนเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของธาตุ และเรื่องโครงสร้างอะตอม

1.4 บทเรียนที่มีจำนวนข้อความมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตัวอย่างประชากรจำนวนน้อยที่สุด ได้แก่ บทเรียนเรื่องสสารและการเปลี่ยนแปลง

1.5 บทเรียนที่ไม่มีข้อความมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตัวอย่างประชากร ได้แก่บทเรียนเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ 2

2. จำนวนข้อความมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตัวอย่างประชากร จำแนกตามหัวข้อปรากฏผลดังนี้

2.1 หัวข้อที่มีจำนวนข้อความมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตัวอย่างประชากรจำนวนมากที่สุด ได้แก่ หัวข้อเรื่องทฤษฎีจลน์ของก๊าซ

2.2 หัวข้อที่มีจำนวนข้อความมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตัวอย่างประชากรจำนวนรองลงมาได้แก่หัวข้อเรื่องโมล

2.3 หัวข้อที่มีจำนวนข้อความมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตัวอย่างประชากรน้อยที่สุดได้แก่หัวข้อในเรื่องต่อไปนี้

(1) การกลั่นลำดับส่วน

(2) มวลอะตอม

(3) กฎของอโวกาโดร

(4) สมบัติของของเหลว

(5) สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย

(6) สมบัติของธาตุ

(7) สารประกอบคลอไรด์

(8) แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด

(9) เลขมวล เลขอะตอม และไอโซโทป

2.4 หัวข้อที่ไม่มีข้อความมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตัวอย่างประชากร ได้แก่หัวข้อในเรื่องต่อไปนี้

(1) การตรวจสอบสารละลายและสารบริสุทธิ์

(2) การกลั่น

(3) การสกัดโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ

(4) โครมาโตกราฟี

(5) พลังงานกับการละลาย

(6) ระบบปิดและระบบเปิด

(7) การศึกษาอัตรวส่วนโดยมวลของธาตุที่รวมกันเป็นสารประกอบ

(8) กฎของเกย์ลูสแซก

(9) สูตรเคมี

(10) การเตรียมสารละลาย

(11) สมการเคมี

(12) ความสัมพันธ์ระหว่างค่า K_b และค่า K_f กับมวลโมเลกุล

(13) คอลลอยด์

(14) การจัดเรียงอนุภาคของสาร

(15) สารประกอบออกไซด์

(16) แบบจำลองอะตอมของทอมสัน

(17) เส้นสเปกตรัมของธาตุและการแปลความหมาย

(18) พลังงานไอออไนเซชัน

(19) แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก

(20) ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างอะตอมกับตารางธาตุ

3. ข้อความมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตัวอย่างประชากร เรียงลำดับตามค่าร้อยละของตัวอย่างประชากรที่เข้าใจคลาดเคลื่อนจากมากไปน้อย ปรากฏผลดังนี้

(1) ก๊าซจำนวน 1 โมลมี 6.02×10^{23} อะตอม

(2) ของแข็ง เช่นหินปูนจำนวน 1 โมลมีปริมาตร 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตร ที่ภาวะอุณหภูมิและความดันมาตรฐาน

(3) โลหะเป็นธาตุที่มีแต่ความถ่วงจำเพาะสูง

(4) การกลั่นลำดับส่วนสามารถใช้แยกสารละลายที่ประกอบด้วยของเหลวที่มีจุดเดือดต่างกันน้อยให้ออกจากกันอย่างบริสุทธิ์

(5) มวลอะตอมเป็นค่าตัวเลขที่ได้จากการเปรียบเทียบมวลของธาตุนั้นกับมวลของ 1/12 ของธาตุคาร์บอน-12 จำนวน 1 อะตอม เท่านั้น

(6) พื้นที่ผิวหน้าของของเหลวมีผลต่อความดันไอของของเหลว เมื่ออุณหภูมิคงที่

(7) ในการยิงอนุภาคแอลฟาเป็นเส้นตรงผ่านแผ่นทองคำบาง ๆ จะทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแอลฟาเบี่ยงเบนไปจากแนวเส้นตรง เนื่องจากอนุภาคแอลฟาชนกับอิเล็กตรอนที่อยู่รอบนิวเคลียส ทำให้เกิดแรงปะทะระหว่างอนุภาคแอลฟากับอิเล็กตรอน

(8) การเพิ่มปริมาตรของก๊าซเมื่ออุณหภูมิและมวลของก๊าซคงที่ จะมีผลให้ความแรงในการชนผนังภาชนะของโมเลกุลก๊าซลดลง

(9) ก๊าซจำนวน 1 โมลมีปริมาตรเท่ากับ 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตรที่ภาวะอุณหภูมิและความดันใด ๆ

(10) ถ้าลดจำนวนโปรตอนในอะตอมได้โดยที่จำนวนอนุภาคมูลฐานชนิดอื่นยังคงมีจำนวนเท่าเดิม จะทำให้อะตอมส่วนที่เหลือยังเป็นธาตุเดิม

(11) สารละลายในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน เมื่อมีความเข้มข้นในหน่วยใด ๆ เท่ากันจะมีจุดเยือกแข็งเท่ากัน

(12) ก๊าซที่มีอุณหภูมิสูงกว่ามีปริมาตรมากก๊าซที่มีอุณหภูมิต่ำเมื่อมวลและความดันของก๊าซคงที่ เพราะโมเลกุลก๊าซใช้ความแรงและความถี่ในการชนผนังภาชนะมากกว่า

(13) ก๊าซต่างชนิดกันจะมีมวลโมเลกุลต่างกันทำให้ก๊าซมีพลังงานจลน์เฉลี่ยต่างกันที่ภาวะเดียวกัน

(14) ก๊าซฮีเลียมเป็นก๊าซจริงที่ประพฤติตนใกล้เคียงก๊าซสมบูรณ์เนื่องจากเป็นก๊าซที่ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารอื่น

(15) สารใด ๆ ที่มีปริมาตรเท่ากันที่อุณหภูมิและความดันเดียวกันจะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน

(16) สารประกอบคลอไรด์ของอโลหะทุกชนิดมีจุดหลอมเหลวต่ำ

<u>อภิปรายผล</u>

ในการอภิปรายผลการวิจัยครั้งนี้จะแบ่งการอภิปรายผลตามหัวข้อที่ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้

1. จากผลการวิจัยที่พบว่าตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในหัวข้อเรื่องทฤษฎีจลน์ของก๊าซ โมล มวลอะตอม กฎของอโวกาโดร แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด และเรื่องเลขมวล เลขอะตอม และไอโซโทป นั้น อภิปรายได้ดังนี้

1.1 จากผลการวิจัยที่พบว่าตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในหัวข้อเรื่องทฤษฎีจลน์ของก๊าซที่เกี่ยวกับพลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลก๊าซ ผลของอุณหภูมิและปริมาตรก๊าซที่มีต่ออัตราการชนและความแรงในการชนผนังภาชนะของโมเลกุลก๊าซ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ อนาชูยา เอ็น สวามี (Swamy 1986 : 210) ที่พบว่า นักศึกษาจำนวน 30 คน ที่เรียนวิชาเคมีในภาคการศึกษาแรกของมหาวิทยาลัยแมรีแลนด์คอลเลจปาร์ก มีนักศึกษาจำนวนมากกว่าร้อยละ 50 ไม่มีความรู้มโนทัศน์เรื่อง อุณหภูมิ และพลังงานจลน์ของโมเลกุลก๊าซ และยังพบอีกว่านักศึกษาทั้งที่ประสบผลสำเร็จและไม่ประสบผลสำเร็จในการเรียนวิชาเคมี ต่างมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องความดัน พลังงานจลน์ และอุณหภูมิของก๊าซ

จากผลการวิจัยที่พบว่าตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องโมล ที่ว่าก๊าซจำนวน 1 โมลมี 6.02×10^{23} อะตอม ของแข็งมีปริมาตร 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตร ที่ภาวะอุณหภูมิและความดันมาตรฐาน และก๊าซจำนวน 1 โมลมีปริมาตร 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตร ที่ภาวะอุณหภูมิและความดันใด ๆ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ

อาร์ เซอร์เวลลาติ และคณะ (Cervellati et al. 1982 : 852-856) ที่พบว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 783 คนในประเทศอิตาลี ไม่สามารถนำเรื่องโมลมาใช้ในการบอกปริมาณสารได้และยังเข้าใจผิดว่า 1 โมลของก๊าซจะมีปริมาตรเท่ากับ 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตรที่ภาวะอุณหภูมิและความดันใด ๆ

1.2 สาเหตุที่ทำให้ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในหัวข้อที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น อภิปรายผลได้ดังนี้

การที่ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในหัวข้อเรื่องทฤษฎีจลน์ของก๊าซ โมล มวลอะตอม กฎของอโวกาโดร แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดและเรื่องเลขมวล เลขอะตอม และไอโซโทป นั้น อาจเป็นเพราะมโนทัศน์เหล่านี้เป็นมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับสมบัติและพฤติกรรมของอนุภาคเล็ก ๆ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของสาร เช่น ทฤษฎีจลน์ของก๊าซจะอธิบายเกี่ยวกับพฤติกรรมของโมเลกุลก๊าซ กฎของอโวกาโดรเป็นเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างปริมาตรก๊าซ มวลอะตอมเป็นเรื่องเกี่ยวกับมวลของอะตอม เป็นต้น ซึ่งมโนทัศน์ที่เกี่ยวกับอนุภาคของสารอย่าง เช่นอะตอม โมเลกุล อิเล็กตรอน และโปรตอน จัดเป็นมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมที่ผู้เรียนไม่สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัส ดังนั้นในการศึกษาเกี่ยวกับอนุภาคของสารผู้เรียนจะต้องอาศัยการจินตนาการตามความคิดของนักวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับความเห็นของ เอ อี ลอสัน (Lawson : no date) ที่กล่าวว่า "มโนทัศน์เชิงนามธรรมเป็นมโนทัศน์ที่ไม่สามารถสัมผัสได้ด้วยประสาทสัมผัส ต้องอาศัยความเข้าใจเกี่ยวกับ กฎ หลักการ ทฤษฎีต่าง ๆ" เช่นเดียวกับ ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2525 : 247-248) ที่กล่าวว่า "มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับอนุภาคเล็ก ๆ เช่น อะตอม โมเลกุล... เป็นมโนทัศน์ที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นโดยอาศัยจินตนาการ" ในการเรียนรู้มโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมนั้นเนื่องจากผู้เรียนไม่สามารถได้รับประสบการณ์ตรงเช่นเดียวกับการเรียนรู้มโนทัศน์ที่เป็นรูปธรรม จึงทำให้การเรียนรู้เป็นไปได้ยากกว่า เพราะการเรียนรู้มโนทัศน์จะเกิดขึ้นได้เมื่อผู้เรียนได้มีประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น สอดคล้องกับคำกล่าวของ ชัยพร วิชชาวุธ (2519 : 6) ที่ว่า "การเรียนรู้มโนทัศน์เริ่มจากผู้เรียนได้ประสบการณ์ซึ่งได้แก่ การเห็น การได้ยิน" และคณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 31) ที่ว่า "การสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นั้น ... การเรียนรู้เริ่มต้นจากการสัมผัส รับรู้ประสบการณ์ต่าง ๆ เป็นเรื่องแรก" ในเมื่อการเรียนรู้มโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมไม่สามารถเรียนรู้ได้จากการสัมผัส

แต่ต้องอาศัยการจินตนาการไปตามการสอนของครู ซึ่งบางครั้งการจินตนาการนั้นอาจทำให้ผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไปจากที่เป็นจริงได้ ดังคำกล่าวของ เค เอ็ม ฟิชเชอร์ (Fisher 1985: 54) ที่ว่า "นักเรียนมักจะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาวิชาชีววิทยาระดับโมเลกุล... เพราะปฏิกิริยาของโมเลกุลส่วนใหญ่หรือทั้งหมดไม่สามารถสังเกตเห็นด้วยตาได้" ด้วยเหตุดังกล่าวจึงอาจทำให้ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ โมล มวลอะตอม กฎของอโวกาโดร แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด และเรื่องเลขมวล เลขอะตอมและไอโซโทป

อีกประการหนึ่งที่อาจเป็นสาเหตุให้ตัวอย่างประชากรมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรม เช่น ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ โมล มวลอะตอม ฯลฯ ก็คือ พัฒนาการทางสติปัญญาของตัวอย่างประชากร สอดคล้องกับผลการวิจัยของ เอช แอล เคลาส์ไมเออร์ และคณะ (Klausmier et al.1974อ้างในประสาร มาลากุล ณ อยุธยา 2531 :5) ที่พบว่า "การเรียนมโนทัศน์ขึ้นอยู่กับการพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียน" ในการที่ผู้เรียนจะเข้าใจมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมได้อย่างดีนั้น เจ เพียเจต์ (Piaget 1964 : 176-186) กล่าวโดยสรุปได้ว่า ผู้เรียนจะต้องมีพัฒนาการทางสติปัญญาถึงระดับหนึ่งซึ่งเรียกว่าขั้นความคิดแบบนามธรรม (formal operational stage) แต่จากผลการวิจัยของ เอ อี ลอสัน (Lawson 1973 : 3179-A) กลับพบว่า นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายส่วนใหญ่มีระดับความคิดแบบรูปธรรม สอดคล้องกับผลการวิจัยของ พรพิมล สกุลคู (2525 : 66) ที่พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ส่วนมากคือร้อยละ 56.33 ยังมีระดับพุทธิปัญญาไม่ถึงขั้นการคิดแบบนามธรรม แต่มีระดับพุทธิปัญญาขั้นที่อยู่ระหว่างการคิดแบบนามธรรมและรูปธรรม ซึ่งถ้ามาพิจารณาเนื้อหาวิชาเคมีส่วนมากแล้ว โดยเฉพาะเรื่อง โมล ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ มวลอะตอม ฯลฯ จัดเป็นมโนทัศน์เชิงนามธรรม ดังนั้นอาจเป็นเพราะว่าตัวอย่างประชากรส่วนมากมีพัฒนาการทางสติปัญญาไม่สอดคล้องกับเนื้อหาในเรื่องทฤษฎีจลน์ของก๊าซ โมล มวลอะตอม กฎของอโวกาโดร แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด และเรื่องเลขมวล เลขอะตอม และไอโซโทปจึงอาจเป็นเหตุให้ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องดังกล่าว

2. จากผลการวิจัยที่พบว่าตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในหัวข้อเรื่องโมล การกลั่นลำดับส่วน สมบัติเกี่ยวกับจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย และกฎของอโวกาโดรนั้น อภิปรายผลได้ดังนี้

สาเหตุที่อาจทำให้ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในหัวข้อดังกล่าวอาจเนื่องมาจากลักษณะของมโนทัศน์ข้างต้น ซึ่งเป็นมโนทัศน์ที่ประกอบด้วยมโนทัศน์หลายมโนทัศน์มาประกอบกัน และมีลักษณะเฉพาะที่ไม่สามารถนำไปใช้ได้ทุกกรณี นอกจากนั้นมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบยังมีความสัมพันธ์กันอีกด้วย เช่น จำนวน 1 โมลของก๊าซเท่านั้นจึงจะมีปริมาตร 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตรที่ภาวะอุณหภูมิและความดันมาตรฐาน ในมโนทัศน์ดังกล่าวจะประกอบด้วยมโนทัศน์เรื่อง โมล ก๊าซ ปริมาตร และภาวะที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน ลักษณะสำคัญของมโนทัศน์นี้คือใช้ได้กับก๊าซเท่านั้น และใช้ได้ที่ภาวะอุณหภูมิและความดันมาตรฐาน สอดคล้องกับ ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา ที่สรุปได้ว่า มโนทัศน์บางประเภทเป็นมโนทัศน์ที่มีลักษณะสำคัญอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างประกอบกัน เรียกว่ามโนทัศน์แบบเน้นลักษณะประกอบกัน มโนทัศน์บางประเภทเน้นความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ เรียกว่ามโนทัศน์แบบเน้นลักษณะสัมพันธ์ ซึ่งการที่ตัวอย่างประชากรจะเข้าใจมโนทัศน์แบบเน้นลักษณะประกอบกันและมโนทัศน์แบบเน้นลักษณะสัมพันธ์ได้อย่างดี ตัวอย่างประชากรต้องสามารถสรุปลักษณะเฉพาะ แยกแยะความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์ ตลอดจนมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ สอดคล้องกับคำกล่าวของ เอช แอล เคลาส์ไมเออร์ (Klausmier et al.1974 อ้างใน ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา 2531 : 5) ที่ว่า "การเรียนรู้มโนทัศน์อย่างสมบูรณ์จะเกิดขึ้นได้เมื่อผู้เรียนสามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์ต่าง ๆ ได้" เช่นเดียวกับ จำนง พรายแย้มแข (2516 : 47-49) ที่กล่าวว่า "การที่บุคคลจะเกิดมโนทัศน์ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งก็ต่อเมื่อบุคคลจะต้องระลึกได้ว่า สิ่งนั้น ๆ มีลักษณะเฉพาะอะไรบ้าง" แต่ถ้าพิจารณาข้อความมโนทัศน์ที่ตัวอย่างประชากรเข้าใจคลาดเคลื่อนอย่าง เช่น ในเรื่องโมล ตัวอย่างประชากรเข้าใจว่าหินปูนซึ่งเป็นของแข็ง จำนวน 1 โมล มีปริมาณ 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตรที่ภาวะอุณหภูมิและความดันมาตรฐาน ซึ่งมโนทัศน์ที่ถูกต้องคือ ก๊าซเท่านั้น 1 โมลจึงจะมีปริมาตร 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตรที่ภาวะอุณหภูมิและความดันมาตรฐานอาจแสดงให้เห็นว่า ตัวอย่างประชากรไม่สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างหินปูนซึ่งเป็นของแข็งกับก๊าซได้ หรือจากกฎของอโวกาโดรตัวอย่างประชากรเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า สารใด ๆ ที่มีปริมาตร

เท่ากันที่อุณหภูมิและความดัน เดียวกันจะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน ซึ่งมโนทัศน์ที่ถูกต้องคือ ก๊าซเท่านั้นที่มีปริมาตรเท่ากันที่อุณหภูมิและความดันเดียวกันจะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน อาจแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างประชากรไม่สามารถวิเคราะห์ลักษณะสำคัญของกฎอโวกาโดรได้ว่าใช้ได้เฉพาะกับก๊าซเท่านั้น ด้วยเหตุที่ตัวอย่างประชากรไม่สามารถจำแนกลักษณะเฉพาะและวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างมโนทัศน์ได้จึงอาจมีผลทำให้ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องโมล การกลั่นลำดับส่วน จุดเยือกแข็งของสารละลายและกฎของอโวกาโดร สอดคล้องกับคำกล่าวของ สุวัฒน์ มุทธเมธา (2523 : 57) ที่ว่า "การที่บุคคลไม่สามารถสรุปลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้น ๆ และไม่สามารถแยกลักษณะแตกต่างได้ ทำให้การสร้างมโนทัศน์ไม่ถูกต้อง"

3. จากผลการวิจัยที่พบว่าตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในหัวข้อเรื่องสมบัติของสาร สมบัติของของเหลว และสารประกอบคลอไรด์ นั้น อภิปรายถึงสิ่งที่อาจเป็นสาเหตุให้ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ดังนี้

ถ้านำมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตัวอย่างประชากรในเรื่องดังกล่าวมาพิจารณาเปรียบเทียบกับมโนทัศน์ที่ถูกต้อง เช่น ในเรื่องสมบัติของธาตุตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า โลหะทุกชนิดมีความถ่วงจำเพาะสูง ซึ่งมโนทัศน์ที่ถูกต้องคือโลหะเป็นธาตุที่มีทั้งความถ่วงจำเพาะสูงและความถ่วงจำเพาะต่ำ หรือในเรื่องสมบัติของของเหลว ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า ความดันไอของของเหลวขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวหน้าของของเหลวเมื่ออุณหภูมิคงที่ ซึ่งมโนทัศน์ที่ถูกต้องคือ ความดันไอของของเหลวไม่ได้ขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวหน้าของของเหลว แต่อัตราการระเหยจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวหน้าของของเหลว เมื่อพิจารณาลักษณะความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นแล้ว อาจกล่าวได้ว่าสาเหตุที่ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนน่าจะมาจากการที่ตัวอย่างประชากรนำมโนทัศน์ที่เรียนใหม่ไปสัมพันธ์กับความคิดและประสบการณ์เดิมที่ไม่ถูกต้อง หรือใช้ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ใหม่กับประสบการณ์เดิมอย่างไม่ถูกต้อง แต่ความสัมพันธ์โยงกันอย่างมีเหตุผลจนทำให้ตัวอย่างประชากรคิดว่ามโนทัศน์ใหม่ที่ได้มานั้นถูกต้อง เป็นผลให้ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกิดขึ้นโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ดังกรณีการศึกษาความถ่วงจำเพาะของโลหะ ตัวอย่างประชากรอาจนำไปสัมพันธ์กับโลหะที่ตนพบเห็นเสมอ ๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น ทองคำ ทองแดง เหล็ก ตะกั่ว ซึ่งโลหะเหล่านี้เป็นโลหะที่มีความถ่วงจำเพาะสูงทั้งสิ้น ดังนั้น ตัวอย่างประชากรอาจนำประสบการณ์เดิมที่มีอยู่

ไปสัมพันธ์กับโลหะชนิดใหม่ที่เรียนในห้องเรียนแล้วสรุปว่า โลหะทุกชนิดมีความถ่วงจำเพาะสูง จึงอาจเป็นเหตุให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องสมบัติของโลหะ หรือในกรณีความดันไอกับพื้นที่ผิวหน้าของของเหลว มโนทัศน์ที่ถูกต้องเกี่ยวกับเรื่องนี้ก็คือ ความดันไอของของเหลวขึ้นอยู่กับความสามารถในการระเหยของของเหลวที่อุณหภูมิคงที่ และจากความรู้เดิมของตัวอย่างประชากรที่เห็นในชีวิตประจำวันว่าความสามารถในการระเหยขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวหน้าของของเหลว จึงอาจทำให้ตัวอย่างประชากรเชื่อมโยงว่าความดันไอของของเหลวควรขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวหน้าของของเหลวด้วยซึ่งเป็นข้อสรุปที่ผิด แนวความคิดที่กล่าวถึงสาเหตุที่อาจทำให้ตัวอย่างประชากรเกิดมโนทัศน์คลาดเคลื่อนตามที่กล่าวมาข้างต้น สอดคล้องกับคำกล่าวเกี่ยวกับขั้นตอนในการสร้างมโนทัศน์ของ เดวิด พี ออซูเบล (Ausubel 1968 : 517) ที่ว่า "ขั้นตอนหนึ่งของการสร้างมโนทัศน์คือ นำลักษณะเฉพาะสิ่งเร้าที่คิดได้จากสมมติฐานมาสัมพันธ์กับโครงสร้างความคิดที่มีอยู่เดิมของตน" และคำกล่าวของเก เอ็ม ฟิชเชอร์ (Fisher 1985: 53-54) ที่ว่า "มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนบางเรื่องก็เกี่ยวข้องกับความเชื่ออื่น ๆ ซึ่งเกี่ยวโยงกันอย่างมีระบบและทำให้นักเรียนมีแนวโน้มที่จะนำมาใช้ในชีวิตประจำวัน"

4. จากผลการวิจัยที่พบว่า ตัวอย่างประชากรมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในทุกหัวข้อจำนวน 16 ข้อความ อาจเนื่องมาจากมโนทัศน์เกือบทั้งหมดเป็นมโนทัศน์ใหม่สำหรับตัวอย่างประชากรซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งการศึกษามโนทัศน์ใหม่อาจทำให้ตัวอย่างประชากรเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ง่าย เพราะการศึกษามโนทัศน์ใหม่ได้นั้นส่วนหนึ่งต้องอาศัยประสบการณ์และความรู้เดิมมาช่วยในการเรียนรู้ แยกแยะ และสรุปครอบคลุมไปยังความรู้ใหม่ได้ สอดคล้องกับคำกล่าวของคณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 31) ที่กล่าวว่า "เมื่อนักเรียนเรียนรู้มากขึ้น สะสมมโนทัศน์มากขึ้นก็จะทำให้นักเรียนสามารถนำมโนทัศน์ที่สรุปรวมไว้นั้นมาใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ขั้นสูง" และจากทฤษฎีการสร้างมโนทัศน์ของ เจ เพียเจต์ (Piaget 1958 อ้างใน เบญจวรรณ รอดแก้ว 2524 : 10-11) ที่เสนอไว้ว่า "เมื่อบุคคลพบสิ่งใหม่...ก็ต้องจัดประเภทใหม่หรือปรับโครงสร้างใหม่ได้ บุคคลที่มีความสามารถปรับโครงสร้างใหม่ได้ เป็นบุคคลที่มีความสามารถสร้างมโนทัศน์ใหม่ได้" สาเหตุที่การสร้างมโนทัศน์ใหม่ต้องอาศัยประสบการณ์เดิม เพราะความรู้ในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่มีความสัมพันธ์

เกี่ยวเนื่องกันอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับคำกล่าวของคณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 29-30) ที่สรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มโนทัศน์หนึ่งอาจเกิดจากการนำมโนทัศน์หลายมโนทัศน์มาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล แต่ตัวอย่างประชากรซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความรู้และประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับวิชาเคมีอยู่น้อย ดังผลการวิจัยของ พรรณี โรจน์ธำรงค์ (2528 : 135) ที่พบว่า เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นไม่สัมพันธ์กับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จึงอาจเป็นเหตุให้ตัวอย่างประชากรไม่สามารถนำความรู้เดิมมาช่วยให้เกิดความเข้าใจในมโนทัศน์ที่เพิ่งเริ่มศึกษาได้อย่างแจ่มแจ้ง ส่งผลให้ตัวอย่างประชากรเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้

นอกจากนั้นการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอาจมีสาเหตุมาจากวิธีการสอนของครู สอดคล้องกับคำกล่าวของ โรเบิร์ต เอ็ม ดับเบิลยู ทราเวอร์ส (Travers 1967 : 142) ที่กล่าวว่า "ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้อย่างไร ขึ้นอยู่กับวิธีการสอนของครู" โดยเฉพาะวิธีการสอนแบบบรรยายซึ่งครูจะเป็นผู้บรรยายความรู้และประสบการณ์ให้ผู้เรียนฟัง ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถรับประสบการณ์ตรงได้ด้วยตนเอง และบางครั้งครูอาจมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนครูจะถ่ายทอดมโนทัศน์นั้นไปสู่ผู้เรียน สอดคล้องกับคำกล่าวของคณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 31-32) ที่ว่า "วิธีการสอนบางวิธี เช่น วิธีสอนแบบบรรยาย ควรนำมาใช้น้อยที่สุด เพราะการสอนวิธีนี้จะทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่ผิดได้ง่าย" และสอดคล้องกับคำกล่าวของ ดับเบิลยู ดับเบิลยู ซิมสัน และ อี เอ มาร์เร็ก (Simson and Marek 1988 : 362) ที่ว่า "ประสบการณ์ในโรงเรียนไม่ใช่สาเหตุเดียวที่ทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน แต่อาจเกิดจากคำอธิบายของผู้ใหญ่ที่ขาดความเข้าใจในมโนทัศน์นั้นอย่างดีพอ"

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กรุงเทพมหานคร และผลการวิจัยพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีจำนวน 16 มโนทัศน์ เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนลดลง ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับผู้พัฒนาหลักสูตร ในการพัฒนาหลักสูตรควรจัดเนื้อหาวิชาและลำดับการสอนมโนทัศน์ให้เหมาะสมกับวุฒิภาวะของผู้เรียน ควรมีการปรับปรุงแก้ไขแบบเรียนให้มีวิธีการนำเสนอบทเรียนอย่างชัดเจน ภาษาที่ใช้ในการเขียนแบบเรียนควรเป็นภาษาที่สื่อความหมายชัดเจน ไม่คลุมเครือ ตลอดจนการปรับปรุงคู่มือครู ควรมีการเพิ่มเติมความรู้ในบทเรียนต่าง ๆ ตามความจำเป็นเพื่อให้ครูมีมโนทัศน์ที่ลึกซึ้งและถูกต้องในเรื่องนั้น ๆ ซึ่งจะเป็นผลให้ครูนำความรู้ไปถ่ายทอดให้นักเรียนได้อย่างถูกต้อง นอกจากนั้นควรพัฒนาสื่อการเรียนการสอนให้สามารถนำไปใช้สอนให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง โดยเฉพาะเนื้อหาที่เป็นนามธรรม

2. ข้อเสนอแนะสำหรับครูผู้สอน ครูผู้สอนควรปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนเพื่อป้องกันไม่ให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ตลอดจนแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน โดยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและใช้สื่อการสอนให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงมากที่สุด ควรให้นักเรียนได้ทำการทดลองด้วยตนเอง ส่วนเนื้อหาที่นักเรียนไม่สามารถทำการทดลองได้ เช่น เรื่องทฤษฎีจลน์ของก๊าซ โมล กฎของอโวกาโดร ครูควรมีแบบจำลอง แผนภาพ ภาพนิ่งประกอบเสียง บทเรียนด้วยตนเอง ภาพยนตร์ แถบบันทึกภาพหรืออาจเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประกอบการสอน เพื่อให้นักเรียนได้เห็นภาพอย่างชัดเจน นอกจากนั้นครูควรมีการประเมินผลอย่างสม่ำเสมอโดยการตั้งคำถามในขณะสอน การพิจารณาแบบฝึกหัดของนักเรียน หรือมีการทดสอบย่อย เมื่อพบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องใด ครูควรแก้ไขให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องโดยอาจทำการสอนซ่อมเสริมและปรับปรุงวิธีการสอนให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

3. ข้อเสนอแนะสำหรับผู้บริหาร ผู้บริหารควรส่งเสริมและสนับสนุนให้ครูได้พัฒนาสมรรถภาพการสอนของครู โดยจัดให้ครูได้รับการอบรมและสัมมนาเกี่ยวกับ เทคนิควิธีสอน การใช้และพัฒนาสื่อการเรียนการสอน ตลอดจนส่งเสริมให้ครูศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมเพื่อให้ครูมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องและเข้าใจมโนทัศน์ในเนื้อหาวิชาต่าง ๆ ได้อย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น

4. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

4.1 ควรมีการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียนในระดับชั้นอื่น ๆ

4.2 ควรมีการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในวิชาอื่น ๆ ซึ่งยังไม่มีผู้ใดศึกษา เช่น วิชาฟิสิกส์ และวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

4.3 ควรมีการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนโดยใช้เครื่องมือการวิจัยในรูปอื่นและศึกษาให้ลึกซึ้งเฉพาะเรื่องหนึ่งเรื่องใดซึ่งเป็นหัวใจของวิชานั้น ซึ่งอาจทำให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดขึ้น

4.4 ควรมีการศึกษาวิธีการสอนที่ทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

4.5 ควรมีการศึกษาถึงสาเหตุและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน