27.2 นักเรียนร้อยละ 14.2 ตอบผิดว่า B มีความสามารถในการแตกตัวมากกว่า A ด้วยเหตุผลว่า ที่ความเข้มข้นเท่ากัน กรดที่แตกตัวให้ H_3O^+ น้อยกว่า แสดงว่ามีความสามารถในการแตกตัวได้มากกว่า โดยนักเรียนกลุ่มนี้อาจจะคิดว่า H_3O^+ เป็นกรด และคิดต่อว่าเมื่อมีกรดอยู่น้อย แสดงว่ามีกรดแตกตัวไปมาก ลักษณะแบบนี้เป็นมโนมติที่คลาดเคลื่อนสืบเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนในมโนมติที่ 2 ที่ว่า "มี H_3O^+ คือ เป็นกรด" ร่วมกับความคลาดเคลื่อนในเรื่องการแตกตัวของกรดอ่อน เบสอ่อน ดังในกรณี 24.2

27.3 นักเรียนร้อยละ 9.0 ตอบว่า A มีความสามารถในการแตกตัวมากกว่า B ด้วยเหตุผลว่า ที่ความเข้มข้นเท่ากัน สารละลายที่มี H_3O^+ น้อยกว่า แสดงว่าตัวถูกละลายมีความสามารถในการแตกตัวได้มากกว่า ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง และดูเหมือนว่าเหตุผลก็ถูกต้องด้วย แต่ความจริงเหตุผลนี้ไม่ถูกในทุกกรณี เช่น ในกรณีที่ตัวถูกละลายเป็นเบส ซึ่งถ้าเบสแตกตัวมาก กลับให้ H_3O^+ ในความเข้มข้นน้อย การตอบผิดในลักษณะนี้เป็นเพราะนักเรียนขาดความละเอียดรอบคอบในการพิจารณาให้ถี่ถ้วน

คำถามข้อที่ 29 คล้ายกับข้อ 27 เพียงแต่เปลี่ยนจากกรดเป็นเบส และกำหนดตัวแปรเป็นความเข้มข้นของ OH^- แทน โดยกำหนดให้สารละลาย A มีความเข้มข้นของ OH^- มากกว่าในสารละลาย B และถามว่า เบสชนิดใดมีความสามารถในการแตกตัวเป็นไอออนได้มากกว่า คำตอบที่ถูกต้องคือ เบส A มีความสามารถในการแตกตัวมากกว่าเบส B เนื่องจาก ที่ความเข้มข้นเท่ากัน เบสที่แตกตัวให้ OH^- มากกว่า แสดงว่ามีความสามารถในการแตกตัวได้มากกว่า พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 51.5 โดยในจำนวนนี้มีผู้ให้เหตุผลถูกต้องร้อยละ 28.5 และพบว่ามีการตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

29.1 นักเรียนร้อยละ 15.4 ตอบผิดว่า B มีความสามารถในการแตกตัวมากกว่า A ด้วยเหตุผลว่า สารละลายที่มีความเข้มข้นของ OH^- มากกว่า แสดงว่าตัวถูกละลายมีความสามารถในการแตกตัวได้น้อยกว่า นักเรียนกลุ่มนี้อาจจะคิดว่า OH^- คือเบส และคิดต่อว่าการมีเบสอยู่มากแสดงว่าเบสแตกตัวน้อย ลักษณะแบบนี้คล้ายกับกรณี 27.2 กล่าวคือ เป็นมโนมติที่คลาดเคลื่อนสืบเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนในมโนมติที่ 2 ที่ว่า "มี OH^- คือ เป็นเบส" ประกอบกับความคลาดเคลื่อนในเรื่องการแตกตัวของกรดอ่อน เบสอ่อน ดังในข้อ 24.2

29.2 นักเรียนร้อยละ 11.6 ตอบว่า A มีความสามารถในการแตกตัวมากกว่า B ด้วยเหตุผลว่า ที่ความเข้มข้นเท่ากัน สารละลายที่มี OH^- น้อยกว่า จะมี H_3O^+ มากกว่า แสดงว่า ตัวถูกละลายมีความสามารถในการแตกตัวได้มากกว่า ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูก แต่เหตุผลผิด เนื่องจากโจทย์กำหนดว่า A และ B เป็นเบส ซึ่งแตกตัวให้ OH^- จึงควรพิจารณาที่ OH^- เป็นหลัก นักเรียนกลุ่มนี้

อาจจะมีความคุ้นเคยในเรื่องการแตกตัวในแง่ของ H_3O^+ มากกว่า OH^- จึงพยายามพิจารณาในแง่ของ H_3O^+

มโนมติที่ 13 การบอกปริมาณการแตกตัวของกรดอ่อน เบสอ่อน ซึ่งวัดในข้อ 31, 32, 34

คำถามข้อที่ 31 ให้นักเรียนคำนวณค่า K_a โดยโจทย์ได้ให้ค่าความเข้มข้นของไอออนต่างๆในสารละลายที่สภาวะสมดุล พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 39.5 แต่ในจำนวนนี้มีผู้ที่เลือกวิธีที่ใช้ในการคำนวณได้ถูกต้องเพียงร้อยละ 17.7 และพบว่ามีผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

31.1 นักเรียนร้อยละ 16.3 เลือกคำตอบและเหตุผลผิด แต่เป็นคำตอบและเหตุผลที่มีตัวเลขสอดคล้องกัน คือ เลือกคำตอบว่า K_a มีค่าเท่ากับ $1.0x10^{-3}$ ด้วยเหตุผลว่าเนื่องจากโจทย์กำหนดให้ที่สภาวะสมดุลมี $[A^-] = 1.0x10^{-3}$ M

นักเรียนกลุ่มนี้คงจะมีความรู้พื้นฐานที่ไม่ดีพอในเรื่องสมดุลเคมี ไม่รู้วิธีการหาค่า K_a และไม่เข้าใจความหมายของ K_a จึงไม่สามารถนำความรู้ในเรื่องสมดุลเคมีมาเชื่อมโยงกับเรื่องกรดอ่อนได้ คือไม่ทราบว่าไอออนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการแตกตัวของกรดอ่อน มีความสัมพันธ์กันในลักษณะของสมดุลเคมี โดยมีค่า K_a เป็นค่าคงที่สมดุลนั่นเอง หรืออาจจะคิดว่า K_a เป็นเรื่องใหม่จึงไม่ได้คิดถึงเรื่องสมดุลเคมี นักเรียนจึงอาจเลือกคำตอบและเหตุผลโดยการพยายามเชื่อมโยงความสัมพันธ์ด้วยตนเองจากตัวเลขหรือตัวแปรทั้งจากคำถามและตัวเลือกเท่าที่จะสามารถทำได้ เช่น เริ่มต้นอาจจะเห็นว่าโจทย์กำหนดค่า $[H_3O^+] = 1.0x10^{-3}$ M และ $[A^-] = 1.0x10^{-3}$ M เช่นกัน และเห็นว่ามีตัวเลือก $1.0x10^{-3}$ คือข้อ ข เมื่อเห็นว่าเป็นตัวเลือกที่เหมือนกันจึงเป็นข้อที่น่าเลือก ต่อมาเมื่อจะต้องเลือกเหตุผลประกอบ ก็ต้องพยายามเลือกข้อที่สอดคล้องกับคำตอบที่ได้เลือกไว้แล้ว จึงเลือกเหตุผลว่า เนื่องจากโจทย์กำหนดให้ที่สภาวะสมดุลมี $[A^-] = 1.0x10^{-3}$ M

31.2 นักเรียนร้อยละ 10.8 ตอบว่า K_a มีค่าเท่ากับ $1.0x10^{-3}$ เนื่องจากโจทย์กำหนดให้ที่สภาวะสมดุล $[H_3O^+] = 1.0x10^{-3}$ M และ $[HA] = 1.0x10^{-1}$ M นักเรียนกลุ่มนี้อาจจะมีเหตุผลในการตอบเช่นเดียวกับกลุ่ม 31.1 กล่าวคือ ไม่ทราบวิธีคิดที่ถูกต้อง จึงพยายามเลือกตัวเลขที่ตนเองสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลือกคำตอบกับตัวเลือกเหตุผล ที่ให้ผลสอดคล้องกันเท่าที่จะทำได้

คำถามข้อที่ 32 ใช้โจทย์เดียวกับข้อ 31 แต่ถามร้อยละการแตกตัวของกรดแทนที่จะถามค่าคงที่สมดุล คำตอบที่ถูกต้องคือร้อยละ 0.99 โดยใช้วิธีการคำนวณคือ

$$\text{ร้อยละการแตกตัว} = \frac{[HA]\text{ที่แตกตัวไป}}{[HA]\text{เริ่มต้น}} \times 100$$

พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องเพียงร้อยละ 29.4 โดยในจำนวนนี้มีผู้ที่ใช้วิธีการคำนวณถูกต้องเพียงร้อยละ 10.2 และพบว่ามีการตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

32.1 นักเรียนร้อยละ 10.5 ตอบว่า กรดนี้มีร้อยละการแตกตัวเท่ากับ 1.00 โดยใช้วิธีคำนวณว่า ร้อยละการแตกตัว $= \frac{[H_3O^+]\text{ที่สภาวะสมดุล}}{[HA]\text{ที่สภาวะสมดุล}} \times 100$

นักเรียนกลุ่มนี้ไม่ทราบวิธีการคำนวณที่ถูกต้อง จึงพยายามเลือกตัวเลขที่ตนเองสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลือกคำตอบกับตัวเลือกเหตุผลที่ให้ผลสอดคล้องกันเท่าที่จะทำได้

32.2 นักเรียนร้อยละ 9.9 ตอบว่า กรดนี้มีร้อยละการแตกตัวเท่ากับ 0.01 โดยใช้วิธีคำนวณว่า ร้อยละการแตกตัว $= \frac{[HA]\text{ที่แตกตัวไป}}{[HA]\text{ที่สภาวะสมดุล}} \times 100$

ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณที่ให้ผลไม่ตรงกับคำตอบที่เลือก

32.3 นักเรียนจำนวนร้อยละ 9.3 ตอบว่า กรดนี้มีร้อยละการแตกตัวเท่ากับ 1.00 โดยใช้วิธีคำนวณว่า ร้อยละการแตกตัว $= \frac{[HA]\text{ที่แตกตัวไป}}{[HA]\text{ที่สภาวะสมดุล}} \times 100$

ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณที่ให้ผลใกล้เคียงมากกับตัวเลือกคำตอบ แต่ที่ถูกต้องจริงๆนั้น ร้อยละการแตกตัวต้องเทียบกับความเข้มข้นก่อนแตกตัว ไม่ใช่เทียบกับความเข้มข้นที่สภาวะสมดุล

คำถามข้อ 34 โจทย์ใช้กับข้อ 31 แต่เปลี่ยนเป็นสมการปฏิกิริยาการแตกตัวของเบสอ่อน และถาม K_b คำตอบที่ถูกต้องคือ $K_b = 1.0\text{x}10^{-5}$ โดยใช้วิธีการคำนวณดังนี้

$$K_b = \frac{[OH^-]\text{ ที่สภาวะสมดุล} \times [BH^+]\text{ที่สภาวะสมดุล}}{[B]\text{ ที่สภาวะสมดุล}}$$

พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 46.8 โดยในจำนวนนี้มีผู้ที่ใช้วิธีการคำนวณถูกต้องด้วยร้อยละ 20.3 และพบว่ามีการตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

34.1 นักเรียนร้อยละ 13.1 ตอบว่า $K_b = 1.0\text{x}10^{-5}$ โดยใช้วิธีดังนี้

$$K_b = \frac{[B]\text{ที่สภาวะสมดุล} \times [BH^+]\text{ที่สภาวะสมดุล}}{[OH^-]\text{ ที่สภาวะสมดุล}}$$

ซึ่งวิธีการคำนวณเช่นนี้ให้ผลไม่ตรงกับคำตอบที่นักเรียนเลือก

34.2 นักเรียนร้อยละ 10.2 ตอบว่า $K_b = 1.0\text{x}10^{-3}$ ด้วยเหตุผลว่า โจทย์กำหนดให้ที่สภาวะสมดุลมี $[B] = 1.0\text{x}10^{-1}$ ซึ่งเป็นวิธีคิดที่ให้เหตุผลไม่ตรงกับคำตอบที่นักเรียนเลือกเช่นกัน

มโนมติที่ 14 การคำนวณและเปรียบเทียบเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุลของกรดอ่อนหรือเบสอ่อนซึ่งวัดในข้อ 28, 30

คำถามข้อที่ 28 ให้นักเรียนเปรียบเทียบค่า K_a ของสารละลายกรด A และ B โดยกำหนดให้พารามิเตอร์อื่นๆมีค่าเท่ากันระหว่างสารละลายทั้งสองนี้ ยกเว้นค่า pH หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เป็นการถามว่า K_a และ pH ของสารละลายมีความสัมพันธ์กันอย่างไร ถ้าพารามิเตอร์อื่นๆที่เกี่ยวข้องมีค่าเท่ากัน โดย K_a และ pH มีความสัมพันธ์กันดังนี้คือ ถ้า K_a มีค่ามาก แสดงว่ากรดที่เป็นตัวถูกละลายอยู่ในสารละลายกรดนั้นมีความสามารถในการแตกตัวได้มาก จึงแตกตัวให้ H_3O^+ ได้มาก ผลก็คือสารละลายกรดนั้นๆมีค่า pH ต่ำ หรือกล่าวเป็นข้อความสั้นๆได้ว่า K_a มีค่ามาก สารละลายมีค่า pH ต่ำ หรือถ้า K_a มีค่าน้อย สารละลายมีค่า pH สูง

พบว่ามีนักเรียนที่ตอบถูกร้อยละ 43.0 แต่มีผู้ที่ให้เหตุผลถูกต้องเพียงร้อยละ 28.8 และพบผู้ที่ตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

28.1 นักเรียนร้อยละ 14.5 เลือกคำตอบผิดว่า A และ B มีค่า Ka ใกล้เคียงกัน เนื่องจาก A และ B มีความเข้มข้นเท่ากัน ถึงแม้ว่า pH ไม่เท่ากัน ก็ไม่มีผลต่อค่า K_a นักเรียนกลุ่มนี้คงจะยึดถือที่ความเข้มข้นเป็นหลัก โดยไม่ได้สนใจถึงความสามารถในการแตกตัวของกรด จึงอาจจะคิดง่ายๆ ว่าในความเข้มข้นเท่ากัน ค่าอะไรต่างๆ จึงน่าจะเท่ากันหรือใกล้เคียงกันด้วย ดังนั้นครูผู้สอนอาจจะย้ำแก่นักเรียนว่าสารละลายกรดหรือสารละลายเบสประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวถูกละลายซึ่งสามารถแตกตัวได้มากน้อยแตกต่างกันตามความสามารถในการแตกตัวของตัวถูกละลายนั้นๆ โดยอาจจะใช้แผนภาพประกอบเพื่อความเข้าใจที่ชัดเจนมากขึ้น

28.2 นักเรียนร้อยละ 11.9 เลือกคำตอบผิดว่า A มีค่า K_a สูงกว่า B แต่ให้เหตุผลถูกว่าเนื่องจาก K_a มีค่ามากกว่า แสดงว่ากรดมีความสามารถในการแตกตัวได้มากกว่า อันที่จริงนักเรียนกลุ่มนี้อาจจะมีมโนมติในเรื่องนี้ถูกต้อง แต่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องค่า pH กับความเข้มข้นของ H_3O^+ ดังที่ได้อภิปรายไว้ในข้อ 21.1 ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนที่ว่า pH มีค่ามาก หมายถึง ความเข้มข้นของ H_3O^+ มีค่ามาก กล่าวคือนักเรียนกลุ่มนี้คิดว่าสารละลายกรด A มีค่า pH สูงกว่าสารละลายกรด B จึงคิดว่าสารละลายกรด A มี H_3O^+ ในความเข้มข้นที่มากกว่าสารละลายกรด B จึงเลือกตอบว่า A มีค่า K_a สูงกว่า B

คำถามข้อ 30 คล้ายกับข้อ 28 โดยเปลี่ยนจากการแตกตัวของกรดเป็นการแตกตัวของเบส และให้นักเรียนเปรียบเทียบค่า K_b แทน คำตอบที่ถูกต้องคือ A มีค่า K_b สูงกว่า B ด้วยเหตุผลว่า K_b มีค่ามากกว่า แสดงว่าเบสมีความสามารถในการแตกตัวได้มากกว่า พบว่ามีนักเรียนที่เลือกคำตอบถูกต้องร้อยละ 45.1 แต่ในจำนวนนี้มีผู้ให้เหตุผลถูกต้องเพียงร้อยละ 9.0 เท่านั้นซึ่งน้อย

กว่าในข้อ 28 มาก ทั้งนี้เป็นที่น่าสังเกตว่าในกรณีที่เป็นสารละลายเบสนักเรียนมักจะมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่าสารละลายกรดเสมอ และในข้อ 30 นี้พบว่ามีการตอบผิดในลักษณะต่างๆดังนี้

30.1 นักเรียนร้อยละ 14.8 เลือกคำตอบถูกต้องว่า A มีค่า K_b สูงกว่า B แต่ให้เหตุผลผิดว่า pH สูงกว่า แสดงว่า K_b มีค่าต่ำกว่า ซึ่งเป็นคำตอบและเหตุผลที่ขัดแย้งกัน นักเรียนอาจจะใช้วิธีการคิดในลักษณะนี้คือ เมื่อโจทย์กำหนดให้สารละลายเบส A มี pH สูงกว่าสารละลายเบส B นักเรียนกลุ่มนี้อาจจะทราบว่า pH สูงกว่าแสดงว่ามีความเข้มข้นของ OH^- มากกว่า และคิดว่า OH^- เป็นเบสและทราบว่า K_b เป็นค่าที่เกี่ยวกับเบส จึงคิดว่าเมื่อมี OH^- ในความเข้มข้นที่มากกว่าจึงน่าจะมีค่า K_b สูงกว่าด้วย จึงเลือกตอบว่า A มีค่า K_b สูงกว่า B ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

30.2 นักเรียนร้อยละ 12.8 เลือกคำตอบถูกต้องว่า A มีค่า K_b สูงกว่า B ด้วยเหตุผลว่า pH สูงกว่าแสดงว่ามีความเป็นกรดสูงกว่า ซึ่งเป็นมโนมติที่คลาดเคลื่อน ดังได้อภิปรายในข้อ 21.1

โดยภาพรวม จากการศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องกรด-เบส ทั้ง 14 มโนมติ พบว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในลักษณะต่างๆดังนี้

1. มโนมติที่คลาดเคลื่อนที่มีสาเหตุมาจากการมีความรู้พื้นฐานไม่เพียงพอ เช่น การจะมีมโนมติที่ถูกต้องในเรื่องกรด-เบส นักเรียนควรจะมีมโนมติที่ถูกต้องในเรื่องสารละลาย สมดุลเคมี ปริมาณสารสัมพันธ์ อะตอมและโครงสร้างอะตอม มาก่อน เช่น

- การมีมโนมติพื้นฐานในเรื่องสารละลายที่ไม่เพียงพอ อาจจะส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการพิจารณาสารละลายกรด-เบส เช่น การละเลยในการพิจารณาว่าสารละลายกรด-เบส ประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวถูกละลาย แต่สนใจเฉพาะตัวถูกละลาย จึงทำให้เกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนได้ดังข้อ 3.1 ที่ว่า ในสารละลายกรดไม่มี OH^- หรือข้อ 4.2 ที่ว่า ในสารละลายเบสไม่มี H_3O^+

- การมีมโนมติพื้นฐานที่ไม่เพียงพอในเรื่องสมดุลเคมีอาจส่งผลให้นักเรียนพิจารณาปฏิกิริยาโดยสนใจเฉพาะปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่านั้น เช่น การคิดว่า H_3O^+ และ OH^- ที่มีอยู่ในสภาวะสมดุลสามารถทำปฏิกิริยาหักล้างกันจนหมดไปได้ ดังข้อ 6.2 , 7.2 , 8.1 , 9.1 , 10.2 , 11.2 , 11.3 เป็นต้น หรือส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในมโนมติเรื่องการแตกตัวของกรดอ่อน เบสอ่อน เช่น ข้อ 25.2 ที่ว่า กรดอ่อนไม่แตกตัว

- การมีมโนมติพื้นฐานที่ไม่ดีพอในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ทำให้นักเรียนคิดว่า เบส แก่ MOH แตกตัวให้ M^+ และ OH^- อย่างละครึ่งหนึ่ง ดังข้อ 24.1

- การมีมโนมติพื้นฐานที่ไม่ดีพอในเรื่องอะตอมและโครงสร้างอะตอม อาจทำให้นักเรียนคิดว่า H^+ คือสิ่งเดียวกับ H

มโนมติต่างๆในเรื่องกรด-เบส สามารถแบ่งประเภทโดยใช้เกณฑ์เดียวกับของคณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525 : 30-31) คือ

1. มโนมติที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริงต่างๆ เช่น สารละลาย HCl สามารถนำไฟฟ้าได้

2. มโนมติที่เกิดจากการสรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงของสิ่งทั้งหลาย เช่น กรดแก่ เบสแก่ สามารถแตกตัวเป็นไอออนในน้ำได้หมด

3. มโนมติที่เกิดจากการนำเอาข้อมูลหรือเหตุการณ์ต่างๆมาสรุปเข้าด้วยกัน เป็นกระบวนการต่อเนื่องตั้งแต่ความรู้เบื้องต้น ไปจนกระทั่งถึงความรู้ระดับสูง การที่จะเข้าใจในมโนมติเหล่านี้ได้ จะต้องมีมโนมติเกี่ยวกับความรู้เบื้องต้นมาแล้ว เช่น มโนมติเกี่ยวกับการแตกตัวของกรดอ่อน เบสอ่อน ซึ่งเกี่ยวข้องกับความรู้ในหลายๆเรื่องประกอบกัน เช่น เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ สารละลาย สมดุลเคมี เป็นต้น

เนื่องจากมโนมติในเรื่องกรด-เบส จำนวนมากมีลักษณะดังประเภทที่ 3 นี้ นักเรียนจึงมีโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนได้จากการมีพื้นฐานที่ไม่ดีในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง จึงส่งผลต่อการมีมโนมติในเรื่องอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสอดคล้องกับที่ ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2525 : 247-248) กล่าวไว้ว่า "มโนมติที่เกี่ยวกับอนุภาคเล็กๆ เช่น อะตอม โมเลกุล ... เป็นมโนมติที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นโดยอาศัยการจินตนาการ" ไม่สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัส จึงอาจจะยากต่อการทำความเข้าใจ ดังนั้นการเรียนการสอนในเรื่องนี้จึงอาจจำเป็นต้องใช้แบบจำลองประกอบหรือเปรียบเทียบกับสิ่งของที่นักเรียนรู้จักและเคยเห็นมาเพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างมโนมติได้อย่างถูกต้อง

2. มโนมติคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการที่หนังสือเรียนให้ข้อมูลไม่ครบถ้วน มีผลให้นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนได้ เช่น

- จากหนังสือเรียนวิชาเคมี เล่ม 5 ว034 มีข้อความว่า "สารละลายมี H_3O^+ จึงมีสมบัติเป็นกรด" (กระทรวงศึกษาธิการ, 2536ข : 42) ข้อความดังกล่าวอาจทำให้ผู้เรียนเข้าใจผิดว่าไม่มี OH^- หรืออนุภาคอื่นใดในสารละลายกรด แม้จะมีเนื้อหาในตอนหลังที่กล่าวถึงค่าคงที่สมดุลของน้ำ แต่จากการที่เนื้อหาทั้งสองไม่ต่อเนื่องกันโดยทันที อาจทำให้นักเรียนสร้างมโนมติที่คลาดเคลื่อนขึ้นมาเองก่อน ดังข้อ 3.2 ซึ่งอาจจะยากที่จะแก้ไขได้ในภายหลัง ดังที่ฟิชเชอร์ (Fisher : 1985 อ้างถึงในสุวิมล เขี้ยวแก้ว, 2540 : 55) ได้สรุปลักษณะของมโนมติที่คลาดเคลื่อนไว้ประการหนึ่งว่า มีความคงทน ไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยการสอนแบบธรรมดา ซึ่งความคลาดเคลื่อนในลักษณะนี้สอดคล้องกับที่ สุวิมล เขี้ยวแก้ว ได้สรุปถึงการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนไว้ข้อหนึ่งว่า มีสาเหตุมาจากความบกพร่องของตำราเรียน ชมิดท์ (Schmidt, 1987 : 396-404 quoted in Suwimon Kiokaew, 1989 : 15)

3. มโนมติคลาดเคลื่อนที่มีสาเหตุมาจากกระบวนการคิดที่ไม่ถูกต้อง ขาดความสามารถในการใช้เหตุผลที่ดี เช่น

- จากการทราบว่าสารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด หรือสารละลายที่มีสมบัติเป็นเบสทุกชนิด สามารถนำไฟฟ้าได้ นักเรียนใช้กระบวนการคิดในทางกลับว่า ดังนั้น สารละลายที่สามารถนำไฟฟ้าได้ทุกชนิด มีสมบัติเป็นกรด หรือเบสเท่านั้น ดังข้อ 2.1

- จากการรับรู้ข้อมูลว่า กรดแตกตัวให้ H_3O^+ นักเรียนจึงคิดต่อว่า กรดคือ H_3O^+ หรือ "ความเข้มข้นของ H_3O^+" คือสิ่งเดียวกับ "ความเข้มข้นของกรด" โดยไม่ได้คำนึงว่าเป็นความเข้มข้นเริ่มต้นหรือที่ภาวะสมดุล เป็นต้น

ซึ่งความคลาดเคลื่อนในลักษณะนี้สอดคล้องกับที่ สุวิมล เขี้ยวแก้ว (Suwimon Kiokaew, 1989 : 15-18) ได้สรุปถึงการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนไว้ข้อหนึ่งว่ามีสาเหตุมาจากการมีพัฒนาการทางด้านสติปัญญาที่ยังไม่ดีพอ

4. มโนมติคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการขาดประสบการณ์หรือไม่ได้รับรู้ข้อมูลที่มีความหลากหลาย ทำให้นักเรียนสร้างข้อสรุปหรือมโนมติที่ผิด หรือไม่ถูกในทุกกรณี เช่น จากการที่ในการเรียนการสอน มักจะกล่าวถึง CH_3COOH ในฐานะที่เป็นกรด แต่ในความเป็นจริง มีบางสถานการณ์ที่ CH_3COOH เป็นเบส ดังข้อ 15.1 ซึ่งสอดคล้องกับที่ จำนง พรายแย้มแข (2516 : 47-49) ได้กล่าวไว้ว่า "การที่บุคคลจะเกิดมโนมติในเรื่องใดเรื่องหนึ่งก็ต่อเมื่อบุคคลจะต้องระลึกได้ว่า สิ่งนั้นๆมีลักษณะเฉพาะอะไรบ้าง" ดังนั้นการได้รับข้อมูลที่ไม่หลากหลายครบถ้วน จึงเป็นสาเหตุให้เกิดการสรุปลักษณะเฉพาะที่ใช้ไม่ได้สำหรับทุกกรณี

5. มโนมติคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการตีความหมายคำศัพท์ในทางเคมี ซึ่งมีรูปคำคล้ายแต่มีความหมายเฉพาะทางที่ต่างจากความหมายทั่วไปที่นักเรียนมีความคุ้นเคยอยู่ก่อน หรือ เป็นคำซึ่งในชีวิตประจำวันกับในทางวิทยาศาสตร์ใช้คำเดียวกัน แต่ความหมายไม่เหมือนกัน เช่น

- นักเรียนเข้าใจในคำว่า "เป็นกลาง" ว่าหมายถึง ไม่เป็นบวก และไม่เป็นลบ หรือเป็นศูนย์ จึงคิดว่าสารละลายที่มีสมบัติเป็นกลางไม่สามารถนำไฟฟ้าได้ หรือไม่มีไอออนบวกและไอออนลบอยู่ในสารละลาย ดังข้อที่ 1.1 และ 1.2 ซึ่งกรณีนี้สอดคล้องกับงานของชมิดท์ (Schmidt, 1991 : 459-472) ที่พบว่านักเรียนยึดติดกับความหมายของการสะเทิน ตามความหมายของรากศัพท์ คือ คำว่า "Neutral" ซึ่งหมายถึง เป็นกลางหรือเป็นศูนย์

- การเข้าใจผิดว่า กรดแก่ คือกรดที่มีความเข้มข้นมาก ดังข้อที่ 21.2

ความคลาดเคลื่อนในลักษณะนี้สอดคล้องกับที่ สุวิมล เขี้ยวแก้ว (Suwimon Kiokaew, 1989 : 15-18) ได้สรุปถึงการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนไว้ข้อหนึ่งว่ามีสาเหตุมาจากภาษา โดยนักเรียนมักนำภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวันมาปะปนกับศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นหน้าที่

ของผู้สอนที่ควรจะอธิบายให้นักเรียนเห็นถึงความแตกต่าง และย้ำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในมโนมติที่ถูกต้อง

6. มโนมติคลาดเคลื่อนที่มีสาเหตุเกี่ยวข้องกับตัวเลขที่ไม่คุ้นเคยในชีวิตประจำวัน เช่น ค่า pH มักจะพบมโนมติที่คลาดเคลื่อนว่า pH มาก หมายถึง มีความเป็นกรดมาก เนื่องจาก pH มีค่าตรงข้ามกับค่าความเข้มข้นของ H_3O^+ ($pH = -\log [H_3O^+]$) กล่าวคือ ความเข้มข้นของ H_3O^+ มาก หมายถึง pH มีค่าน้อย หรือในทางกลับกัน ความเข้มข้นของ H_3O^+ น้อย หมายถึง pH มีค่ามาก ดังข้อที่ 21.1 นอกจากนั้นบ่อยครั้งที่เกิดความผิดพลาดในการเปรียบเทียบค่าของเลขยกกำลัง โดยเฉพาะเลขยกกำลังที่มีค่าเป็นลบ นักเรียนมักจะพิจารณาเฉพาะตัวเลขเท่านั้น โดยไม่ได้พิจารณาเครื่องหมายประกอบด้วย ตัวอย่างเช่น นักเรียนตอบว่า 10^{-8} มีค่ามากกว่า 10^{-6} ดังข้อที่ 6.1 เป็นต้น

นอกจากนั้น ครูผู้สอนก็เป็นส่วนหนึ่งที่ถือได้ว่ามีอิทธิพลมากต่อการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ซึ่งนอกเหนือจากการที่ครูผู้สอนจะต้องมีมโนมติที่ถูกต้องในเรื่องที่จะสอนแล้ว ยังจำเป็นต้องมีความรู้ในเรื่องมโนมติคลาดเคลื่อนในรูปแบบต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้นในตัวนักเรียนได้ เพื่อที่จะนำมาเป็นข้อมูลใช้ในการวางแผนการสอนเพื่อป้องกันการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน เช่น ถ้าครูทราบว่ามโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องกรด-เบส อาจมีสาเหตุมาจากการที่นักเรียนมีพื้นฐานเรื่องสารละลายที่ไม่ดีพอ ในการเรียนการสอนระยะแรกๆ เมื่อมีการกล่าวถึงสารละลายกรด-เบส ครูอาจจะกล่าวย้ำให้นักเรียนทราบว่าสารละลายกรด หรือสารละลายเบสที่กำลังกล่าวถึงนั้น ประกอบด้วยสารใดเป็นตัวทำละลาย และสารใดเป็นตัวถูกละลาย โดยอาจจะใช้ภาพจำลองช่วยในการอธิบายได้

2. ผลการเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนจำแนกตามเพศ

จากผลการวิจัยพบว่าโดยภาพรวม นักเรียนชายและนักเรียนหญิง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดนครศรีธรรมราชมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ตามสมมติฐานข้อที่ 1 โดยนักเรียนหญิงมีมโนมติที่ถูกต้องมากกว่านักเรียนชาย ($\bar{X}$หญิง = .2942 , $\bar{X}$ชาย = .2357) และเมื่อพิจารณาแยกในแต่ละมโนมติพบว่ามีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันระหว่างนักเรียนชายกับนักเรียนหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จำนวน 2 มโนมติ และที่ระดับ .05 จำนวน 6 มโนมติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรวิทย์ วงศ์ศรี (2536 : 85) และ ไกรรักษ์ โชติรัตน์ (2533 : 127) ที่พบว่านักเรียนชายมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนหญิงเช่นกัน ซึ่งสาเหตุที่นักเรียนชาย มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนหญิงนี้ อาจจะเป็นเพราะในลักษณะของสังคมไทย นักเรียนหญิงมมีความละเอียดรอบคอบในกระบวนการคิดมากกว่าและมีความตั้งใจเรียนมากกว่านักเรียนชาย

จากผลการวิจัยยังพบว่านักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกันจำนวน 6 มโนมติ คือ มโนมติที่ 2 , 4 , 8 , 10 , 13 , และ 14 ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าในจำนวนนี้มีมโนมติที่ 2 , 13 , และ 14 เป็นมโนมติที่มีค่า $\bar{X}$ ค่อนข้างต่ำ คือ มีค่าต่ำกว่า 0.2 ซึ่งอาจจะให้ความหมายว่า โดยทั่วไปนักเรียนหญิงมีมโนมติที่ถูกต้องมากกว่านักเรียนชาย แต่สำหรับบางมโนมติที่ค่อนข้างยากหรือมีปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดมโนมติคลาดเคลื่อนได้ง่ายนั้น อาจจะเกิดความคลาดเคลื่อนในนักเรียนหญิงและนักเรียนชายได้ในโอกาสเท่าๆกัน โดยไม่เลือกว่าเป็นนักเรียนเก่งมากหรือน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอาร์นัวดินและมินทซ์ (Arnaudin and Mintzes, 1985 : 732) ที่พบว่ามโนมติที่คลาดเคลื่อนบางอย่างอาจจะพบได้ในผู้ที่ได้รับการศึกษาในระดับสูงได้เช่นกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของฐิติมา สุขภิมนตรี (2531 : บทคัดย่อ) ที่พบว่ามโนมติในบางเรื่องนักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของสุวิมล เขี้ยวแก้ว (Suwimon , 1989 : Abstract) ที่พบว่าในมโนมติบางเรื่องนักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ผลการเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อน จำแนกตามขนาดโรงเรียน

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ในจังหวัดนครศรีธรรมราชที่ศึกษาในโรงเรียนที่มีขนาดต่างกันมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 โดยเมื่อพิจารณาในแต่ละมโนมติ พบว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดต่างกันมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกัน จำนวน 12 มโนมติ และเมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์รายคู่โดยวิธีการของเชฟเฟ่ พบว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนน้อยกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่ จำนวน 2 มโนมติ และพบว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดกลางและขนาดใหญ่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 8 มโนมติ ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ส่วนใหญ่เป็นโรงเรียนระดับจังหวัด เป็นที่นิยมของนักเรียนในการเข้าศึกษา และเนื่องจากจำนวนผู้สมัครเข้าศึกษาต่อมีมากกว่าจำนวนที่โรงเรียนสามารถรับได้ จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการคัดเลือก นักเรียนที่ผ่านการคัดเลือกเข้าศึกษาต่อในโรงเรียนเหล่านี้ส่วนใหญ่มีความสามารถในด้านการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ไม่ผ่านการคัดเลือกเข้าศึกษาต่อในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ นอกจากนั้นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษจะมีความพร้อมในด้านต่างๆมากกว่าทั้งในเรื่อง งบประมาณ บุคลากร และอุปกรณ์สื่อการเรียนการสอน เป็นต้น อีกทั้งเนื่องจากเป็นที่รวมของนักเรียนที่มีพื้นฐานความสามารถในด้านการเรียนที่

ดีอยู่แล้ว มีความตั้งใจในการเล่าเรียน กระตือรือร้นสูง เนื่องจากต้องแข่งขันกับเพื่อนร่วมชั้นซึ่งมีผลการเรียนค่อนข้างดีและใกล้เคียงกัน ส่วนโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลาง มักเป็นโรงเรียนในระดับอำเภอหรือระดับตำบล จึงมีความพร้อมในด้านต่างๆน้อยกว่าโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ

สำหรับอีก 2 มโนมติ ได้แก่ มโนมติที่ 2 และ 14 นั้นให้ผลสอดคล้องกับการเปรียบเทียบระหว่างเพศชายกับเพศหญิงคือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตินั้น น่าจะเป็นเพราะเป็นมโนมติที่เกิดการคลาดเคลื่อนได้ง่าย ดังได้อภิปรายข้างต้น โดยความคลาดเคลื่อนในมโนมติที่ 2 อาจจะมีสาเหตุมาจากหนังสือแบบเรียนซึ่งใช้เป็นแบบแผนเดียวกันทุกโรงเรียน จึงมีโอกาสที่จะเกิดการคลาดเคลื่อนได้กับนักเรียนที่เก่งมากหรือน้อยได้ในโอกาสเท่าๆกัน ส่วนความคลาดเคลื่อนในมโนมติที่ 14 อาจจะเป็นเพราะมโนมติที่ 14 นี้เกี่ยวข้องกับหลายมโนมติสัมพันธ์กัน เช่น เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์, สารละลาย และสมดุลเคมี ร่วมกับมโนมติในเรื่องกรด-เบสเอง จึงอาจจะเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยากต่อการทำความเข้าใจ

จากการวิจัยยังพบว่า นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดกลางและขนา คใหญ่ มีมโนมติคลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน ในเกือบทุกมโนมติยกเว้นมโนมติที่ 11 การที่ผลการศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนในนักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดกลางและขนาดใหญ่ ให้ผลส่วนใหญ่ที่ไม่ต่างกันนั้น น่าจะเป็นเพราะในความเป็นจริง แม้โรงเรียนขนาดใหญ่จะมีจำนวนนักเรียนมากกว่าโรงเรียนขนาดกลาง แต่ไม่ได้หมายความว่าระดับความสามารถของนักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดใหญ่จะมากกว่านักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนขนาดกลางอย่างเห็นได้ชัด และการที่นักเรียนคนใดคนหนึ่งจะตัดสินใจในการสมัครเข้าศึกษาต่อในโรงเรียนขนาดใหญ่หรือโรงเรียนขนาดกลางนั้น อาจจะไม่มีแรงจูงใจในเรื่องขนาดของโรงเรียนมากไปกว่าการเลือกโรงเรียนที่อยู่ในพื้นที่ใกล้บ้าน จึงไม่ทำให้มีนักเรียนเก่งในโรงเรียนใดโรงเรียนหนึ่งมากเป็นพิเศษ แต่มีลักษณะเป็นการกระจายแบบปกติมากกว่า จึงไม่เห็นความแตกต่างจากการเฉลี่ยโดยภาพรวม ผลการวิจัยที่พบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของฐิติมา สุขภิมนตรี (2531 : บทคัดย่อ) ที่พบว่าในมโนมติบางเรื่อง ไม่พบความแตกต่างระหว่างนักเรียนที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนที่มีขนาดต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

จากผลการวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 6 แผนการเรี ยน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ค่อนข้างสูง ดังนั้นเพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาการเรียนการสอน วิชาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1.1 ครูผู้สอนวิชาเคมีควรจะนำผลการวิจัยเกี่ยวกับมโนมติที่คลาดเคลื่อน มาใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการสอน คิดค้นวิธีการสอน ปฏิบัติการสอน จัดกิจกรรมและสร้างสื่อประกอบการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันไม่ให้นักเรียนเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน โดยเฉพาะมโนมติที่พบว่ามีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด 5 อันดับแรกคือ มโนมติที่ 9, 13, 2, 14 และ 6 ดังนั้นในการเรียนการสอนครูผู้สอนควรบอกให้นักเรียนทราบว่าเนื้อหาที่นักเรียนกำลังเรียนอยู่นั้น เคยมีผู้ที่มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในลักษณะใดบ้าง โดยยกตัวอย่างเกี่ยวกับมโนมติที่คลาดเคลื่อนในลักษณะต่างๆ และอธิบายถึงมโนมติที่ถูกต้องให้นักเรียนเข้าใจชัดเจนโดยอาจใช้สื่อประกอบการเรียนการสอนในลักษณะเป็นภาพจำลอง เพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างมโนมติได้ถูกต้องตามที่ครูต้องการ การบรรยายโดยปล่อยให้นักเรียนเป็นฝ่ายสร้างจินตนาการด้วยตนเองนั้นเป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยง เนื่องจากนักเรียนจะสร้างภาพที่ผิดหรือถูกอย่างไรนั้น ยากที่ครูจะทราบได้ในขณะที่ทำการสอน

1.2 ครูผู้สอนวิชาเคมีควรทดสอบตนเองเพื่อจะได้ทราบว่าตนเองมีความเข้าใจที่ถูกต้องชัดเจนในเนื้อหาที่จะสอนหรือไม่ อาจจะทำการทดสอบได้ด้วยตนเองโดยใช้เครื่องมือวัดที่มีคุณภาพ มีเฉลยและวิเคราะห์คำตอบโดยละเอียด เพื่อให้ครูสามารถทำความเข้าใจได้ด้วยตนเอง

1.3 ครูผู้สอนวิชาเคมีควรมีการนำแบบทดสอบมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีไปใช้ในการเรียนการสอน เป็นการประเมินผลนักเรียน ถ้าพบว่ามีมโนมติที่นักเรียนไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อนอยู่ ก็จะได้หาแนวทางในการป้องกันและแก้ไขไม่ให้เกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน โดยครูอาจใช้วิธีการดังนี้

1.3.1 ในการเรียนเนื้อหาในบทเรียนเรื่องต่าง ๆ เมื่อจบบทเรียนแต่ละเรื่อง หรือแต่ละเนื้อหาครูควรทำการทดสอบวัดมโนมติวิชาเคมีของนักเรียน และเมื่อเสร็จสิ้นการสอบควรเฉลย

คำตอบที่ถูกต้องให้นักเรียนทราบ เพื่อนักเรียนจะได้ทราบว่าสิ่งที่เขาคิดและกระทำลงไปนั้นถูกหรือผิดอย่างไร และครูจะได้ทำการแก้ไขให้นักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้อง ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องนั้นและสนใจที่จะเรียนเรื่องต่อไปโดยมีพื้นฐานที่ถูกต้อง ทำให้นักเรียนเรียนรู้เรื่องใหม่ได้รวดเร็ว และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมี

1.3.2. นักเรียนส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยกับแบบทดสอบแบบเลือกตอบ ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เดาสุ่มในตัวเลือก ทำให้ครูไม่สามารถทราบได้ว่านักเรียนมีมโนมติวิชาเคมีถูกต้องหรือคลาดเคลื่อนเพียงใด และลักษณะข้อสอบแบบนี้ ยังมีผลทำให้นักเรียนไม่มีทักษะในการเขียน การอธิบายหรือการบรรยายวิธีการหาคำตอบหรือแสดงที่มาของคำตอบนั้น ดังนั้นครูผู้สอนควรเพิ่มทักษะในการเขียน อธิบายคำตอบหรือให้นักเรียนแสดงวิธีอย่างละเอียดโดยการออกข้อสอบแบบอัตนัยบ้าง ซึ่งโดยวิธีนี้จะทำให้ครูเข้าใจนักเรียน และทำให้ทราบว่านักเรียนมีความรู้มากน้อยเพียงใด มีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องใดบ้าง จะได้หาวิธีการแก้ไขให้นักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้อง

1.4 จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนแตกต่างกัน โดยนักเรียนชายมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนสูงกว่านักเรียนหญิง ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนครูผู้สอนควรดูแลและเอาใจใส่กับนักเรียนชายให้มากขึ้นเพื่อจะได้ลดการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อนในนักเรียนชาย

1.5 จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนจากโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลางมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนสูงกว่านักเรียนจากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ฉะนั้นผู้บริหารโรงเรียนและผู้มีส่วนรับผิดชอบในโรงเรียนขนาดกลางและขนาดใหญ่ ควรให้ความสำคัญต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้น ส่งเสริมกิจกรรมทางวิชาการแก่นักเรียนเพื่อพัฒนาความสามารถของนักเรียนให้เท่าเทียมกับโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ

1.6 ผู้บริหารโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลางควรให้การสนับสนุน ส่งเสริมและพัฒนาสมรรถภาพการสอนวิทยาศาสตร์ของครู โดยอาจจะให้เข้ารับการอบรมสัมมนาเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ การใช้อุปกรณ์ประกอบการสอน การนิเทศก์ภายใน เทคนิควิธีสอนให้นักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้อง ตลอดจนการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม เพื่อให้มีความเข้าใจในมโนมติต่างๆ อย่างชัดเจนและถูกต้อง

1.7 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ควรจัดให้มีการอบรมครูผู้สอนวิชาเคมีในระดับต่างๆ เพื่อเน้นให้เห็นถึงความสำคัญของการเรียนการสอนเพื่อให้ตระหนักถึงการเกิดมโนมติที่ถูกต้องในวิชาเคมีตลอดจนลำดับขั้นในการสอนเพื่อให้เกิดมโนมติที่ถูกต้องในวิชาเคมี

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรทำการศึกษาถึงปัจจัยและสาเหตุของการเกิดมโนมติคลาดเคลื่อนของนักเรียน เพื่อหาแนวทางป้องกันและแก้ไข นอกจากนั้นอาจจะทำการวิจัยทดลองใช้มาตรการต่างๆที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดมโนมติที่คลาดเคลื่อน

2.2 ควรทำ าการศึกษาเรื่องเดียวกันนี้กับกลุ่มประชากรอื่น ๆ เพื่อจะได้เปรียบเทียบผลการวิจัยว่าแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

2.3 ควรทำการศึกษามโนมติอื่น ๆ ในวิชาเคมี นอกเหนือจากที่ได้ศึกษามาแล้วเพื่อจะได้ผลการวิจัยที่กว้าง และครอบคลุมยิ่งขึ้น

2.4 ควรทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมโนมติวิชาเคมีกับเรื่องต่าง ๆ เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาเคมี วิธีการสอนของครูผู้สอนวิชาเคมี สภาพทางเศรษฐกิจ สังคม และอาชีพของผู้ปกครองของนักเรียนและประสบการณ์การสอนของครูผู้สอนวิชาเคมี

บรรณานุกรม

<u>หนังสือ</u>

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์. 2537ก. "การสอนวิทยาศาสตร์(2)", **ประมวลสาระชุดวิชาและวิทยวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 8.** มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

_____. 2537ข. "พื้นฐานทางจิตวิทยาของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์", **ประมวลสาระชุดวิชาและวิทยวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 6** มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรรมาธิราช.

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์, ทบวงมหาวิยาลัย. 2525. ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพคุรุสภา.

จำนง พรายแย้มแข. 2516 **เทคนิคและวิธีสอนวิทยาศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. พระนคร : ไทยวัฒนาพานิช.

ชัยพร วิชชาวุธ. 2519. **จิตวิทยาฉบับประสบการณ์** กรุงเทพมหานคร : สารมวลชน.

ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์. 2525. **เคมีคำนวณและเทคนิคการทำโจทย์.** กรุงเทพมหานคร : กราฟิกอาร์ต.

ปรีชา วงศ์ชูศิริ. 2525. "การจัดลำดับเนื้อหาและประสบการณ์." **เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 1 -7.** มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ : ยูไนเต็ดโปรดักชัน.

ผดุงยศ ดวงมาลา. 2523. **การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พนัส หันนาคินทร์. 2526. **การสอนค่านิยมและจริยธรรม.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์พิฆเณศ.

พวงเพ็ญ อินทรประวัติ. 2532. **รูปแบบการสอน.** มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒสงขลา.

ภพ เลาหไพบูลย์. 2534. **การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา.** เชียงใหม่ : โรงพิมพ์คอมเมอร์เชียล.

มังกร ทองสุขดี. 2523. **การวางแผนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สามเจริญพานิช.

_____. 2521. **โครงสร้างทางการศึกษาวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา.

ล้วน สายยศ,อังคณา สายยศ. 2531. **หลักการวิจัยทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ : บริษัทศึกษาพร จำกัด.

วิชัย ราษฎร์ศิริ. 2522. **หลักสูตรและแบบเรียนประถมศึกษา.** กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

วิชาการ, กรม. 2535. **หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533).** พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา.

วราภรณ์ ชัยโอภาส. 2521. **การพัฒนาสมรรถภาพในการสอนวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพฯ : ประเสริฐศิริ.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2536ก. **คู่มือครูวิชาเคมี เล่ม 5 ว032 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533).** พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา.

_____. 2536ข. **หนังสือเรียนวิชาเคมี เล่ม 5 ว034 หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533).** พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา.

สมจิต สวธนไพบูลย์. มปป. **วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม.** ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สุวัฒก์ นิยมค้า. 2517. **การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด.** พระนคร : โอเดียนสโตร์.

_____. 2531. **ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 1.** กรุงเทพฯ : เจเนรัลบุคส์.

สุวัฒน์ มุทธเมธา. 2523. **การเรียนการสอนปัจจุบัน (ศึกษา 333).** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

สุวิมล เผื่อแก้ว. 2540. **สาระร่วมสมัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา.** ปัตตานี : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. (สำเนา).

อำนาจ เจริญศิลป์. 2537. **วิธีสอนวิทยาศาสตร์ยุคใหม่** พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

<u>บทความ</u>

จักรพงษ์ แพทย์หลักฟ้า. 2537. "ความคิดรวบยอด...เรื่องที่ครูควรอ่าน", **ศิลปกรรมศาสตร์.** 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม 2537), 19-22.

ธวัชชัย ชัยจิรฉายะกุล. 2525 "การสอนความคิดรวมยอดและหลักการ", **คุรุปริทัศน์.** 5 (มิถุนายน 2525), 42 - 49.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. 2537 "ความคิดรวบยอมกับการเรียนการสอน", **สารพัฒนาหลักสูตร.** 119 (ตุลาคม - ธันวาคม 2537), 55-60.

บุญเสริม ฤทธาภิรมย์. 2523. "การเรียนรู้แบบสร้างความคิดรวบยอด", **ประชากรศึกษา.** 31 (กุมภาพันธ์ 2523), 6-17.

ประภัสสร กระมุท. 2522 "ความคิดรวมยอดในเด็ก", **รูสะมิแล.** 4 (มกราคม - เมษายน 2522), 50 - 53.

ไพเราะ ทิพยทัศน์. 2521. "แนวความคิดรวบยอดกับความเป็นจริงในการปฏิบัติวิทยาศาสตร์", **วิทยาศาสตร์.** 32 (กันยายน 2521), 19-33.

มนัส บุญประกอบ. 2533. "ยุทธศาสตร์ใหม่ทางการศึกษา : แผนภูมิมโนทัศน์", **สสวท.** 18 (มกราคม - มีนาคม 2533), 26-29.

วิไลวรรณ ตรีศรีชะนะมา. 2537. "แนวคิดบางประการเกี่ยวกับความคิดรอบยอด", **สารพัฒนาหลักสูตร.** 14 (เมษายน - มิถุนายน 2537), 49-51.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2533. "การศึกษาแนวคิดทางเคมีที่เข้าใจยากระดับมัธยมศึกษา สาขาวิชาเคมี.", **วิจัยสนเทศ.** 120 (กันยายน 2533), 1-9.

สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย. (ส.ว.ท) ในพระบรมราชูปถัมป์. 2533. **วิทยาศาสตร์.** 44 (สิงหาคม 2533), 30-33.

สุชาติ โสมประยูร. 2512. "ความเชื่อและความเข้าใจผิดเรื่องเพศ", **ศูนย์ศึกษา.** 6 (กุมภาพันธ์ 2512), 27.

สุนีย์ คล้ายนิล. 2535. "นักเรียนเข้าใจ(เคมี)จริงหรือ: การศึกษาเปรียบเทียบ อเมริกัน อังกฤษ ไทย", **สสวท.** 86 (ตุลาคม - ธันวาคม 2535), 3 - 10.

ไสว เลี่ยมแก้ว. 2537. "มโนทัศน์", **การพัฒนาหลักสูตร.** 70 (มกราคม 2537), 41 - 43.

วิทยานิพนธ์

กรรณิกา แจ้งหมื่นไวย. 2534. "การวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กรุงเทพมหานคร", วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (สำเนา).

ไกรรักษ์ โชติรัตน์. 2537. "มโนภาพที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องไฟฟ้าของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดสระแก้ว", วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (สำเนา).

ฐิติมา สุขมนตรี. 2531. "มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดสุราษฎร์ธานี", วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (สำเนา).

นิภา บุญธรรม. 2538. "ผลสัมฤทธิทางการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่อง พลังงานกับชีวิตและความสามารถในการสร้างมโนมติของมโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้แผนภูมิมโนมติ", วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (สำเนา).

นภาพร แถวโนนงิ้ว. 2537. "การวิเคราะห์มโนมติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ (ว102) เรื่องโลกสีเขียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1" วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (สำเนา).

เบญจวรรณ รอดแก้ว. 2524 "ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยการอ่าน" วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (สำเนา).

พินิจ วรรณีเวชศิลป์. 2522. "ปัญหาการเรียนการสอนวิชาเคมีในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในกรุงเทพมหานคร", วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (สำเนา).

รัตน์สุณี เลิศชวลิตสกุล. 2532. "การเปรียบเทียบมโนทัศน์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนในเขตเมืองกับเขตชนบท", วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (เสำเนา).

วราภรณ์ ถิรสิริ. 2533. "การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กรุงเทพมหานคร", วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (สำเนา).

สุรวิทย์ วงศ์ศรี. 2536. "การศึกษามโนทัศน์วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดชัยภูมิ", วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (สำเนา).

โสภาพรรณ แสงศัพท์, ลัดดาวรรณ เจริญศักดิ์ศิริ และ นภาพร บรรพวงศ์. 2525. "ผลการวิจัยเรื่องมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโปรแกรมวิทยาศาสตร์และนักศึกษาวิทยาลัยครู", คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (สำเนา).

<u>ภาษาต่างประเทศ</u>

Arnaudin, Mary W. and Mintzes, Joel J. 1985. "Students Alternative Conceptions of the Human Circulatory System : A Cross - Age Study", **Science Education.** 69 (October 1985), 721-733.

Ausubel, D.P. 1968. **Educational Psychology : A Cognitive View.** Boston : Holt , Rinehart and Winston.

Banerjee, Anil C. 1991. "Misconceptions of Students and Teachers in Chemical Equilibrium", **International Journal of Science Education.** 13 (April 1991), 487-497.

Borg, Walter R. and Gall, Meredith D. 1987. **Educational Research.** London : Longman Group Ltd.

De Cecco, J. P. 1968. **The Psychology of Learning and Instruction : Educational Psychology.** Englewood : Prentic-Hall.

Fieldman, R. S. 1987. **Understanding Psychology.** New York : McGraw - Hill,Inc.

Fisher, K.M. 1985. "A Misconception in Biology : Amino Acid and Translation", **Journal of Research in Science Teaching.** 22 (Jannuary 1985), 53-62.

Fleming, Michael C. and Nellis, Joseph G. 1994. **Principles of Applied Statistics.** London. : Routledge.

Gabel, Dorothy L. and Samuel, K.V. 1987. "Understanding the Particulate Nature of Matter", **Journal of Chemical Education.** 64 (August 1987), 695 - 697.

Good, Carter V. 1973. **Dictionary of Education.** 3nd.ed. New York. : McGraw-Hill Book Company.

Gronlun, Norman E. and Linn, Robert L. 1990. **Measurement and Evaluation in Teaching.** (6th ed.) New York. : Macmillan.

Halloun, I.A. and D. Hestenes. 1985. "Common Sense Concept about Motion", **The American Journal Physic.** 53 (July 1985), 1056-1065.

Helm, H. 1980. "Misconceptions in Physics among South Africa Students", **Physics Education.** 15 (Janaury 1980), 92-105.

Hesse, Joseph J. and Anderson, Charles W. 1992. "Students' Conceptions of Chemical Change", **Journal of Research in Science Teaching.** 29 (March 1992), 277-299.

Hinkle, Dennis E. ; Wiersma, William and Jurs, Stephen G. 1982. **Basic Behavioral Statistics.** Boston : Houghton Mifflin Commpany.

Klopfer, E.L. 1971. **Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning.** NewYork : Mcgraw-Hill Inc.

Lovell, K. 1966. **The Growth of Basic Mathematical and Scientific Concept in Children.** London. : University of London Press.

Nakhleh, Mary B. and Krajcik, Joseph S. 1994. "Influence of Levels of Information as Presented by Different Technologies on Students' Understanding of Acid, Base, and pH Concepts", **Journal of Research in Science Teaching.** 31 (October 1994), 1077-96.

Nakhleh, Mary B. 1994. "Students' Models of Matter in the Context of Acid - Base Chemistry", **Journal of Chemical Education.** 71 (June 1994) 495-499.

Osborne, R. and Freyberg, P. 1980. "Learning in Science." **The Implication of Children's Science.** London : Hainmann Puliahers.

Payne, David A. 1992. **Measuring and Evaluating Education Outcomes.** New York : Merrill, and Imprint of Macmillan Publishing Company.

Peterson, Raymond F. and Treagust, David F. 1989a. "Development and Application of a Diagnostic Instrument to Evaluate Grade 11 and 12 Students' Concepts of Covalent Bonding and Structure Following a Course of Instruction", **Journal of Research in Science Teaching.** 26 (April 1989), 301 - 304.

_____. 1989b. "Grade-12 Students' Misconceptions of Covalent Bonding and Structure", **Journal of Chemical Education.** 66 (June 1989), 459-460.

Rayner-Canham, Geoff. 1994. "Concepts of Acids and Bases", **Journal of College Science Teaching.** 23 (April 1994), 246-247.

Ross, Bertram H.B. and Others. 1991. "Concept Mapping and Misconceptions : A Study of High-School Students' Understandings of Acids and Bases", **International Journal of Science Education.** 13 (January 1991), 11-24.

Ross, Bertram H. B. 1989. "High School Students' Concepts of Acids and Bases", M.S. Thesis, Queen's University. Ontario, Canada.

Russell , David. H. 1956 **Children's Thinking.** Boston : Ginn Company.

Sanger, Michael J. and Greenbowe, Thomas J. 1997. "Common Student Misconceptions in Electrochemistry : Galvanic, Electrolytic, and Concentration Cells", **Journal of Research in Science Teaching.** 34 (April 1997), 377-398.

Schmidt, Hans-Jurgen. 1991. "A Label as a Hidden Persuader : Chemists' Neutralization Concept", **International Journal of Science Education.** 13 (April 1991), 459-472.

Simson, W.W. and Marek A.E. 1989. "Understanding and Misconception of Biology Concepts Hold by Students Attending Small High Schools.", **Journal of Research in Science Teaching.** 25 (May 1988), 361-374.

Sund, R. B. and Trowbridge, L.W. 1973. **Teaching Science by Inquiry in the Secondary School.** Columbus : Charles E. Merill Publishing Company.

Suwimon Kiokaew, 1989 "Comparing College Freshmens Concepts of Covalent Bonding and the Colleges of Science and the College of Education at Prince of Songkla University, Thailand." Ph.D. Thesis, University of Missouri - Columbia.

Wandersee, J.H. 1986. "Can the History of Science Help Science Education Anticipate Students' Misconception.", **Journal of Research in Science Teaching.** 27 (May 1986), 361-374.

Yamane, Taro. 1967. **Statistics : An Introductory Analysis.** 2nd.ed. New York. : Harper and Row Publication.