

แนวคิดเกี่ยวกับปริมาณสัมพันธ์ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 5 Grade 10 and 11 Thai Students' Conceptions about Stoichiometry

จรรยา ดาสา¹ สุจิตต์ สงวนเรือง² สุนันท์ สังข์อ่อง³ และนฤมล ยุตากม³
Chanyah Dahsah¹, Sudjit Sanguanruang², Sunan Sung-Ong³
and Naruemon Yutakom³

ABSTRACT

Stoichiometric concept is one of the fundamental and important concepts of chemistry subject, especially in quantitative chemistry. This study explores 97 Grade 10 and 11 Thai science students who had learned stoichiometry topic in three public schools in Bangkok by using a purpose designed questionnaire - the *Stoichiometry Concept Questionnaire* (SCQ). The SCQ consists of 16 multiple choices questions and respondents are required to provide reasons for their choices. The results suggest that many students hold alternative conceptions about stoichiometry which in line with studies carried out in other countries. The main student alternative conceptions are to do with atomic mass or molecular mass, which students think is the mass of one atom. The students also thought that one mole of all substances has a volume of 22.4 L at STP, and that a solution that contains a greater amount of solute has the higher concentration. Students think that the limiting reagent is the reagent for which the lowest mass of reactant is present. These alternative concepts are useful for teacher to improve their teaching.

Key words: stoichiometry, students' conceptions, alternative conceptions

¹ นิสิตโครงการผลิตนักวิจัยพัฒนาด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
The Program to Prepare Research and Development Personnel for Science Education, Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

² ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
Department of Chemistry, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

³ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

บทคัดย่อ

แนวคิดเกี่ยวกับปริมาณสัมพันธ์เป็นแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญของวิชาเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเคมีคำนวณ งานวิจัยนี้ได้สำรวจแนวคิดเกี่ยวกับปริมาณสัมพันธ์นักเรียนสายวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 5 จำนวน 97 คนที่ผ่านการเรียนเรื่องปริมาณสัมพันธ์มาแล้ว จากโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาในกรุงเทพมหานคร 3 แห่งโดยให้นักเรียนตอบคำถามในแบบสำรวจแนวคิดเรื่องปริมาณสัมพันธ์ แบบสำรวจประกอบด้วยคำถามแบบเลือกตอบทั้งหมด 16 ข้อและให้บอกเหตุผลในการเลือกตัวเลือก ผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดทางเลือกเกี่ยวกับปริมาณสัมพันธ์หลายแนวคิดด้วยกัน ซึ่งส่วนใหญ่สอดคล้องกับผลวิจัยในต่างประเทศ แนวคิดทางเลือกสำคัญที่พบเกี่ยวกับมวลอะตอมหรือมวลโมเลกุล คือ นักเรียนคิดว่ามวลอะตอมหรือมวลโมเลกุล คือ มวลของสารนั้น 1 อะตอมหรือมวล 1 โมเลกุล และนักเรียนคิดว่า สารทุกชนิด 1 โมลมีปริมาตร 22.4 ลิตรที่ STP และสารละลายที่มีปริมาตรแต่ละลายมากกว่ามีความเข้มข้นสูงกว่า และนักเรียนคิดว่าสารกำหนดปริมาณเป็นสารตั้งต้นที่มีปริมาณน้อยที่สุด เป็นต้น แนวคิดทางเลือกเหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อผู้สอนในการจัดการเรียนรู้ในเรื่องปริมาณสัมพันธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

บทนำ

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 กล่าวว่าจัดการเรียนการสอนต้องเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับการสอนตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) (von Glasersfeld, 1993) ตามทฤษฎีนี้ ผู้เรียนไม่ได้เปรียบเสมือนกระดานเปล่าที่ใช้ขีดเขียนความรู้ในชั้นเรียน แต่ผู้เรียนนำความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้เรียนมาด้วย (Bell, 1991) นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลาย

ท่านพบว่า ประสบการณ์หรือความรู้เดิมของผู้เรียนมักจะแตกต่างจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งแนวคิดที่แตกต่างจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์นี้เรียกว่า แนวคิดทางเลือก (Alternative Conception) และแนวคิดทางเลือกนี้มีผลต่อการสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียนเป็นอย่างมาก เมื่อผู้เรียนมีแนวคิดทางเลือก แนวคิดทางเลือกนี้จะป็นอุปสรรคต่อการสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียน ทำให้การสร้างองค์ความรู้เกิดได้ยากขึ้น (Tyler, 2002) จากแนวคิดดังกล่าว การจัดการเรียนการสอนผู้สอนต้องคำนึงถึงความรู้เดิมและแนวคิดทางเลือกของผู้เรียน เข้าใจธรรมชาติของผู้เรียน ดังนั้นการสำรวจแนวคิดของผู้เรียนจึงมีความสำคัญที่จะทำให้ผู้สอนได้ทราบแนวคิด ตลอดจนแนวคิดทางเลือกของผู้เรียนเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องและเหมาะสมกับผู้เรียนได้มากที่สุด

การสำรวจแนวคิดของผู้เรียนเรื่องปริมาณสัมพันธ์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายและนักศึกษาชั้นปีที่ 1 เป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากจากนักวิทยาศาสตร์ศึกษาในหลายประเทศและจากงานวิจัยพบว่าผู้เรียนมีแนวคิดทางเลือกเกี่ยวกับปริมาณสัมพันธ์หลายแนวคิดที่สำคัญทั้งที่เหมือนและแตกต่างกัน ตัวอย่างแนวคิดทางเลือกที่พบ เช่น มวลของธาตุ 1 อะตอม เท่ากับมวลอะตอมของธาตุ โมล คือ สารที่มีปริมาตร 22.4 ลิตรที่ STP จำนวนโมลของสารก่อนและหลังปฏิกิริยาเท่ากัน อัตราส่วนโดย โมลของสารที่ทำปฏิกิริยาเคมีพอดีกันเป็น 1 ต่อ 1 เสมอ และสารกำหนดปริมาณคือสารตั้งต้นที่มีปริมาณน้อยที่สุดในปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น (BouJaoude & Barakat, 2000; Furio et al., 2000) จากการศึกษางานวิจัยที่ทำในประเทศไทยเรื่องปริมาณสัมพันธ์ ยังไม่พบงานวิจัยที่ศึกษาแนวคิดและแนวคิดทางเลือกเรื่องปริมาณสัมพันธ์โดยตรง มีงานวิจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้อง คือ งานวิจัยของ Chuepangam (2000) ซึ่งศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของนักเรียนใน

เขตจังหวัดเชียงใหม่ ผลวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับปริมาณสัมพันธ์ และไม่สามารถอธิบายเหตุผลโดยใช้แนวคิดที่ถูกต้องได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ BouJaoude & Barakat (2000) ที่กล่าวว่านักเรียนส่วนใหญ่ที่ไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาในเรื่องปริมาณสัมพันธ์ได้ เนื่องจากนักเรียนขาดความเข้าใจแนวคิดที่สำคัญเรื่องปริมาณสัมพันธ์

เนื่องจากงานวิจัย พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ที่ผ่านการเรียนเรื่องปริมาณสัมพันธ์มาแล้ว ยังขาดความเข้าใจแนวคิดในเรื่องนี้อย่างแท้จริง และแสดงแนวคิดทางเลือกเป็นจำนวนมาก และปริมาณสัมพันธ์เป็นแนวคิดที่สำคัญมากและเป็นแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญในเคมี ในประเทศไทยปริมาณสัมพันธ์เป็นหัวข้อหนึ่งในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2547) เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนถึง 35 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอนมากที่สุด ในวิชาเคมี ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการเรียนเรื่องปริมาณสัมพันธ์เป็นอย่างดี และผลการวิจัยที่พบข้างต้นส่วนใหญ่ทำในประเทศตะวันตกซึ่งมีบริบทที่แตกต่างจากประเทศไทย ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเพื่อสำรวจแนวคิดและแนวคิดทางเลือกของนักเรียนเรื่องปริมาณสัมพันธ์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในประเทศไทย เพื่อข้อมูลที่ได้จะเป็นแนวทางให้ผู้สอนนำมาใช้ในการพัฒนาและจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับผู้เรียน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเรื่องนี้อย่างแท้จริง และสามารถนำแนวคิดและข้อความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและเป็นพื้นฐานในการเรียนเคมี เรื่องต่อ ๆ ไปได้อย่างถูกต้อง

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อสำรวจแนวคิดของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 5 ในเรื่องปริมาณสัมพันธ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานแก่ผู้สอนในการจัดแผนการเรียนการสอนเรื่องปริมาณสัมพันธ์
2. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานแก่นักวิจัยและพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอนในการออกแบบหลักสูตร แบบเรียน และกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องปริมาณสัมพันธ์
3. เพื่อเป็นแนวทางหรือตัวอย่างแก่ผู้สอนหรือนักวิจัยที่สนใจศึกษาแนวคิดของนักเรียน เรื่องปริมาณสัมพันธ์

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาแนวคิดของนักเรียนสายวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปริมาณสัมพันธ์ได้แก่แนวคิดเรื่องมวลอะตอม มวลโมเลกุล โมล ความเข้มข้นของสารละลาย สมการเคมี และความสัมพันธ์ของปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี
2. กลุ่มศึกษาเป็นนักเรียนสายวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนมัธยมศึกษา 3 แห่งในกรุงเทพมหานคร ที่ผ่านการเรียนการสอนเรื่องปริมาณสัมพันธ์ ในภาคปลายปีการศึกษา 2547 ตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มศึกษา

กลุ่มตัวอย่างวิจัย เป็นนักเรียนระดับชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 5 สายวิทยาศาสตร์ จำนวน 97 คน คณะความสามารถในรายวิชาเคมี จากโรงเรียนรัฐบาลระดับมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตกรุงเทพมหานครจำนวน 3 โรงเรียน ที่ผ่านการเรียนการสอนเรื่องปริมาณสัมพันธ์ ในภาคปลายปีการศึกษา 2547

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นแบบสำรวจแนวคิดนักเรียนเรื่องปริมาณสัมพันธ์ (Stoichiometry Concept Questionnaire: SCQ) ประกอบด้วยคำถาม 16 ข้อ ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก พร้อมกันให้นักเรียนเขียนแสดงเหตุผลในการเลือกตัวเลือกนั้นๆ และใช้เวลาในการตอบ 1 ชั่วโมง

ข้อคำถามที่ใช้บางส่วนได้ปรับปรุงมาจากข้อคำถามที่พบในงานวิจัย (เช่น Cervellati *et al.*, 1982; Johnstone, 1983) เพื่อสำรวจแนวคิดของนักเรียนเรื่องปริมาณสัมพันธ์ ข้อคำถามและเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นอาจารย์ผู้สอนเคมีระดับมหาวิทยาลัย 2 ท่าน อาจารย์ผู้สอนวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 1 ท่าน และอาจารย์ผู้สอนวิทยาศาสตร์ศึกษาระดับมหาวิทยาลัย 3 ท่าน ผู้วิจัยได้ทดลองใช้แบบสำรวจแนวคิดกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผ่านการเรียนเรื่องปริมาณสัมพันธ์มาแล้ว ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 5 จำนวน 2 ครั้ง ในครั้งที่ 1 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 18 คน จาก 3 โรงเรียน โรงเรียนละ 6 คน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่เรียนเรื่องปริมาณสัมพันธ์มาแล้วในปีการศึกษา 2546 โดยให้นักเรียนเลือกตัวเลือกทั้งหมด 16 ข้อ จากนั้นสัมภาษณ์นักเรียนถึงเหตุผลที่นักเรียนเลือกตัวเลือกนั้นๆ เพื่อประเมินความเข้าใจและการตีความหมายของนักเรียนเกี่ยวกับคำถามที่ใช้ พบว่ามีข้อคำถามบางข้อที่นักเรียนไม่เข้าใจ และตอบได้ไม่ตรงกับสิ่งที่ต้องการวัด จึงได้ทำการแก้ไขข้อคำถามอีกครั้งและ

ได้ทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ 2 กับนักเรียนจำนวน 19 คน จาก 1 โรงเรียน ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มที่ศึกษา กล่าวคือ เป็นโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานในกรุงเทพมหานคร และมีขนาดห้องเรียนใกล้เคียงกัน ในครั้งนี้ให้นักเรียนต้องตอบคำถามทั้งหมดทั้งเลือกตัวเลือก และ เขียนเหตุผลแสดงแนวคิดของนักเรียนในการเลือกตัวเลือกนั้นๆ เพื่อประเมินความเข้าใจคำถาม การตีความหมายโจทย์ และเวลาที่ใช้ในการตอบแบบสำรวจ พบว่านักเรียนตอบคำถามได้ตรงกับสิ่งที่ต้องการวัด และใช้เวลาในการตอบประมาณ 1 ชั่วโมง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ส่งแบบสำรวจให้กับครูผู้สอนเคมี ในระดับชั้น ม. 4 และ ม. 5 ที่สอนเรื่องปริมาณสัมพันธ์ จำนวน 3 โรงเรียน เพื่อสำรวจแนวคิดของนักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องปริมาณสัมพันธ์มาแล้วจำนวนทั้งสิ้น 97 คน โรงเรียนที่หนึ่ง 38 คน โรงเรียนที่สอง 35 คน และโรงเรียนที่สาม 24 คน โดยความสามารถในรายวิชาเคมี ในเดือนกุมภาพันธ์ 2548

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ประมวลและวิเคราะห์ข้อมูลเป็นกลุ่ม โดยแสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มต่าง ๆ แบ่งกลุ่มโดยใช้ Conceptual Profile Inventory: CPI (Haidar, 1997) ออกเป็น 5 กลุ่ม คือ (1) มีแนวคิดที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Sound Understanding, SU) (2) มีแนวคิดที่ถูกต้องเพียงบางส่วน (Partial Understanding, PU) (3) มีแนวคิดที่ถูกต้องบางส่วนและแสดงแนวคิดทางเลือก (Partial Understanding with Alternative Conceptions, PUA) (4) มีแนวคิดทางเลือก (Specific Alternative Conceptions, SA) และ (5) ไม่ตอบหรือไม่แสดงแนวคิด (No Response, NR) ผลการวิเคราะห์ได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นอาจารย์ผู้สอนเคมีระดับ

มหาวิทยาลัย 3 ท่าน และ อาจารย์ผู้สอนเคมีระดับมัธยมศึกษา 1 ท่าน

ผล

ผู้วิจัยนำเสนอแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับปริมาณสัมพันธ์ โดยแบ่งตามแนวคิดที่สำคัญ 6 แนวคิด คือ มวลอะตอม มวลโมเลกุล โมล ความเข้มข้นของสารละลาย สมการเคมี และความสัมพันธ์ของปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี ดังนี้

มวลอะตอม

จากการให้นักเรียนเปรียบเทียบมวลของธาตุ 1 อะตอมกับมวลของธาตุมาตรฐาน โดยระบุมวลอะตอมของธาตุนั้น พบว่านักเรียนร้อยละ 10.31 มีแนวคิดที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่ว่า มวลอะตอม คือมวลเปรียบเทียบระหว่างมวลของธาตุ 1 อะตอมกับ $1/12$ มวลของ C^{12} นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 31.96 มีแนวคิดที่ถูกต้องเพียงบางส่วน โดยในการให้เหตุผลนักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 96.88 ของนักเรียนที่แสดงมวลของธาตุไม่ระบุหน่วยที่ใช้เช่นมวล 1 อะตอมของธาตุ ควรมีหน่วยเป็นกรัม แต่นักเรียนจะระบุคำว่า มวล 1 อะตอมของ C^{12} เท่ากับ $12 \times 1.66 \times 10^{-24}$ เป็นต้น แนวคิดทางเลือก ที่พบ คือ นักเรียนคิดว่ามวลอะตอม คือมวลของธาตุ 1 อะตอม และมวลอะตอม คือ มวลเปรียบเทียบระหว่างมวลของธาตุ 1 อะตอมกับมวลของ C^{12} 1 อะตอม

มวลโมเลกุล

เมื่อให้นักเรียนระบุวิธีการคำนวณหามวลโมเลกุลของสาร โดยทราบสูตรโมเลกุล พบว่านักเรียนร้อยละ 80.41 เลือกตัวเลขได้ถูกต้องแต่มีเพียงร้อยละ 12.37 ที่แสดงแนวคิดที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่ว่า มวลโมเลกุล หาได้จากผลรวมของมวลอะตอมของธาตุที่มีอยู่ในโมเลกุล และพบว่ามึนักเรียนร้อยละ 25.77 แสดงแนวคิดทาง

เลือก แนวคิดทางเลือกที่พบ คือ มวลโมเลกุล เป็นมวลของธาตุ และมวลโมเลกุล มีมวลเท่ากับมวลของสาร 1 โมเลกุล เป็นต้น

โมล

เมื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบสาร 2 ชนิด คือ O_2 และ H_2O จำนวน 1 โมลเท่ากัน พบว่านักเรียนร้อยละ 32.99 มีแนวคิดที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่ว่า สารทุกชนิด 1 โมล ประกอบด้วยสารจำนวน 6.02×10^{23} อนุภาค หรือ สารทุกชนิดที่มีจำนวนโมลเท่ากัน จะมีจำนวนอนุภาคเท่ากัน และจากการที่ให้นักเรียนหาปริมาณสารที่มีมวลเท่ากับมวลโมเลกุลของสารโดยมีหน่วยเป็นกรัม นั้น นักเรียนร้อยละ 36.08 มีแนวคิดที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยระบุได้ว่า สารที่มีมวลเท่ากับมวลโมเลกุลของสารนั้นมีหน่วยเป็นกรัม คือสารนั้นจำนวน 1 โมล แต่พบว่าในเรื่องโมลต่อปริมาตรของสาร นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 32.95 มีแนวคิดที่ถูกต้องบางส่วนและแสดงแนวคิดทางเลือก และนักเรียนร้อยละ 11.34 มีแนวคิดทางเลือกในเรื่องนี้ ที่ว่าสารทุกชนิดจำนวน 1 โมลมีปริมาตร 22.4 ลิตรที่ STP แนวคิดทางเลือกอื่น ๆ ที่พบ คือ สาร 1 โมลมีจำนวน 1 โมเลกุล สารทุกชนิดที่มีมวลเท่ากันจะมีจำนวนอนุภาคเท่ากัน สารที่มีมวลโมเลกุลเท่ากันจะมีจำนวนโมลเท่ากัน และสารทุกชนิด 1 โมลมีจำนวน 6.02×10^{23} อะตอมเสมอ

ความเข้มข้นของสารละลาย

เมื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลาย จากสารละลายที่มีความเข้มข้นและปริมาตรแตกต่างกัน จำนวน 4 ชนิด มีนักเรียนที่มีแนวคิดที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพียงร้อยละ 1.03 ที่ว่า ความเข้มข้นของสารละลายไม่ขึ้นกับปริมาณของตัวละลายและตัวทำละลายเพียงอย่างเดียวหนึ่ง แต่ขึ้นกับอัตราส่วนระหว่างปริมาณตัวละลายในสารละลายหรือตัวทำละลาย นักเรียนส่วน

ใหญ่ร้อยละ 62.89 มีแนวคิดทางเลือก โดยระบุว่า สารละลายที่มีจำนวนโมลของตัวละลายมากที่สุด มีความเข้มข้นสูงที่สุด โดยไม่ได้คำนึงถึงปริมาณตัวทำละลายหรือสารละลาย

จากการเปรียบเทียบความเข้มข้นของ สารละลายก่อนและหลังการระเหยตัวทำละลายพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 37.10 สามารถแสดง แนวคิดได้ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่ว่า เมื่อปริมาณตัวทำละลายลดลง ขณะที่ตัวละลายมี ปริมาณเท่าเดิม ความเข้มข้นของสารละลายจะเพิ่มขึ้น แนวคิดทางเลือกที่พบ เช่น สารละลายที่มีปริมาตร มากที่สุดมีความเข้มข้นสูงที่สุด และ สารละลายที่มี มวลของตัวละลายมากที่สุดจะมีความเข้มข้นสูงที่สุด

กรณีจุดเดือดของสารละลายพบว่า มีนักเรียน เพียงร้อยละ 14.43 มีแนวคิดที่ถูกต้องตามแนวคิด ทางวิทยาศาสตร์ ที่ว่า เมื่อเปรียบเทียบจุดเดือดของ สารละลายที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน สารละลายที่ มีความเข้มข้นสูงกว่า จะมีจุดเดือดสูงกว่าสารละลาย ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า นักเรียนส่วนใหญ่แสดง แนวคิดทางเลือก โดยระบุว่าจุดเดือดของสารละลาย ขึ้นกับสมบัติอื่น ๆ ของสาร เช่น มวล และมวล โมเลกุลของสาร โดยร้อยละ 52.58 ของนักเรียนระบุ ว่าสารละลายที่ตัวละลายมีมวลโมเลกุลสูงที่สุด จะมี จุดเดือดของสารละลายสูงที่สุด

สมการเคมี

เมื่อกำหนดแผนภาพแสดงโมเลกุลของสารตั้ง ดันและสารผลิตภัณฑ์รวมทั้งสารตั้งต้นที่เหลือหลัง เกิดปฏิกิริยาให้กับนักเรียน มีนักเรียนร้อยละ 31.95 ที่เลือกตอบตัวเลือกที่ถูกต้อง แต่ในจำนวนนี้มี นักเรียนแสดงแนวคิดที่ถูกต้องตามแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์เพียงร้อยละ 2.06 ที่ว่า สมการเคมีเป็น สมการที่แสดงสัญลักษณ์ (สูตร) ของสารตั้งต้นและ ผลิตภัณฑ์ โดยจำนวนอะตอมของธาตุของทั้งหมด ในสารตั้งต้นต้องเท่ากับจำนวนอะตอมของธาตุ ทั้งหมดในสารผลิตภัณฑ์ นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ

62.89 มีแนวคิดทางเลือก ที่ว่า สมการเคมี คือ สมการที่แสดงสารทั้งหมดในปฏิกิริยารวมทั้งสารที่ เหลือด้วย

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี

นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 46.39 มีแนวคิดที่ ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกฎทรงมวล ที่ว่า มวลของสารก่อนและหลังปฏิกิริยาเท่ากัน แต่ ยังพบนักเรียนบางส่วนที่มีแนวคิดทางเลือกโดยระบุว่า เมื่อสารมีการระเหิดและเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส มวล ของสารลดลง แก๊สไม่มีมวล และเมื่อสารมีการแตก ตัว มวลของสารจะเพิ่มขึ้น ในแนวคิดเรื่องความ สัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี โดย กำหนดให้นักเรียนระบุความสัมพันธ์ของปริมาณสาร ในปฏิกิริยาฮาเบอร์ พบว่านักเรียนร้อยละ 31.96 มี แนวคิดที่ถูกต้องเพียงบางส่วน โดยสามารถระบุ ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลและจำนวน โมเลกุลของสารได้ และมีนักเรียนที่มีแนวคิดที่ถูก ต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ร้อยละ 3.09 ที่ สามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสาร ทั้งหมดในปฏิกิริยาเคมีได้ว่า สัมประสิทธิ์หน้าสาร ในสมการเคมีที่ดุลแล้ว แสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของ จำนวนโมเลกุลของสารนั้น ๆ ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน และจำนวนโมเลกุลของสารมีความสัมพันธ์โดยตรง กับจำนวนโมลของสาร และ ปริมาตรของแก๊ส แนวคิดทางเลือกที่พบ เช่น อัตราส่วนโดยโมเลกุล ของสารเท่ากับอัตราส่วนโดยมวลของสาร แนวคิด เกี่ยวกับสารกำหนดปริมาณ พบว่า นักเรียนมีแนวคิด ที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ร้อยละ 15.46 ที่ว่า สารกำหนดปริมาณเป็นสารตั้งต้นที่กำหนดปริมาณ สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเมื่อสารกำหนดปริมาณหมดไป ปฏิกิริยาก็จะหยุด ทำให้สารผลิตภัณฑ์ไม่สามารถเกิด เพิ่มขึ้นได้ แนวคิดทางเลือกที่พบ คือ สารกำหนด ปริมาณคือสารตั้งต้นที่มีปริมาณหรือจำนวนโมลน้อย ที่สุด และ ถ้าสารตั้งต้นตัวใดตัวหนึ่งไม่มีเพียงพอใน การเกิดปฏิกิริยาจะไม่เกิดขึ้น และไม่มีผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น

Table 1 Percent of students who hold sound understanding in each concept of stoichiometry.

(n=97)

Concept	Percent of students hold sound understanding
Atomic mass	10.31
Molecular mass	12.37
Mole	
- Number of entities	32.99
- Molar mass	36.80
- Molar volume	17.56
Solution	
- Concentration	37.10
- Concentration in molar unit	1.03
- Mol/dm ³ unit	27.84
- Boiling point elevation	14.43
Chemical reaction	2.06
Quantity relationship in chemical reaction	
- Law of conservation of mass	46.39
- Mass, volume, and number of entities relationship	3.09
- Limiting reagent	15.46

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยข้างต้นเป็นตัวอย่างหนึ่งที่น่าสนใจว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังมีแนวคิดทางเลือกเกี่ยวกับปริมาณสัมพันธ์ และแนวคิดทางเลือกที่พบมีทั้งที่สอดคล้องและแตกต่างจากงานวิจัยที่ได้ศึกษาในต่างประเทศ แนวคิดทางเลือกที่สำคัญที่พบในกลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจแนวคิดที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับมหภาค (โมล) และจุลภาค (โมเลกุลและอะตอม) โดยนักเรียนจำนวนมากแสดงแนวคิดทางเลือกที่ว่าสาร 1 โมล คือ สาร 1 โมเลกุล และมวลอะตอมหรือมวลโมเลกุลของสาร คือ มวลของสารนั้น 1 อะตอมหรือ 1 โมเลกุล เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Furio *et al.* (2000) นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ขาดความเข้าใจในเรื่องปริมาตรต่อโมลของแก๊ส โดยนักเรียนคิดว่า สารทุกชนิด 1 โมลจะมีปริมาตร 22.4 ลิตรที่ STP เสมอ โดยที่นักเรียนไม่คำนึงถึง

สถานะของสาร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของของ Cervellati *et al.* (1982) ที่พบว่าในการระบุปริมาตรโดยโมล ของสารนักเรียนมักจะละเลยสถานะของสารจากแนวคิดทางเลือกนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนเรียนรู้โดยการท่องจำคำนิยามต่าง ๆ โดยขาดความเข้าใจแนวคิดที่สำคัญอย่างแท้จริง

ในเรื่องแนวคิดเกี่ยวกับความเข้มข้นของสารละลาย พบว่านักเรียนมีแนวคิดทางเลือกอยู่เป็นจำนวนมาก ที่ว่า สารละลายที่มีปริมาณตัวละลายมากที่สุด มีความเข้มข้นสูงที่สุด โดยไม่คำนึงถึงปริมาณตัวละลาย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Johnstone (1983) แต่จากการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายก่อนและหลังการระเหยตัวทำละลายพบว่านักเรียนสามารถแสดงแนวคิดที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น ซึ่งอาจสรุปได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจว่าความเข้มข้นของสารขึ้นกับอัตราส่วนระหว่างปริมาณของตัวละลายกับปริมาณสารละลายหรือตัวทำละลาย เมื่อนักเรียนได้

ตัวอย่างเป็นรูปธรรม แต่นักเรียนอาจจะสับสนเมื่อกำหนดความเข้มข้นของสารในหน่วยความเข้มข้นที่เป็นนามธรรม นอกจากนี้นักเรียนส่วนใหญ่แสดงเหตุผลในการระบุความเข้มข้นของสารโดยใช้สูตร $\text{mol} = \text{CV}/1000$ (จำนวนโมลของตัวละลาย เท่ากับ ผลคูณระหว่างความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายหารด้วย 1000) และแสดงวิธีการคำนวณหาจำนวนโมลของตัวละลายโดยใช้สูตรนี้ได้อย่างถูกต้อง เมื่อโจทย์กำหนดความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายมาให้ แต่ในกรณีของคำถามต้องการเปรียบเทียบความเข้มข้น ซึ่งไม่จำเป็นที่นักเรียนต้องหาจำนวนโมลของตัวละลายเลย นักเรียนยังคงคำนวณหาจำนวนโมลของสารละลายโดยใช้สูตรนี้ จากสิ่งที่พบ จึงสรุปได้ว่าเมื่อกำหนดโจทย์ปัญหา นักเรียนจะพยายามใช้สูตรในการอธิบาย และแก้โจทย์ปัญหานั้น ๆ โดยขาดความเข้าใจแนวคิด หรือที่มาของสูตรอย่างแท้จริง ซึ่งผลวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Niaz (1995) ที่ว่านักเรียนส่วนใหญ่จะพยายามเลือกใช้สูตรในการแก้โจทย์ปัญหา มากกว่าการใช้แนวคิด และเมื่อพบโจทย์ที่ซับซ้อนนักเรียนจะไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหานั้น ๆ ได้เลย เพราะนักเรียนไม่มีแนวคิดในเรื่องนั้น ๆ

ในแนวคิดที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับกฎทรงมวล แต่ยังพบนักเรียนบางส่วนที่มีแนวคิดทางเลือกโดยระบุว่า แก๊สไม่มีมวล และเมื่อสารแตกตัว มวลของสารเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Stavy (1991) แนวคิดทางเลือกที่เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีพบว่า นักเรียนส่วนหนึ่งคิดว่าในปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น อัตราส่วนโดยโมเลกุลของสารเป็นอัตราส่วนเดียวกับอัตราส่วนโดยมวลของสาร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Furio *et al.* (2000) และแนวคิดเรื่องสารกำหนดปริมาณ พบว่านักเรียนมีแนวคิดทางเลือกที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ BouJaoude and Barakat (2000) ที่กล่าวว่า สารกำหนดปริมาณคือสารตั้งต้นที่

มีปริมาณหรือจำนวนโมลน้อยที่สุด และที่แตกต่างจากงานวิจัยอื่น ๆ ก็คือ นักเรียนคิดว่าในปฏิกิริยาเคมีใด ๆ ถ้ามีสารตั้งต้นตัวใดตัวหนึ่งมีไม่พอที่จะเกิดปฏิกิริยากับสารตั้งต้นตัวอื่น ๆ ปฏิกิริยาเคมีจะไม่เกิดขึ้นเลย ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่ได้คำนึงถึงสารในระดับอะตอม หรือ โมเลกุล (จุลภาค)

ข้อเสนอแนะของงานวิจัย

แนวคิดเรื่องปริมาณสัมพันธ์ประกอบด้วยแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญหลายเรื่อง แนวคิดเรื่องปริมาณสัมพันธ์จึงเป็นแนวคิดที่ยาก และซับซ้อนในการจัดการเรียนการสอนต้องให้นักเรียนได้เข้าใจแนวคิด ตั้งแต่ระดับจุลภาค (โมเลกุลและอะตอม) มหภาค (โมล, ตัน เป็นต้น) และสัญลักษณ์ (สูตรและสมการเคมี) ตลอดจนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทั้งสามระดับได้ การสอนที่มุ่งเน้นการแก้โจทย์ปัญหาเพียงอย่างเดียว โดยขาดความเข้าใจแนวคิดที่สำคัญอย่างแท้จริง นักเรียนจะไม่สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้ผู้สอนต้องตระหนักถึงความสำคัญของการสำรวจแนวคิดทั้งก่อน ระหว่างและหลังการจัดการเรียนการสอนเพื่อจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องและตรงกับศักยภาพของผู้เรียนมากที่สุด และในการสำรวจแนวคิด ผู้สอนต้องเลือกวิธีการที่เหมาะสม ที่จะสามารถระบุแนวคิดของนักเรียนได้อย่างแท้จริงไม่ใช่วัดการท่องจำการสำรวจแนวคิดโดยการให้นักเรียนระบุเหตุผลเพิ่มเติมจากการเลือกตัวเลือก เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถวัดแนวคิดของนักเรียนได้ และการสัมภาษณ์ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ทำให้ผู้สอนสามารถทราบแนวคิดของนักเรียนได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
2547. หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและ

- เพิ่มเติม เคมี เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. กรุงเทพฯ:
องค์การค่าของครูสภา.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2542. *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542*.
กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษา
แห่งชาติ.
- Bell, B. 1991. "A Constructivist View of Learning
and the Draft Forms 1-5 Science Syllabus".
SAMEpaper 1991: 154-180.
- BouJaoude, S. and H. Barakat. 2000. "Secondary
School Students' Difficulties with Stoichiometry".
School Science Review, 81: 91-98.
- Cervellati, R. et al. 1982. "Investigation of Secondary
School Students' Understanding of the Mole
Concept in Italy". *Journal of Chemical Education*
59: 852-856.
- Chuepangam, M. 2000. "Analysis of Misconception
in Chemistry of Mathayom Suksa 5 Students".
Available: <http://www.grad.cmu.ac.th/abstract/2000/edu/abstract/edu/11001.html>, January 14,
2003
- Furio, C., R. Azcona and J. Guisasola. 2000.
"Difficulties in Teaching the Concepts of
'Amount of Substance' and 'Mole'". *International
Journal of Science Education* 22: 1285-1304.
- Furio, C., R. Azcona and J. Guisasola. 2002. "The
learning and teaching of the concepts 'Amount
of Substance' and 'Mole'. A review of the
literature". *Chemistry Education: Research and
Proetice in Europe* 3(3): 277-292.
- Haidar, A. H.1997. "Prospective Chemistry Teachers'
Conceptions of the Conservation of Matter and
Related Concepts". *Journal of Research in
Science Teaching* 34: 181-197.
- Johnstone, A. H. 1983. "Chemical Education Research:
Facts, Findings, and Consequences". *Journal of
Chemical Education* 60: 968-971.
- Niaz, M. 1995. "Cognitive Conflict as a Teaching
Strategy in Solving Chemistry Problems: A
Dialectic-Constructivist Perspective". *Journal
of Research in Science Teaching* 32: 959-970.
- Stavy, R. 1991. "Using Analogy to Overcome
Misconceptions about Conservation of Matter".
Journal of Research in Science Teaching 28:
305-313.
- Tyler, R. 2002. "Learning for Understanding in
Science: Constructivist/Conceptual Change
Teaching Approaches". *Australian Science
Teachers Journal* 48: 30-35.
- Von GGlaserfeld E. 1993. "Questions and Answers
about Radical Constructivism", pp. 23-38. In K.
Tobin (ed.). *The Practice of Constructivism in
Science Education*. Washington D.C.: AAAS
Press.