บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของปริมาณสารสัมพันธ์และสารกำหนดปริมาณ

ปริมาณสารสัมพันธ์ (Stoichiometry) มาจากภาษากรีก 2 คำ คือ Stoicheion หมายถึง ธาตุ และ Metron หมายถึง การวัด ดังนั้นปริมาณสารสัมพันธ์จึงหมายถึงการวัดปริมาณของสารชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณของสารที่เกี่ยวข้องกันในการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งก็คือสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังหมายรวมถึงปริมาณของพลังงานของสารที่เปลี่ยนแปลงในปฏิกิริยาเคมี โดยเนื้อหาเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ในแบบเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีด้วยกันหลายหัวข้อ คือ มวลอะตอม มวลโมเลกุล โมล สารละลายและความเข้มข้นของสารละลาย สมการเคมีและปริมาณสารสัมพันธ์ในสมการเคมี สารกำหนดปริมาณ และร้อยละของผลได้ ทั้งนี้เนื้อหาโดยส่วนใหญ่เน้นวิธีการสอนแบบบรรยาย มีการทดลองเสริมทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาค่อนข้างน้อย มีเพียงเรื่องเดียวเท่านั้นที่มีการทดลองเกี่ยวข้องกับการเตรียมสารละลาย จึงควรมีการเพิ่มการปฏิบัติการในเนื้อหาที่จะช่วยส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนการสอนเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์มากยิ่งขึ้น

สำหรับเนื้อหาที่สำคัญเรื่องหนึ่งของปริมาณสารสัมพันธ์ คือ เรื่องสารกำหนดปริมาณ (Limiting Reagent) ซึ่งหมายถึง สารที่เป็นตัวกำหนดปริมาณของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น โดยวิธีการหาสารกำหนดปริมาณอาจทำได้ 2 วิธี คือ การหาจากสมการของปฏิกิริยาเคมีที่ดุลสมการแล้วเทียบบัญญัติไตรยางค์ ด้วยการใช้ความรู้เรื่องโมล และอีกวิธีหนึ่ง คือ การเทียบจำนวนโมลของสารตั้งต้นหารเลขสัมประสิทธิ์จำนวนโมลซึ่งถ้าสารใดมีจำนวนโมลน้อยกว่าแสดงว่าสารนั้นเป็นสารกำหนดปริมาณ ซึ่งวิธีการสอนเรื่องสารกำหนดปริมาณตามหนังสือเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เคมี เล่ม 2 ได้แสดงวิธีการสอนโดยยกตัวอย่างโจทย์เกี่ยวกับการคำนวณหาปริมาณสารเมื่อมีสารกำหนดปริมาณและมีการใช้วิธีโดยอาศัยการเปรียบเทียบจากหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งเป็นการสอนเรื่องสารกำหนดปริมาณที่ผู้เรียนสามารถเข้าใจได้จากสิ่งที่อยู่รอบตัวโดยกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีเปรียบเทียบกับการประกอบรถจักรยาน กล่าวคือ ล้อและโครงเปรียบได้กับสารตั้งต้น ในขณะที่รถจักรยานเปรียบได้กับผลิตภัณฑ์ ซึ่งจักรยานหนึ่งคัน ต้องประกอบขึ้นจากล้อสองล้อและโครงจักรยานหนึ่งโครง แต่อย่างไรก็ตามการเรียนที่ต้องอาศัยจินตนาการจากการเปรียบเทียบจำเป็นต้องอาศัยผู้สอนที่มีความเชี่ยวชาญในการอธิบายซึ่งหากผู้สอนขาดความเชี่ยวชาญย่อมไม่สามารถทำให้ผู้เรียนเข้าใจในความหมายของสารกำหนดปริมาณได้ ทางหนึ่งของการแก้ปัญหานี้คือการใช้สื่อการสอน ซึ่งมีรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสื่อการเรียนเรื่องสารกำหนดปริมาณอย่างเช่น ชุดทดลองน้ำอัดลมแสนอร่อย (Padua, et al., 2000: 1608) การพองของลูกโป่งโดยอาศัย

ปฏิกิริยาระหว่างน้ำส้มสายชูและโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (Romklao, 2003) การใช้โมเดลแฮมเบอร์เกอร์ในการสอนสารกำหนดปริมาณ (Liliana, et al., 2003) ชุดทดลองหาปริมาตรแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาสารประกอบโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (Nobuyoshi, et al., 2011) ชุดกิจกรรมสามระดับโดยอาศัยปฏิกิริยาระหว่างคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Angélica, et al., 2014) การใช้ปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์ไบด์กับน้ำเกิดแก๊สอะเซทิลีนเป็นสารผลิตภัณฑ์ (Malila, et al., 2016)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่ามีสื่อที่ใช้ในการสอนสารกำหนดปริมาณอยู่หลายงานวิจัย แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานวิจัยน้อยมากที่นำสื่อเทคโนโลยีอย่างเช่นสมาร์โฟนมาใช้ในการสอนเรื่องสารกำหนดปริมาณ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจพัฒนาชุดการทดลองที่สามารถใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนเรื่องสารกำหนดปริมาณ เพื่อกระตุ้นความสนใจเรียนของผู้เรียนและช่วยฝึกทักษะการใช้เทคโนโลยีได้อีกทางหนึ่ง

2.2 การประยุกต์ใช้สมาร์ทโฟนสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีและการเรียนการสอน

สมาร์ทโฟน (Smartphone) เป็นอุปกรณ์สื่อสารที่กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างยิ่งในสังคมปัจจุบัน ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถของสมาร์ทโฟนนั้นเปรียบเสมือนคอมพิวเตอร์พกพาขนาดเล็กที่มีฟังก์ชันการใช้งานหลากหลายที่มากไปกว่าการติดต่อสื่อสาร และที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งคือ สมาร์ทโฟนมีซอร์ฟแวร์สำหรับช่วยการทำงานของผู้ใช้ซึ่งรู้จักกันเป็นอย่างดีในนามแอพพลิเคชัน (Application) ซึ่งสามารถตอบสนองกิจกรรมในชีวิตประจำวันได้ในหลายด้าน ทั้งด้านบันเทิง เช่น การชมภาพยนตร์ ฟังเพลง เล่นเกมส์ ด้านการเงินการธนาคาร เช่น การทำธุรกรรมทางการเงินผ่านระบบ E-Banking ด้านสังคม เช่น การเผยแพร่ข้อมูลข่าวสาร และการสนทนาผ่านระบบโซเชียลเน็ตเวิร์ค ตลอดจนด้านการศึกษาที่มีแอพพลิเคชันมากมายให้นักเรียน นักศึกษาได้เข้าถึงความรู้ได้อย่างง่ายดายและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยทั่วไปสมาร์ทโฟนแต่ละเครื่องจะขึ้นกับระบบปฏิบัติการที่ใช้งาน ซึ่งระบบปฏิบัติการเหล่านั้นจะช่วยให้ผู้ใช้งานสมาร์ทโฟนสามารถเข้าถึงแอพพลิเคชั่นต่าง ๆ บนระบบนั้นได้ เช่น iPhone ของ Apple ส่งไปที่ระบบปฏิบัติการ iOS สมาร์ทโฟน สมาร์ทโฟนแอนดรอยด์ ส่งไปที่ระบบปฏิบัติการ Android OS และสมาร์ทโฟน Windows Phone ส่งไปที่ระบบปฏิบัติการ Windows Phone เป็นต้น

สำหรับงานทางด้านเคมีนั้นสมาร์ทโฟนได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในการพัฒนาเป็นเครื่องมืออย่างง่ายสำหรับตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารต่าง ๆ อาทิเช่น การใช้โทรศัพท์มือถือยี่ห้อ iPhone ระบบปฏิบัติการ iOS สำหรับการวิเคราะห์ trinitrotoluene (TNT) ในดิน (Choodum, et al., 2013) และ methamphetamine ในยาบ้า (Choodum, et al., 2014) การใช้โทรศัพท์มือถือยี่ห้อ Nokia ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Symbian 60 เป็นเครื่องมือพกพาสำหรับการหาปริมาณโพแทสเซียม (García, et al., 2011) การใช้โทรศัพท์ยี่ห้อ HTC ในระบบ Android ร่วมกับการใช้

ระบบค่าสี RGB ในการวัดสีของดินเพื่อประเมินคุณภาพดิน (Gómez-Robledo, et al., 2013) การประเมินผลผลิตส้มด้วยโทรศัพท์ยี่ห้อ Samsung ในระบบ Android (Gong, et al., 2013) และการพัฒนาโทรศัพท์มือถือไม่จำกัดยี่ห้อที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Android สำหรับใช้ในการตรวจวัด cocaine (Smith, et al., 2014) เป็นต้น

นอกจากงานด้านการตรวจวิเคราะห์สารเคมีแล้ว ประโยชน์อีกทางหนึ่งของสมาร์ทโฟนคือการนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาเคมี ตัวอย่างเช่น Kehoe และ Penn (2013) ได้ออกแบบวิธีการทดลองสำหรับการจัดการเรียนการสอนระดับมัธยมศึกษาโดยใช้การวิเคราะห์ความเข้มข้นของสีผสมอาหาร เครื่องดื่มบำรุงกำลัง และสารละลายไอร์ออน (III) คลอไรด์ ด้วยกล้องจากสมาร์ทโฟน โดยแบ่งการจัดกิจกรรมเป็นสองช่วง ช่วงแรกให้นักเรียนเตรียมสารละลาย และถ่ายรูป ช่วงหลังให้นักเรียนได้วิเคราะห์ความเข้มข้นของสารจากภาพถ่ายโดยอาศัยการวัดความเข้มสี RGB ด้วยโปรแกรม imageJ และแปลงค่าความเข้มสีเป็นค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งการทดลองนี้นอกจากใช้ในการเรียนการสอนแล้วยังสามารถนำไปใช้ในการตรวจวิเคราะห์ทางเคมีในงานอื่น ๆ ได้ สำหรับวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ได้มีการนำสมาร์ทโฟนมาใช้จัดการเรียนการสอนเช่นกัน อย่างเช่นงานวิจัยของ Moraes และคณะ (2014) ได้ออกแบบวิธีการทดลองเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมในน้ำมะพร้าว และน้ำทะเลด้วยเปลวไฟ (Flame test) สำหรับใช้ในการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยอาศัยกล้องถ่ายรูปจากมือถือ โดยในการทดลองมีการเผาสารละลายมาตรฐานโซเดียมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ สารตัวอย่างน้ำมะพร้าว และน้ำทะเล และได้ทำการบันทึกวิดีโอเปลวไฟในขณะที่เผาสาร ภาพที่ได้จากวิดีโอจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความเข้มสี RGB เพื่อหาปริมาณโซเดียม โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ได้เปรียบเทียบความถูกต้องของข้อมูลกับเครื่องมือขั้นสูงคือเฟลมโฟโตมิเตอร์ (Flam photometer) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาชุดทดลองสำหรับวิเคราะห์ปริมาณทองแดงโดยใช้สมาร์ทโฟนเพื่อใช้ในการเรียนการสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษา (Montangero, 2015) โดยใช้กรดไนตริกทำปฏิกิริยากับโลหะทองแดงบริสุทธิ์หรือทองแดงที่เป็นองค์ประกอบในเหรียญชนิดต่าง ๆ เกิดเป็นสารละลายคอปเปอร์ (II) ไนเตรตที่มีสีฟ้า จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณของทองแดงในรูปของสารละลายโดยอาศัยการวิเคราะห์สี HSV จากรูปภาพที่ถ่ายจากสมาร์ทโฟนด้วยแอพพลิเคชันอย่างเช่น Color Grab (Android) และ ColorAssist (iOS) แม้ผลของการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงจะไม่เที่ยงตรงเท่าเครื่องสเปกโทรมิเตอร์แต่เทคนิคนี้สามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนที่ไม่ต้องการความเที่ยงตรงของข้อมูลมากนักได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวยังมีข้อจำกัดบางประการในการนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการเรียนการสอน อาทิเช่น การใช้เปลวไฟในการเผาสาร การใช้กรดแก่รุนแรงที่ค่อนข้างอันตราย ซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้ตู้ดูดควันเข้ามาเป็นเครื่องมือที่ช่วยลดความอันตรายลง ซึ่งบางโรงเรียนที่ขาดแคลนเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์อาจ

ไม่สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ นอกจากนี้งานวิจัยโดยส่วนใหญ่เน้นในด้านการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณสารเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับกฎของเบียร์และแลมเบิร์ต (Beer-Lambert law) ซึ่งเป็นเนื้อหาในระดับที่สูงกว่าระดับมัธยมศึกษาของประเทศไทย อีกทั้งยังไม่มีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ปริมาณสารกับเนื้อหาของปริมาณสารสัมพันธ์อย่างชัดเจนนักคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะออกแบบและสร้างชุดทดลองทางเคมีเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์โดยใช้สมาร์ทโฟน สำหรับการจัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาหรือระดับอุดมศึกษา ทั้งนี้เพื่อช่วยเสริมทักษะในการคิดวิเคราะห์และเชื่อมโยงความรู้ทางเคมีกับชีวิตจริงซึ่งจะทำให้เกิดความรู้ในองค์รวมและสามารถนำมาปรับใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี