การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมรายวิชาเคมี เรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ ด้วยโปรแกรมยูนิตีทรีดีร่วมกับโปรแกรมวูโฟเรีย

The Development of Chemistry Augmented Reality Learning Media in Functional Group of Organic Substances by Unity3D and Vuforia

กรรณิกา เงินบุตรโคตร[1] พีรพงศ์ บุญฤกษ์*[2] นุสรา มูหะหมัด[3]
Kannika Ngoebudkote[1] Pheeraphong Bunroek*[2] Nussara Muhamad[3]

pheeraphong@pnru.ac.th*

ส่งบทความ 16 กันยายน 2566 แก้ไข 9 พฤศจิกายน 2566 ตอบรับ 13 พฤศจิกายน 2566
Received: September,16 2023 Revised: November,9 2023 Accepted:: November,13 2023

บทคัดย่อ

การพัฒนาการเรียนรู้ในโลกยุคปัจจุบันที่มีเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในชีวิต โดยเฉพาะการใช้อุปกรณ์และแอปพลิเคชันเป็นสื่อในการจัดการเรียนรู้ โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมรายวิชาเคมีเรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ โดยใช้โปรแกรมยูนิตีทรีดีร่วมกับโปรแกรมวูโฟเรีย 2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ของสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม ตามเกณฑ์ 80/80 และ 3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแอปพลิเคชัน CHEM AR แทนสื่อความเป็นจริงเสริมเรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ แบบวัดผลกระบวนการและแบบทดสอบหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนมัธยมสาธิตวัดพระศรีมหาธาตุ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร จำนวน 47 คน เป็นการสุ่มแบบกลุ่ม วิเคราะห์คุณภาพของสื่อ ประสิทธิภาพของสื่อความเป็นจริงเสริม (E_1/E_2) กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการวิจัยพบว่า

1. คุณภาพของสื่อความเป็นจริงเสริมอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ =4.86, S.D.=0.10)

2. ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ของสื่อความเป็นจริงเสริม เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์มีค่าเท่ากับ 90.28/81.60 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ใช้สื่อความเป็นจริงเสริมในการเรียนรู้เรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์มีคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

คำสำคัญ: สื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม, หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์, โปรแกรมยูนิตีทรีดี

*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ (corresponding author)
[1,3] อาจารย์ โรงเรียนมัธยมสาธิตวัดพระศรีมหาธาตุ วิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
[2] อาจารย์ สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
[1,3] Lecturer in Wat Phrasrimahadhat Secondary Demonstration School, College of Teacher Education, Phranakhon Rajabhat University
[2] Lecturer in Department of Science and Technology Education, College of Teacher Education, Phranakhon Rajabhat University

Abstract

The development of learning today where technology plays a role in life. Especially the use of smartphones and applications as learning media in learning management. The objectives of this research were 1) to develop chemistry augmented reality technology learning media in functional groups of organic chemistry 2) to study the efficiency of AR learning media and 3) to study the learning outcomes of students. The research tools were the CHEM AR application as chemistry augmented reality technology learning media, process measurement test, and achievement test. The samples consisted of 47 Grade 12 students in science - mathematics major in 1st Semester, academic year 2022 at Wat Phrasrimahadhat Secondary Demonstration School, Phranakhon Rajabhat University. That was obtained using cluster random sampling. The quality of learning media analyzed the data, the efficiency (E_1/E_2) of the chemistry augmented reality technology learning media at 80/80 efficiency criteria, and student learning outcomes.

The research results revealed that:

1. The chemistry augmented reality technology learning media quality was at the highest level of suitability. ($\overline{X}$ =4.86, S.D.=0.10)

2. The chemistry augmented reality technology learning media's efficiency was 90.28/81.60, which meets the specified criteria.

3. The post-test of the grade 12 students who studied functional groups of organic chemistry using chemistry augmented reality technology learning media was significantly higher than the pre-test at .01.

Keywords: Augmented Reality Learning Media, Functional Group, Unity 3D

.....

บทนำ

สถานการณ์โลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างไม่หยุดยั้ง การศึกษาในโลกยุคปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว เมื่อมองย้อนกลับไปเพียง 10 ปี การเรียนที่เน้นในห้องเรียนเป็นจุดศูนย์กลาง ผู้สอนถ่ายทอดความรู้ให้กับนักเรียน เขียนการบ้านลงสมุด การติดต่อสื่อสารผ่านโทรศัพท์มือถือ นักเรียนสอบถามงานจากเพื่อนทางโทรศัพท์ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นโดยในระบบอินเทอร์เน็ตยังไม่แพร่หลาย ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งในชีวิตเหมือนในปัจจุบัน การติดต่อผ่านโปรแกรมในคอมพิวเตอร์ที่ยังไม่ได้อยู่บนสมาร์ทโฟนและยังมองว่าอยู่ห่างไกลกับการใช้ในชีวิตประจำวัน แม้กระทั่งในปัจจุบันนั้นเสมือนปัจจัยที่ 5 ในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ทำให้พบว่าขณะนี้มีหลายอย่างในสังคมเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากมาย ปัญหาของการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันคือการศึกษาที่ถูกแทนที่ด้วยเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในปัจจุบัน ทำให้อาจารย์ในยุคเก่าต้องปรับตัวให้เท่ากันความก้าวหน้าของเทคโนโลยีให้ทัน เพราะในปัจจุบันนี้หากนักเรียนสนใจเรียนรู้เรื่องใด สิ่งแรกที่นักเรียนจะทำคือการค้นหาผ่านอินเทอร์เน็ตที่มีข้อมูลให้เข้าได้จากทั่วโลกได้อย่างหลากหลาย ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ออนไลน์ได้ทุกหัวข้อและเข้าถึงข้อมูลจากทั่วโลก เรียนด้วยตนเองได้ทุกที่ ทุกเวลาทั้งบนมือถือแท็ปเล็ต และคอมพิวเตอร์ (ณรัณภัสสร์ ฐิติพัทธกุล, 2564)

สถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 ทำให้เสมือนเป็นกระบวนการเร่งการเปลี่ยนแปลงให้เข้าสู่สังคมยุคใหม่ที่ต้องมีการใช้เทคโนโลยีมากขึ้นอย่างมาก และหากมองไปอีก 10 ปีข้างหน้าย่อมมีโอกาสที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงแบบก้าวกระโดดและอาจคาดไม่ถึงก็เป็นได้ ไม่เพียงแต่เปลี่ยนแปลงสำหรับการใช้เทคโนโลยี

แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงทั้งระบบของสังคมโลก โดยการศึกษาของเยาวชนนั้นจะหยุดอยู่กับที่หรือพัฒนาไม่ทันกับการเปลี่ยนแปลงของโลกย่อมเป็นสิ่งที่ไม่ควรเกิดขึ้น ดังนั้นในการศึกษาในสถานการณ์ที่มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่ยังไม่มีทีท่าว่าจะสิ้นสุดในระเวลาอันสั้นนี้ โดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2564) ได้กำหนดนโยบายในการเรียนออนไลน์ของนักเรียนในหลากหลายรูปแบบ โดยขึ้นกับสถานการณ์ในแต่ละพื้นที่ว่ามีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อมากน้อยเพียงใด โดยกำหนดให้โรงเรียนจัดการเรียนการสอนใน 5 รูปแบบ ได้แก่ 1. On Site 2. On Air 3. Online 4. On Demand และ 5. On Hand ถึงแม้โรงเรียนจะปิดแต่ต้องไม่หยุดการเรียนรู้ โดยการสอนออนไลน์เป็นรูปแบบที่ถูกใช้ในการจัดการเรียนการสอนจำนวนมากที่สุด

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมหรือ AR เป็นเทคโนโลยีที่สร้างสิ่งเสมือนจริงให้กับผู้ใช้ เป็นแขนงหนึ่งของวิทยาการคอมพิวเตอร์ โดยการเพิ่มโมเดลสามมิติที่สร้างจากคอมพิวเตอร์ลงไปในภาพที่ถ่ายจากกล้องวิดีโอเว็บแคม หรือกล้องในสมาร์ทโฟน ซึ่งในปัจจุบันนำมาประยุกต์ใช้กับภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม การแพทย์ การบันเทิง การสื่อสาร รวมถึงด้านการศึกษา โดย ใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนมาผนวกเข้ากับเทคโนโลยีภาพผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง ๆ และแสดงผลผ่านหน้าจอ คอมพิวเตอร์หรือบนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ ทำให้ผู้ใช้สามารถนำเทคโนโลยีเสมือนจริงมาใช้กับการทำงานแบบออนไลน์ที่สามารถ โต้ตอบได้ทันทีระหว่างผู้ใช้กับสินค้าหรืออุปกรณ์ต่อเชื่อมแบบเสมือนจริงของโมเดลแบบสามมิติ (ธีรชัย ศรีสุวงศ์, 2566)

การสร้างสื่อ AR ในปัจจุบันสามารถสร้างโดยใช้โปรแกรมที่หลากหลาย เริ่มจากโปรแกรมระดับต้น จนกระทั่งต้องใช้ความรู้ขั้นสูงทางเทคโนโลยี เช่น ภาษา C และภาษา C++ โดยเครื่องมือในการสร้าง Visual Content (2D 3D AR VR) ได้แก่ CANVA Blender Spark AR Assemblr และ Unity โดยในงานวิจัยนี้ ได้นำโปรแกรม Unity มาสร้างโครงสร้างของสารอินทรีย์ในรูปแบบ 3 มิติ โดยผู้วิจัยได้ทดลองสร้างภาพ 3 มิติผ่านโปรแกรม SketchUP3D ซึ่งการสร้างภาพ 3 มิติ ผ่านโปรแกรมดังกล่าวมีข้อเสีย คือ การวาดภาพโครงสร้างโมเลกุลของสารทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากมีความเฉพาะเจาะจงและต้องมีรูปร่างและมุมพันธะที่คงที่ โดยโปรแกรม SketchUP3D อาจไม่เหมาะสำหรับการวาดภาพโครงสร้าง 3 มิติ และผู้วิจัยได้ทดลองสร้าง AR ผ่านโปรแกรม Pixlive ซึ่งพบว่ามีข้อเสียในการใช้งาน โดยผู้ใช้งานต้องสแกนฐานข้อมูลก่อน จึงจะสแกนมาร์คเกอร์ได้ จึงส่งผลต่อการใช้งาน ผู้ใช้งานจะใช้งานได้ยากขึ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับโปรแกรมในการพัฒนา AR โดยใช้วิธีการสร้างสื่อ AR ด้วยโปรแกรมยูนิตีทรีดี

ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาเคมีสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์นั้น ได้จัดหลักสูตรการศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ซึ่งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้น มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการแนวคิดและองค์ความรู้จากเนื้อหาวิชาเคมีทำให้ผู้สอนต้องเน้นที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากการค้นพบความรู้และกระบวนการที่เน้นให้นักเรียนสามารถปฏิบัติไปพร้อมกับการเรียนรู้และเกิดองค์ความรู้หลังจากการเรียนรู้ และวิธีที่จะทำให้นักเรียนได้ปฏิบัติไปพร้อมกับการเรียนรู้ได้นั้นคือการสร้างสื่อการสอนแบบผสมผสานโดยใช้เทคโนโลยีในยุคปัจจุบันที่ทันสมัย สามารถดึงดูดความสนใจจากนักเรียนและทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือศึกษาด้วยตนเองโดยมีผู้สอนเป็นผู้แนะนำตามหลักการของการเรียนรู้เชิงรุก สื่อการเรียนรู้ที่สามารถพานักเรียนไปค้นหาความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือสื่อที่สามารถแสดงผลในรูปแบบสามมิติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ได้เริ่มนำนวัตกรรมเทคโนโลยี AR (Augmented Reality) หรือเทคโนโลยีความจริงเสริม มาใช้กับการเรียนการสอน ตั้งแต่ปี 2556 โดยเริ่มพัฒนาเป็นสื่อในหนังสือเรียนของนักเรียน ทำให้นักเรียนได้เห็นภาพจาก 2 มิติ เป็น 3 มิติ เสริมสร้างความเข้าใจและการเรียนรู้ของนักเรียนได้มากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงประโยชน์ของสื่อการเรียนรู้ที่ผสมผสานเทคโนโลยีในยุคปัจจุบันเข้ากับเนื้อหาวิชาเคมี ซึ่งหากมีสื่อการเรียนรู้ที่ดี จะทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้นและสามารถไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้ได้ โดยในรายวิชาเคมี 5 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีการเรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาเคมีอินทรีย์ที่เน้นเกี่ยวกับ

การเรียนรู้เรื่องโครงสร้างของสาร รูปร่างโมเลกุลและมีหมู่ฟังก์ชันที่หลากหลาย แต่มีหลายหมู่ฟังก์ชันที่มีรูปร่างคล้ายคลึงกัน ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนอยู่บ่อยครั้ง ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะสร้างสื่อการเรียนการสอนในรายวิชาเคมีด้วยเทคโนโลยี AR โดยหลักการของเทคโนโลยีความจริงเสริมนี้ ประกอบด้วยรูปภาพหรือตัวหนังสือทำหน้าที่เป็นตัว marker สำหรับการกำหนดจุดเพื่อให้กล้องหรืออุปกรณ์จับภาพที่ทำหน้าที่อ่านภาพนั้น ๆ และมีส่วนแสดงผลซึ่งอาจเป็นจอคอมพิวเตอร์ จอแท็บเล็ต หรือจอโทรศัพท์สมาร์ทโฟน และแอปพลิเคชัน ดังนั้น หากมีภาพ 3 มิติ ที่สามารถมองเห็นและหมุนได้โดยรอบ อาจจะทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้จากภาพนั้นและมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น โดยผู้ที่มีส่วนช่วยในการอธิบายและนำสื่อไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้นั้น คือครูผู้สอนในรายวิชาเคมี ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการสร้างภาพหมู่ฟังก์ชันในรูปแบบ 3 มิติโดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality: AR) มาเป็นสื่อการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในรายวิชาเคมี 5 และจัดอบรมครูผู้สอนวิชาเคมีในระดับมัธยมศึกษา เพื่อนำไปใช้กับนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์มากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมรายวิชาเคมีเรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ โดยใช้โปรแกรมยูนิตีทรีดีร่วมกับโปรแกรมวูโฟเรีย
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม
3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากร/กลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนสาธิตในกลุ่มมหาวิทยาลัยราชภัฏ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันตก จำนวน 14 โรงเรียน รวม 398 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมสาธิตวัดพระศรีมหาธาตุ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร จำนวน 1 ห้องเรียนมีนักเรียน 47 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

2. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรอิสระ คือ สื่อการเรียนรู้รายวิชาเคมีเรื่องหมู่ฟังก์ชันสารอินทรีย์โดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม

ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

3. นิยามศัพท์เฉพาะ

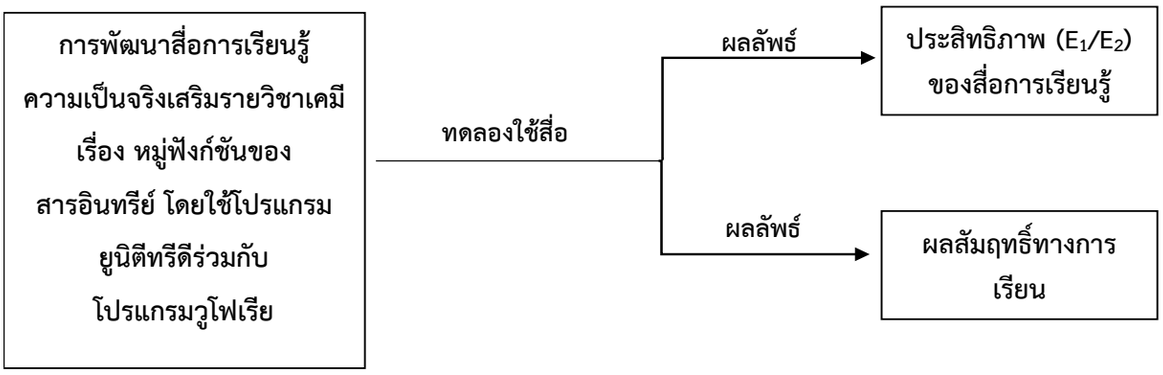
3.1 สื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม หมายถึง สื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาจากเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมใช้อุปกรณ์ในการแสดงผล เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ พัฒนาโดยโปรแกรมยูนิตี้ทรีดี และพัฒนาเป็นแอปพลิเคชัน CHEM AR สำหรับระบบปฏิบัติการไอโอเอสและแอนดรอยด์

3.2 สมรรถนะการสื่อสาร หมายถึง ความสามารถในการรับและส่งสารบนพื้นฐานความเข้าใจและความเคารพในความคิดหรือวัฒนธรรมที่แตกต่าง ตลอดจนสามารถเลือกใช้กลวิธีการสื่อสารทั้งวัจนภาษาและอวัจนภาษาหรือการสื่อความหมายผ่านสื่อในรูปแบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงความรับผิดชอบต่อสังคมเพื่อบรรลุเป้าหมายในการสื่อสาร

3.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ความเข้าใจ ในเรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ ซึ่งแสดงให้เห็นได้ด้วยคะแนนจาก แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4 ประสิทธิภาพ หมายถึง ผลที่ได้จากการใช้สื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมรายวิชาเคมีเรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดที่ 80/80

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมรายวิชาเคมีเรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ โดยใช้โปรแกรมยูนิตีทรีดีร่วมกับโปรแกรมวูโฟเรีย โดยแบ่งเป็น 2 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 พัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมรายวิชาเคมีเรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ โดยใช้โปรแกรมยูนิตีทรีดีร่วมกับโปรแกรมวูโฟเรีย

ระยะที่ 2 ประเมินประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ของสื่อการเรียนรู้และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

2.1 เครื่องมือในการดำเนินงานวิจัย

1. สื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมรายวิชาเคมี เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ พัฒนาจากโปรแกรมทรีดีแมกซ์สำหรับการวาดภาพสามมิติ และใช้โปรแกรมยูนิตีทรีดี และโปรแกรมวูโฟเรีย สำหรับแสดงผลในรูปแบบความเป็นจริงเสริมผ่านอุปกรณ์

2. แผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ จำนวน 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบเรียน รวม 9 คาบเรียน ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสมของการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.78 มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด และได้นำไปทดลอง (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 เพื่อปรับปรุงให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

2.2 เครื่องมือวิจัยที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบประเมินคุณภาพการใช้งานของสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความจริงเสริม เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 ข้อ เมื่อประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้ประเมินความสอดคล้องตรวจสอบความถูกต้อง ความชัดเจนของการจัดการเรียนรู้ และนำมาคำนวณค่า IOC ได้เท่ากับ 1.00

2. แบบวัดผลกระบวนการ เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ สำหรับศึกษาประสิทธิภาพ E_1/E_2 ของสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดผลกระบวนการ จำนวน 25 ข้อ เป็นแบบปรนัย จำนวน 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนได้ดลองทำระหว่างที่ใช้งานสื่อการเรียนรู้เพื่อใช้เป็นกิจกรรมระหว่างเรียน โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้ประเมินความสอดคล้องของวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และนำมาคำนวณค่า IOC ได้เท่ากับ 1.00

3. แบบทดสอบก่อนและหลังเรียนเรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ สำหรับศึกษาประสิทธิภาพ E_1/E_2 ของสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ จำนวน 30 ข้อ เป็นแบบปรนัยจำนวน 4 ตัวเลือก เมื่อประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

จำนวน 5 ท่าน ได้ประเมินความสอดคล้อง ตรวจสอบความถูกต้องความชัดเจนของการจัดการเรียนรู้ และนำมาคำนวณค่า IOC ได้เท่ากับ 1.00 นำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน เพื่อวิเคราะห์ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับ โดยคัดเลือกไว้จำนวน 20 ข้อ เมื่อพิจารณาข้อสอบที่คัดเลือกไว้มีค่าความยากระหว่าง 0.20–0.70 และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบอิงเกณฑ์ (b-index) ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อนำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ทั้งหมดมาคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธี Kuder and Richardson Formula 20 (KR-20) พบว่ามีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.72

3. การดำเนินการวิจัย

3.1 การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมรายวิชาเคมีเรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ โดยใช้โปรแกรมยูนิตีทรีดีร่วมกับโปรแกรมวูโฟเรีย มีขั้นตอนดังนี้

1.ผู้วิจัยศึกษาข้อมูลเรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์และการสร้างภาพโครงสร้างรวมทั้งการสร้างสื่อความเป็นจริงเสริม

2. วาดแบบโครงสร้างสารอินทรีย์ตามหมู่ฟังก์ชัน จำนวน 9 ชนิด ชนิดละ 4 โครงสร้าง ตั้งแต่ C_1-C_4 รวมทั้งหมด 43 โครงสร้าง โดยใช้โปรแกรมทรีดีแมกซ์

3. สร้างป้ายสัญลักษณ์ (Marker) ให้กับภาพโครงสร้างสารอินทรีย์ทั้งหมด 36 โครงสร้าง

4. พัฒนาสื่อการเรียนรู้ AR สำหรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และไอโอเอส โดยใช้โปรแกรมยูนิตีทรีดีและโปรแกรมวูโฟเรีย

5. ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหา และคำนวณค่า IOC ของสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมเรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์

6. ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของการใช้งานสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมเรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ เช่น การแสดงผล ความถูกต้องของสูตรโครงสร้าง การใช้งานสื่อ

7. นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาปรับแก้ไขให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 การศึกษาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้

เมื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้เรื่องหมู่ฟังก์ชันสารอินทรีย์ด้วยเทคโนโลยีความจริงเสริมแล้วผู้วิจัยศึกษาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ของสื่อการเรียนรู้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556) ตามเกณฑ์ 80/80 จากคะแนนแบบวัดผลกระบวนการระหว่างเรียนและคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อหาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้ และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ผู้วิจัยศึกษาข้อมูลเรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์

2. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ สำหรับใช้ทดสอบก่อนเรียน และทดสอบหลังเรียน เป็นแบบเลือกตอบ จำนวน 4 ตัวเลือก ฉบับละ 30 ข้อ

3. สร้างแบบวัดผลกระบวนการระหว่างเรียนเรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ สำหรับใช้หาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้

4. ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเนื้อหา และคำนวณค่า IOC ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ แบบวัดผลกระบวนการระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน เรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์

5. แก้ไขแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ ก่อนเรียน และหลังเรียน ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

6. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ไปทดลองใช้กับกลุ่มที่มีความคล้ายคลึงกับกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ศึกษาแต่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย โดยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตในกลุ่มมหาวิทยาลัยราชภัฏ จำนวน 20 คน

7. วิเคราะห์ความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดสติปัญญา เรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ ก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์

8. คัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ จำนวน 20 ข้อ โดยพิจารณาจากความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.2-0.8 และอำนาจจำแนก

(r) มากว่า 0.2 สำหรับใช้ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

9. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนด้วยวิธีคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) โดยใช้สูตร KR-20 ซึ่งเหมาะสำหรับใช้กับข้อสอบแบบเลือกตอบ

10. กระบวนการเก็บข้อมูลวิจัย

ผู้วิจัยนำสื่อการเรียนรู้ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างการวิจัย ตามแผนการเรียนรู้รายหน่วย

สัปดาห์ที่ 1 และ 2 ทำแบบทดสอบก่อนเรียน จากนั้นในระหว่างเรียนให้นักเรียนทำแบบวัดผลกระบวนการที่ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญแล้ว เพื่อเก็บเป็นคะแนนระหว่างเรียนสำหรับการหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ต่อไป

สัปดาห์ที่ 3 หลังจากนักเรียนได้ฝึกปฏิบัติการใช้สื่อการเรียนรู้และทำแบบวัดผลกระบวนการครบถ้วนแล้ว นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มาทำการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และนำผลการทดสอบไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพสื่อการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่อไป

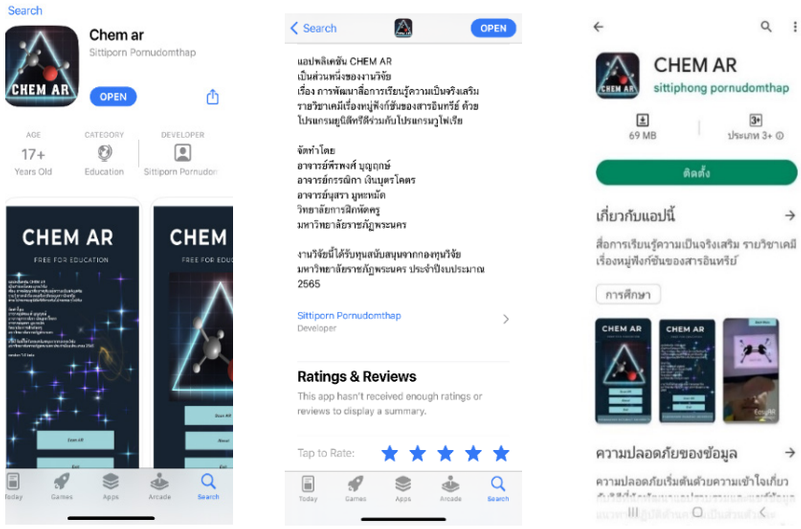
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความจริงเสริม นำข้อมูลคะแนนสอบก่อนเรียน แบบวัดผลกระบวนการระหว่างเรียนและคะแนนหลังเรียน ไปหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) และค่าร้อยละ และคำนวณประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ของสื่อการเรียนรู้ตามเกณฑ์ 80/80

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

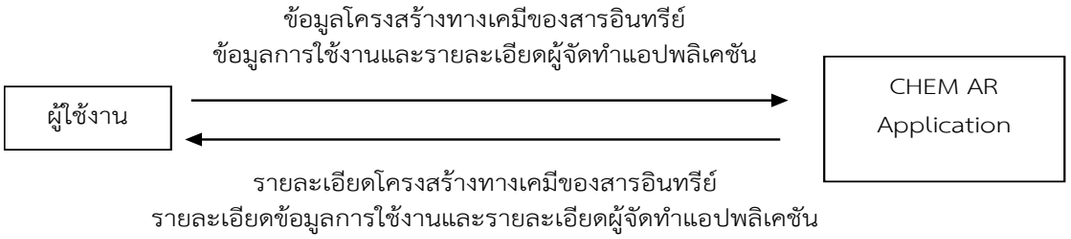
1. การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม

สื่อความเป็นจริงเสริม เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ ประกอบด้วยแอปพลิเคชัน CHEM AR และคู่มือการใช้งานแอปพลิเคชัน สามารถดาวน์โหลดได้หลังจากติดตั้งแอปพลิเคชัน โดยในฐานข้อมูลของแอปพลิเคชันประกอบด้วยโครงสร้างของสารอินทรีย์จำนวน 43 โครงสร้าง โดยวาดภาพ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมวูโฟเรียและนำมาสร้างเป็นสื่อความเป็นจริงเสริมด้วยโปรแกรมยูนิตี้ทรีดี และพัฒนาแอปพลิเคชันในระบบปฏิบัติการไอโอเอส และระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สามารถค้นหาได้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การดาวน์โหลดแอปพลิเคชัน ในระบบปฏิบัติการไอโอเอส และแอนดรอยด์

เมื่อดาวน์โหลดแอปพลิเคชันแล้วจะพบหน้าแรกของแอปพลิเคชัน CHEM AR ผู้ใช้งานสามารถดาวน์โหลดภาพสำหรับสแกนภาพ 3 มิติ ได้ในหัวข้อ Tutorial ในหน้าแรกของแอปพลิเคชัน ผู้วิจัยได้จำลองการทำงานของระบบด้วยแผนภาพ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 Context Diagram ของแอปพลิเคชัน Chem AR

เมื่อประเมินสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้ประเมินสื่อการเรียนรู้ ตรวจสอบความถูกต้อง ความชัดเจนของการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบประเมินความคิดเห็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) เมื่อนำความคิดเห็นจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) คุณภาพของสื่อการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 4.86 แปลความหมายของค่าเฉลี่ยในระดับมีความเหมาะสมมากที่สุด

2. ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ของสื่อความเป็นจริงเสริม เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์

ในการศึกษาประสิทธิภาพของสื่อความเป็นจริงเสริม เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 90.28/81.60 เป็นไปเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ผู้วิจัยนำคะแนนเฉลี่ยจากการที่นักเรียนทำแบบวัดผลกระบวนการระหว่างเรียนกับคะแนนการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มาคำนวณหาประสิทธิภาพของบทเรียนและแบบวัดผลกระบวนการ โดยคะแนนแบบวัดผลกระบวนการมีค่าเฉลี่ย 22.57 จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 90.28 และคะแนนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน มีค่าเฉลี่ย 16.32 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.60 ดังนั้น สื่อความเป็นจริงเสริม เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 90.28/81.60 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์

จำนวนนักเรียน	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)		ประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_2)	E_1/E_2
	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	คะแนนที่ได้	
47	25	1061	767	90.28/81.60

ผลการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 นั้น มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

3.ผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์นั้น โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

	Mean	S.D.	ค่าเฉลี่ยของผลต่าง	S.D. ค่าเฉลี่ยผลต่าง	t	df	
ก่อนเรียน	7.77	3.79	8.55	4.713	12.443**	46	0.000
หลังเรียน	16.32	2.65					

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

จากตารางที่ 2 นักเรียนจำนวน 47 คน มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 7.77 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.79 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 16.32 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.65 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบที พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

สรุปผลการวิจัย

1. สื่อความเป็นจริงเสริม เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ ประกอบด้วยแอปพลิเคชัน CHEM AR และคู่มือการใช้งานแอปพลิเคชัน ในฐานข้อมูลของแอปพลิเคชันประกอบด้วยโครงสร้างของสารอินทรีย์จำนวน 43 โครงสร้าง โดยวาดภาพ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมวูโฟเรียและนำมาสร้างเป็นสื่อความเป็นจริงเสริมด้วยโปรแกรมยูนิตี้ทรีดี และพัฒนาแอปพลิเคชันในระบบปฏิบัติการไอโอเอส และระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สามารถค้นหาได้คุณภาพของสื่อความเป็นจริงเสริมโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ =4.86, S.D.=0.10)

2. ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ของสื่อความเป็นจริงเสริม เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์มีค่าเท่ากับ 90.28/81.60 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ใช้สื่อความเป็นจริงเสริมในการเรียนรู้เรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์มีคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

อภิปรายผลการวิจัย

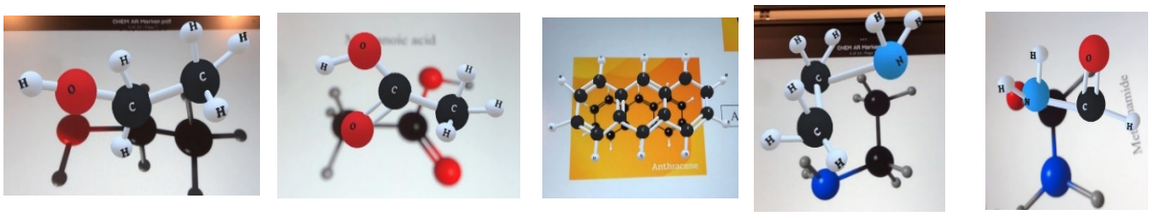
1. พัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม

สามารถพัฒนาการเรียนรู้ให้กับนักเรียนได้มากยิ่งขึ้น เพราะความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในปัจจุบันสื่อการเรียนรู้ในปัจจุบันไม่ได้จำกัดไว้เพียงแต่ในหนังสือหรือเอกสารเท่านั้น การเรียนรู้ของนักเรียนจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อนักเรียนได้เรียนรู้จากของจริงหรือการลงมือทำซึ่งสื่อการเรียนรู้ของนักเรียนที่พัฒนาจากเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับผู้เรียนโดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นสื่อความเป็นจริงเสริมหรือ AR ที่สามารถทำให้ภาพ 2 มิติในกระดาษแปรเปลี่ยนเป็นภาพ 3 มิติที่สามารถหมุนภาพได้ นักเรียนจะมองเห็นภาพได้รอบด้านถึง 360 องศา เป็นการดึงดูดนักเรียนให้สามารถจดจ่ออยู่กับสิ่งที่เห็นอยู่ตรงหน้า มีความตื่นเต้น ท้าทายว่าภาพที่เห็นตรงหน้านั้นเป็นโครงสร้างของสารอินทรีย์ในหมู่ฟังก์ชันใด และทำให้นักเรียนสามารถแยกแยะสูตรโครงสร้างของหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ได้ดียิ่งขึ้น เมื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของสื่อจากการทดลองใช้งาน พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.86 โดยในบางข้อ ผู้วิจัยจะได้ปรับปรุงและพัฒนาสื่อการเรียนรู้ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป ได้แก่ การแสดงผลชัดเจน ในการแสดงผลนั้นมาจากภาพวาดโครงสร้าง 3 มิติ และมีโครงสร้างที่หลากหลาย เมื่อนำมาเป็น marker สำหรับสแกนแล้วนั้นเมื่อปรากฏบนจอภาพ อาจจะมีความไม่ชัดเจนในบางส่วน โดยเฉพาะภาพสารอินทรีย์ประเภทไฮโดรคาร์บอน เนื่องจากมีสีขาว ดำ เทา ทำให้การจับภาพแยกแยะออกได้ยาก

แต่ในหมู่ฟังก์ชันอื่นที่มีอะตอมของออกซิเจน แสดงผลด้วยสีแดง และอะตอมของไนโตรเจน แสดงผลด้วยสีน้ำเงินจะสามารถสแกนแล้วแสดงผลได้ง่ายกว่า สำหรับการเข้าใช้งานแอปพลิเคชันที่รวดเร็วนั้นขึ้นกับอุปกรณ์ที่ใช้อาจจะยังไม่มีความเสถียรเต็มที่ ก็ด้วยอาจเป็นเพราะสัญญาณอินเทอร์เน็ตในแต่ละที่ ที่มีความแรงไม่เท่ากันและคุณภาพของอุปกรณ์ด้วย ซึ่งกรรณิกา เงินบุตรโคตร และคณะ (2565) ได้พัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมเรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ด้วยโปรแกรม SketchUp และ Pixlive Maker ใช้กับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จากการศึกษาพบว่าคุณภาพของสื่อความเป็นจริงเสริมมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด (μ=4.91) ประสิทธิภาพของสื่อความเป็นจริงเสริม E_1/E_2 เท่ากับ 90.73/85.25 และเมื่อนักเรียนได้ใช้งานทำให้คะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีข้อเสนอแนะว่าหากใช้โปรแกรมหรือพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันที่มีการแสดงผลที่ชัดเจนและสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องจะทำให้สามารถขยายผลไปยังนักเรียนในสถานศึกษาต่าง ๆ โดยทั่วไปได้ นอกจากนี้ นวิน ครุฑวีร์และคณะ (2564) ได้พัฒนาแอปพลิเคชันโมเดล 3 มิติ เพื่อการเรียนรู้อุปกรณ์พื้นฐานห้องปฏิบัติการเคมีด้วยเทคนิคความจริงเสริม โดยเน้นไปที่อุปกรณ์ห้องปฏิบัติการซึ่งมีชื่อเรียกที่หลากหลาย ในบางอุปกรณ์มีชื่อเรียกที่คล้ายกัน โดยเมื่อผู้ใช้งานจำนวน 50 คน ได้ทดลองใช้แล้วพบว่าผลประเมินประสิทธิภาพของการใช้งานแอปพลิเคชันโมเดล 3 มิติ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.15 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.63 และผลประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.65

2. ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ของสื่อความเป็นจริงเสริม เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์

ในการเรียนเรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ที่ต้องใช้การสังเกตโครงสร้างทางเคมีของสาร ซึ่งการเห็นภาพโครงสร้างเป็น 3 มิติ และสามารถเคลื่อนไหวได้นั้น ทำให้นักเรียนสามารถจำแนกหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เมื่อนักเรียนได้ใช้งานแอปพลิเคชัน CHEM AR ในระบบปฏิบัติการไอโอเอสและแอนดรอยด์ จะปรากฏภาพ 3 มิติของโครงสร้างทางเคมีของสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ ตามที่ผู้วิจัยได้สร้างภาพ 3 มิติ และนำเข้าข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล ในการแสดงผลของโครงสร้างสารอินทรีย์ในฐานข้อมูลนั้น จะเป็นสีตามที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ซึ่งจะแสดงผลตามสีของอะตอมของสารที่ต่างชนิดกัน ธาตุคาร์บอน (C) มีสีดำ ธาตุไฮโดรเจน (H) มีสีขาว ธาตุออกซิเจน (O) มีสีแดง และธาตุไนโตรเจน (N) มีสีน้ำเงิน ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถแยกแยะโครงสร้างทางเคมีและหมู่ฟังก์ชันได้อย่างชัดเจน จึงทำให้สื่อมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 90.28/81.60 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ตัวอย่างโครงสร้าง ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การแสดงผลของสื่อความเป็นจริงเสริม (AR) ในโครงสร้างทางเคมีต่าง ๆ

การใช้โมเดลหรือภาพ 2 มิติ ให้กลายเป็นภาพ 3 มิติ และสามารถเคลื่อนไหวได้นั้น ทำให้นักเรียนให้ความสนใจในการเรียนมากยิ่งขึ้น เป็นการสร้างประสบการณ์ที่แปลกใหม่ นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นมากในภาพ 3 มิติ ที่นักเรียนกำลังให้ความสนใจ ซึ่งการนำมาใช้กับตารางธาตุ โดยการสร้างตารางธาตุเสมือนจริงเป็นรูปแบบ AR ใช้ร่วมกับแอปพลิเคชันระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น มีการแสดงผลใน 3 มิติ นักเรียนสามารถเห็นภาพที่สมจริงมากยิ่งขึ้น (พลยุทธ พุดตานและจักกริช พฤษการ, มปป.)

โดยในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีความจริงเสริม (augmented reality) มาใช้สำหรับพัฒนาสื่อการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง แบบจำลองอะตอม ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหนองบัวพิทยาคาร ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพของ

สื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีความจริงเสริม เรื่อง แบบจำลองอะตอม มีค่า 87.55/80.19 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้และนักเรียนที่ใช้สื่อการสอนจากเทคโนโลยีความจริงเสริมนั้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งจากการสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนนั้น นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก ในการพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม รายวิชา ปฏิบัติการเคมีเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ประกอบด้วยสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมรายวิชา ปฏิบัติการเคมีจำนวน 10 หน่วยการทดลอง มีภาพนิ่ง เสียงบรรยาย เสียงประกอบ ภาพเคลื่อนไหวและข้อความ พบว่าประสิทธิภาพของบทเรียนคือ 88.46/80.33 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 และนักศึกษาระดับปริญญาตรีมีผลการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ .01 (ณัฐพงษ์ ประเสริฐสังข์และคณะ, 2565)

ดังนั้น สื่อความเป็นจริงเสริม เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 90.28/81.60 ทำให้ผลการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริม เรื่อง หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 นั้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

4. ผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการเรียนเรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ที่ต้องใช้การสังเกตโครงสร้างทางเคมีของสาร ซึ่งการเห็นภาพโครงสร้างเป็น 3 มิติ และสามารถเคลื่อนไหวได้ทำให้นักเรียนสามารถจำแนกหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เมื่อศึกษาจากโครงสร้างจำนวน 43 โครงสร้างที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นโดยเป็นหมู่ฟังก์ชันจำนวน 9 ชนิดของสารอินทรีย์ทำให้นักเรียนสามารถตอบคำถามและทำแบบทดสอบเกี่ยวกับหมู่ฟังก์ชันได้ดีขึ้น ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนดีกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับในการเรียนวิชาเคมีการนำเทคโนโลยีความจริงเสริมมาใช้เป็นสื่อการสอนเกี่ยวกับโมเดลหรือภาพ 2 มิติ ให้กลายเป็นภาพ 3 มิติ และสามารถเคลื่อนไหวได้นั้น ทำให้นักเรียนให้ความสนใจในการเรียนมากยิ่งขึ้น เป็นการสร้างประสบการณ์ที่แปลกใหม่ นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นมากในภาพ 3 มิติ ที่นักเรียนกำลังให้ความสนใจ ซึ่งการนำมาใช้กับตารางธาตุ โดยการสร้างตารางธาตุเสมือนจริงเป็นรูปแบบ AR ใช้ร่วมกับแอปพลิเคชันระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น มีการแสดงผลใน 3 มิติ นักเรียนสามารถเห็นภาพที่สมจริงมากยิ่งขึ้น (พลยุทธ พุดตานและจักกริช พฤษการ, มปป.) และนันทิตา ขันทอง และคณะ (2563) ได้พัฒนาแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความจริงเสมือนสำหรับการเรียนรู้เรื่องธาตุและสารประกอบเคมี ได้สร้างแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความจริงเสมือนนี้มีการนำารูปแบบของอะตอมของธาตุเคมีหมู่หลัก จำนวน 44 ตัว และการรวมอะตอมของธาตุเป็นสารประกอบ จำนวน 5 โมเลกุลมาสร้างเป็นแอนิเมชันโมเดล 3 มิติ เมื่อนำไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 33 คน พบว่าความพึงพอใจเกี่ยวกับเนื้อหาและการดำเนินเนื้อหาซึ่งผลคือระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ =4.35, S.D.=0.66) ความพึงพอใจเกี่ยวกับโมเดล แอนิเมชันและเสียงซึ่งผลคืออยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ =4.22, S.D.=0.70) ความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้งานซึ่งผลคืออยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ =4.18, S.D.=0.82) มีความพึงพอใจเกี่ยวกับการประเมินความรู้และประโยชน์ที่ได้รับอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ =4.34, S.D.=0.64) นอกจากนั้นผลการทดสอบการเรียนรู้หลังเรียนมีผลที่มากกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้งาน

1.1 เมื่อครูนำสื่อไปใช้งาน สมควรที่พิจารณาตามความพร้อมของนักเรียนว่ามีอุปกรณ์รองรับหรือไม่ หากนักเรียนไม่พร้อม ครูควรใช้วิธีการยกตัวอย่างจากอุปกรณ์ของครู

1.2 เพิ่มคู่มือการใช้สื่อ

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมนั้น สามารถพัฒนาต่อในเนื้อหาเรื่องอื่น ๆ ได้ เช่น รูปร่างโมเลกุลพันธะเคมี ปฏิกิริยาเคมี หรือการทดลองที่สามารถพัฒนาเป็นห้องทดลองเสมือนจริง

2.2 สามารถนำไปพัฒนาสื่อในรายวิชาอื่น เช่น คณิตศาสตร์ที่เป็นรูปทรงเรขาคณิต หรือในหัวข้อที่ต้องการให้นักเรียนเห็นภาพชัดเจน

.....

เอกสารอ้างอิง

กรรณิกา เงินบุตรโคตร, พีรพงศ์ บุญฤกษ์ และนุสรา มูหะหมัด. (2565). การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมเรื่องหมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ด้วยโปรแกรม SketchUp และ Pixlive Maker. *วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย,* 14(1), 441-453. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/suedureasearchjournal/article/view/441-453

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย.* 5(1), 7-20. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/suedureasearchjournal/article/view/28419

ณรัณภัสสร์ ฐิติพัทธกุล. (ม.ป.ป.). *Education 2030 - อนาคตการศึกษาในอีก 10 ปีข้างหน้า.* https://www.disruptignite.com/blog/education2030

ณัฐพงษ์ ประเสริฐสังข์, อลิสา ทรงศรีวิทยา และรัตนา รุ่งศิริสกุล. (2565). การพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมรายวิชาปฏิบัติการเคมีเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี. *Journal of Information and Learning,* 32(3), 25-32. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jil/article/view/254483

ธีรชัย ศรีสุวงศ์. (2566). AR Technology เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอัจฉริยะอย่างปลอดภัย. /https://www.depa.or.th/th/article-view/ar-technology

นวิน ครุฑวีร์, พรชนก ชโลปกรณ์, กิตติพงษ์ แก้วประเสริฐ และสิทธิพงศ์ พรอุดทรัพย์. (2564). การพัฒนาแอปพลิเคชันโมเดล 3 มิติ เพื่อการเรียนรู้อุปกรณ์พื้นฐานห้องปฏิบัติการเคมีด้วยเทคนิคความจริงเสริม. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 15*(2), 78-94. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/journaldru/article/view/253794

นันทิตา ขันทอง, เอกสิทธิ์ เทียมแก้ว และสัญญา เครือหงส์. (2563). การพัฒนาแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความจริงเสมือนสำหรับการเรียนรู้เรื่องธาตุและสารประกอบเคมี. *วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์,* 2(2), 77-87. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jait/article/view/241101

พลยุทธ พุดตาน และจักกริช พฤษการ. (ม.ป.ป.). *ตารางธาตุเสมือนจริง.* https://eng.kps.ku.ac.th/dblibv2/fileupload/project_IdDoc58_IdPro469.pdf

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2564). *สพฐ. ประชุมทางไกลชี้แจงแนวทางปฏิบัติภายใต้สถานการณ์โควิด-19 สำหรับโรงเรียนและเขตพื้นที่การศึกษา.* https://www.obec.go.th/archives/363188

.....