การพัฒนาสื่อการเรียนรู้เรื่อง โครงสร้างอะตอมและพันธะเคมี ด้วยเทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้

ณัฏฐ์ ดิษเจริญ[1, 3*] กรวัฒน์ พลเยี่ยม[1] พนิดา วังคะฮาต[1] และปุริม จารุจำรัส[2]

[1]ภาควิชาคณิตศาสตร์ สถิติและคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 34190
[2]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 34190
[3]ศูนย์วิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 34190
[*]E-mail: scnadhdi@ubu.ac.th

รับบทความ: 26 เมษายน 2557 ยอมรับตีพิมพ์: 28 พฤษภาคม 2557

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่องโครงสร้างอะตอม และพันธะเคมีโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้ (Augmented Reality) ซึ่งเป็นการจำลองโมเดลลักษณะโครงสร้างของอะตอมและพันธะเคมีในรูปแบบแอนิเมชั่นสามมิติ จำนวน 34 โมเดลที่สามารถใช้งานได้ทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์และแท็บเล็ตที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สื่อการเรียนรู้นี้พัฒนาด้วยโปรแกรม Autodesk Maya โปรแกรม Photoshop และโปรแกรม Unity 3D ผลการพัฒนาและทดสอบระบบด้วยการวิเคราะห์ความสอดคล้องของเนื้อหา (ค่า IOC) และศึกษาความพึงพอใจด้วยแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน และนักศึกษาจำนวน 60 คน ของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พบว่า ความสอดคล้องของเนื้อหามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.81 และค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจ มีค่าเท่ากับ 4.36 (จากคะแนนเต็ม 5.00) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า คุณภาพโดยรวมของสื่อการเรียนรู้นี้อยู่ในระดับดี ช่วยเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหารายวิชาเคมีได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วกว่าการเรียนด้วยบทเรียนแบบเดิมที่เป็นภาพแบบสองมิติ

คำสำคัญ: ออกเมนเต็ดเรียลลิตี้ โครงสร้างอะตอม พันธะเคมี แอนดรอยด์ สื่อการเรียนรู้

Development of Learning Media in Topics of Atomic Structure and Chemical Bond with Augmented Reality Technology

Nadh Ditcharoen[1,3*], Korawat Polyiam[1], Panida Vangkahad[1], and Purim Jarujamrus[2]

[1]Department of Mathematics, Statistics and Computer, [2]Department of Chemistry, Faculty of Science, and [3]Research and Innovation in Science Education Center, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

[*]E-mail: scnadhdi@ubu.ac.th

Abstract

The objective of this research was to develop a media for learning chemistry in the topics of Atomic Structure and Chemical Bond using Augmented Reality (AR) technology. The 34 models of chemical structures were simulated in form of 3D animations which were able to run on both personal computers and android tablets. This media was developed by using Autodesk Maya, Photoshop, and Unity 3D. The performance of the learning media was studied by analyzing the item-objective congruence (IOC) and users' satisfaction using a questionnaire collected from 5 experts and 60 students of Ubon Ratchathani University. The findings indicated that the index of IOC was 0.81, and the average of students' satisfaction was 4.36 (*in toto* 5.00). It can be concluded that the overall performance of developed media is high level. The learning media could help students gain a better understanding of chemistry comparing with the traditional method.

Keywords: Augmented reality, Atomic structure, Chemical bond, Android, Learning media

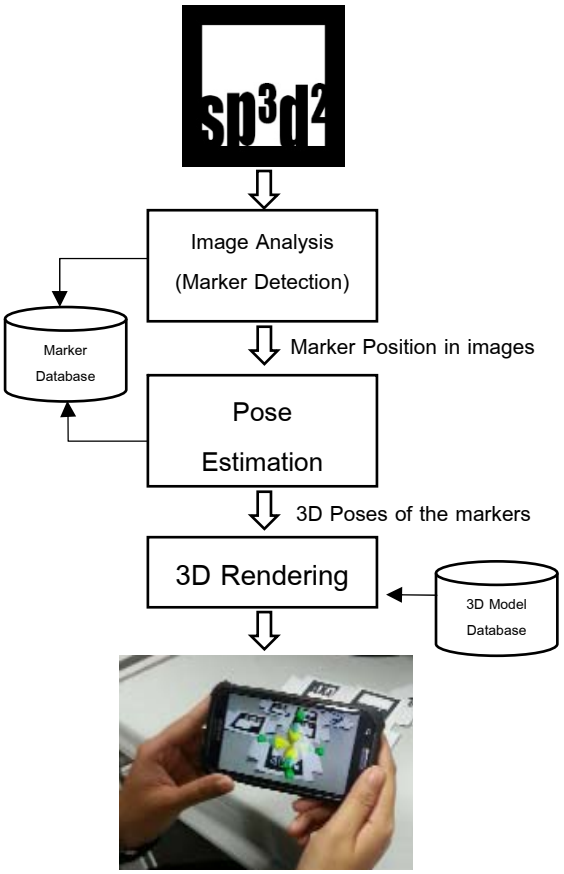
บทนำ

โครงสร้างอะตอมและพันธะเคมี เป็นเนื้อหาส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญในการศึกษารายวิชาเคมี ซึ่งประกอบด้วยทฤษฎีที่จำเป็นต้องทำความเข้าใจและใช้จินตนาการ ภาพประกอบตามเนื้อเรื่องที่อ่านในการเรียนการสอนปัจจุบันใช้การจดจำทฤษฎีและการดูรูปภาพในหนังสือที่เป็นภาพแบบสองมิติ รูปภาพประกอบบางภาพไม่สามารถอธิบายได้อย่างเด่นชัด ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนทำความเข้าใจและจินตนาการตามเนื้อหาได้ยาก (misconnects)

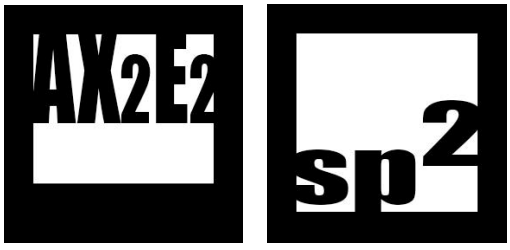
เทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้ (Augmented Reality: AR) หรือเทคโนโลยีโลกเสมือนผสานโลกจริง (พนิดา ตันศิริ, 2553) พัฒนาขึ้นมาในรูปแบบ Human-machine interface ซึ่งเป็นการผสานโลกของความจริง (real world) เข้ากับโลกเสมือน (virtual world) โดยใช้วิธีซ้อนภาพสามมิติที่อยู่ในโลกเสมือนไปอยู่บนภาพที่เห็นจริงผ่านกล้องดิจิตอลของแท็บเล็ต สมาร์ทโฟน หรือกล้องเว็บแคมของคอมพิวเตอร์ในรูปแบบสามมิติที่มีมุมมอง 360 องศา ซึ่งเป็นการแสดงผลแบบ real time กระบวนการทำงานของเทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้ประกอบด้วย 3 กระบวนการหลัก (ภาพที่ 1) ได้แก่ (1) การวิเคราะห์ภาพ (image analysis) เป็นขั้นตอนของการค้นหามาร์กเกอร์จากภาพที่ได้มาจากกล้องแล้วสืบค้นจากฐานข้อมูลมาร์คเกอร์ (marker database) ที่มีการเก็บข้อมูลขนาดและรูปแบบของมาร์กเกอร์ที่ออกแบบไว้ โดยทั่วไปเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีขอบสีดำ พื้นหลังด้านในสีขาว (ภาพที่ 2) (2) การคำนวณค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ (pose estimation) ของมาร์กเกอร์เทียบกับกล้อง แสดงในรูปแบบเมตริกซ์ที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของกล้องและตำแหน่งของมาร์กเกอร์ และ (3) กระบวนการสร้างภาพโมเดลสามมิติ (3D rendering) เทคโนโลยี AR เป็นการเพิ่มข้อมูล (โมเดลสามมิติ) เข้าไปในภาพที่ได้จากกล้อง ณ ตำแหน่งที่ตรวจพบจากขั้นตอนที่

(1) โดยใช้ค่าตำแหน่งจากขั้นตอนที่ (2)

เนื่องจากแนวโน้มของอุปกรณ์เคลื่อนที่ดังกล่าวมีราคาถูกลง การได้มาครอบครองจึงเป็นเรื่องไม่ยากนัก อีกทั้งยังได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลในการจัดสรรเครื่องแท็บเล็ตเพื่อการศึกษา ซึ่งการศึกษาในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้ร่วมกับเทคโนโลยีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ข้อมูลและนำเสนอเนื้อหาแก่ผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนได้สัมผัสประสบการณ์ใหม่ในมิติที่เสมือนจริงและเกิดกระบวนการร่วมกันเรียนรู้ (วิวัฒน์ มีสุวรรณ์, 2554)



ภาพที่ 1 การทำงานของเทคโนโลยี AR



ภาพที่ 2 ตัวอย่างมาร์คเกอร์

วสันต์ เกียรติแสงทอง และคณะ (2552) ได้นำเทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเกมส์เมมการ์ดซึ่งช่วยส่งเสริมทักษะการจดจำ นริศรา กาพมาตย์ และชนาธรณ์ ธูปพุดซา (2554) พัฒนาหนังสือการ์ตูนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ เรื่อง พระมหาชนกโดยใช้เทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้ ซึ่งช่วยเพิ่มความสนใจให้ผู้อ่านได้อรรถรสในการอ่านหนังสือ เกิดจินตนาการร่วม และเห็นภาพสามมิติขณะอ่านหนังสือ Izzurrachman (2553) นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้เป็นอุปกรณ์ในการเรียนการสอนในรายวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมีร่วมกับแบบจำลองสามมิติ ซึ่งช่วยทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้โดยการจินตนาการตามเนื้อหาและทำความเข้าใจได้ง่ายและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวิวัฒน์ มีสุวรรณ์ (2554) เกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ซึ่งถือเป็นมิติใหม่ทางด้านสื่อการศึกษา ทำให้ผู้เรียนมีความสนใจใฝ่เรียนรู้ อยากรู้อยากเห็น อยากเรียนรู้สิ่งใหม่ จนนำไปสู่สังคมการเรียนรู้ร่วมกัน จากงานวิจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงนำเทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้มาใช้พัฒนาสื่อการเรียนรู้เรื่อง “โครงสร้างอะตอมและพันธะเคมี” บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (android) ซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องมือประกอบการเรียนการสอนแก่ครูผู้สอนและเป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งในการศึกษารายวิชาเคมี เพื่อให้การเรียนรู้เนื้อหาเคมีไม่ใช่เพียงเป็นการศึกษาจากตำราและรูปภาพแบบสองมิติอีกต่อไป

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ (1) ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นอาจารย์ผู้สอนรายวิชาเคมีและคอมพิวเตอร์ จำนวน 5 คน และ (2) นักศึกษา จำนวน 60 คน ทั้งสองกลุ่มนี้ได้จากการเลือกอย่างเจาะจงจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

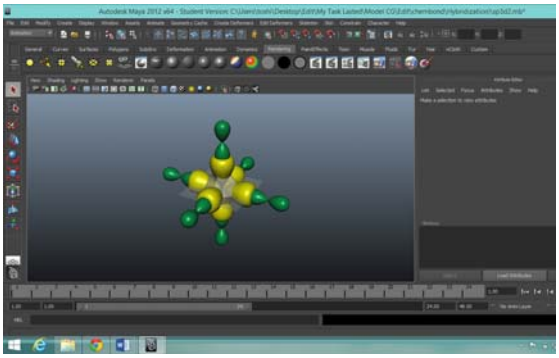
การออกแบบและพัฒนาสื่อการเรียนรู้

หลังจากผู้วิจัยได้วิเคราะห์กลุ่มผู้ใช้งาน ได้แก่ นักศึกษาที่กำลังศึกษาในรายวิชาเคมีสำหรับนักศึกษาวิทยาศาสตร์ 1 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และวิเคราะห์เนื้อหาร่วมกับอาจารย์ผู้สอนเรียบร้อยแล้ว จึงได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาสื่อการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งการพัฒนาออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ (1) การออกแบบและพัฒนาโมเดลสามมิติ ซึ่ง

เป็นแบบจำลองแสดงลักษณะโครงสร้างทางเคมี (2) การออกแบบและพัฒนามาร์กเกอร์ สำหรับระบุตำแหน่งที่จะให้แอพพลิเคชั่นแสดงผลโมเดล และ (3) การพัฒนาแอพพลิเคชั่นเพื่อให้สามารถแสดงผลโมเดลที่พัฒนาขึ้นบนคอมพิวเตอร์และสมาร์โฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ รายละเอียดการพัฒนามีดังนี้

1. การออกแบบและพัฒนาโมเดลสามมิติ

ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Autodesk Maya (student version) ในการออกแบบและพัฒนาโมเดลสามมิติที่เกี่ยวกับเรื่อง “โครงสร้างอะตอมและพันธะเคมี” โดยการคัดเลือกหัวข้อที่อาจารย์ผู้สอนรายวิชาเคมีให้ข้อเสนอแนะ โดยสร้างชิ้นส่วนย่อยของโมเดลด้วยเครื่องมือของโปรแกรม Maya ที่ไม่มีการเคลื่อนไหวของภาพ เพื่อลดขนาดของไฟล์โมเดล ดังในภาพที่ 3 ซึ่งแสดงตัวอย่างการพัฒนาโมเดลลักษณะของการไฮบริดไดเซชันของ sp^3d^2 มี 6 ออร์บิทัล (octahedral) ซึ่งอยู่ในเรื่องพันธะเคมี



ภาพที่ 3 การออกแบบโมเดลสามมิติ

2. การออกแบบและพัฒนามาร์กเกอร์

ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Adobe Photoshop ในการออกแบบและพัฒนามาร์กเกอร์ ซึ่งออกแบบให้ขอบเป็นสีดำและใช้เป็นตัวอักษรชื่อเรียกโมเดล เพื่อสื่อความหมายและทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจได้ง่าย ตัวอย่างของการออกแบบมาร์กเกอร์สำหรับโมเดลการไฮบริดไดเซชันของ sp^3d มี 5 ออร์บิทัล (trigonal bipyramidal) แสดงดังในภาพที่ 4

3. การพัฒนาแอพพลิเคชั่น

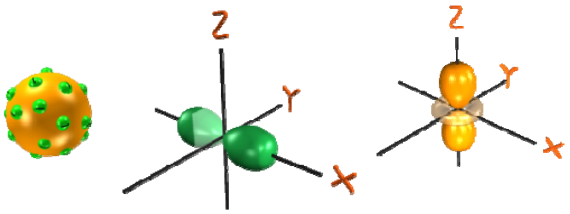
การพัฒนาแอพพลิเคชั่นที่ใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้โปรแกรม Unity 3D ร่วมกับ Voforia (www.vuforia.com) เพื่อเชื่อมโยงมาร์คเกอร์ที่พัฒนาในข้อ 2 กับโมเดลในข้อ 1 ให้แท็บเล็ตหรือสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สามารถอ่านค่ามาร์คเกอร์ผ่านกล้องแล้วแสดงผลโมเดลสามมิติที่ตรงกันได้

ภาพที่ 4 การออกแบบและพัฒนามาร์กเกอร์

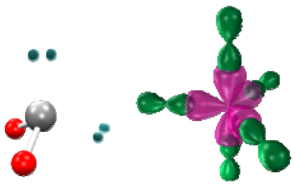
จากภาพที่ 5 โมเดลการไฮบริดไดเซชันของ sp^3d มี 5 ออร์บิทัล (trigonal bipyramidal) ซึ่งอยู่ในเรื่องพันธะเคมี และเชื่อมโยงกับมาร์กเกอร์ผ่านโปรแกรม Unity

ผลการพัฒนาและทดสอบระบบ

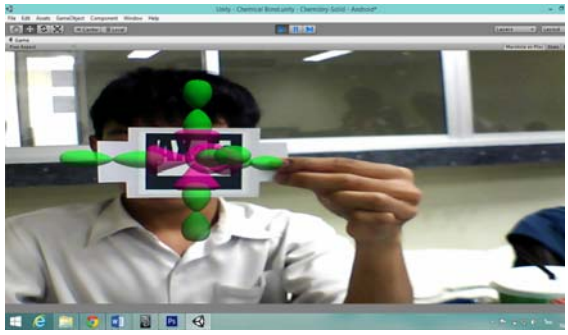
สื่อการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง “โครงสร้างอะตอมและพันธะเคมี” ประกอบด้วยโมเดลสามมิติจำนวน 34 โมเดล ตัวอย่างโมเดลเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมแสดงในภาพที่ 6 และโมเดลพันธะเคมีแสดงในภาพที่ 7 ผลการทดสอบโดยการใช้งานแอพพลิเคชั่น แสดงในภาพที่ 8 และภาพที่ 9



ภาพที่ 6 ตัวอย่างโมเดลเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอม



ภาพที่ 7 ตัวอย่างโมเดลเกี่ยวกับพันธะเคมี



ภาพที่ 8 การทดสอบโดยใช้งานผ่านกล้องเว็บแคม

การประเมินประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) การวิเคราะห์ความสอดคล้องของเนื้อหา (ค่า IOC) และการหาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ และ (2) การศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความสอดคล้องของเนื้อหา (ค่า IOC: index of item-objective congruence) (มนต์ชัย เทียนทอง, 2548) จากสูตรดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

โดยที่ $\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน และ N คือจำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยอาจารย์ผู้สอนประจำภาควิชาเคมี และภาควิชาคณิตศาสตร์ สถิติและคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จำนวน 5 คน ผลการคำนวณหาค่า IOC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.81 ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าโมเดลที่พัฒนาขึ้นทั้งหมดสอดคล้องกับเนื้อหา สื่อความหมายได้อย่างถูกต้อง

การศึกษาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ (1) คุณภาพด้านเนื้อหา (2) คุณภาพด้านสื่อ และ (3) ความพึงพอใจในการใช้งาน เกณฑ์คะแนนแบ่งเป็น 5 ระดับ ตามมาตราส่วนประเมินค่าของลิเคอร์ท (Likert Scale) (มนต์ชัย เทียนทอง, 2548) ผลการประเมิน พบว่า คุณภาพของสื่อการเรียนรู้อยู่ในระดับดี (ตาราง 1) ทั้งนี้ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นตรงกันในประเด็นที่ *“สื่อการเรียนรู้นี้ช่วยดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ดีมาก สามารถทำให้ผู้เรียนเห็นภาพได้ชัดเจน เมื่อนำไปใช้ควบคู่กับคำอธิบายของผู้สอน”*

ตาราง 1 ผลการประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ

คุณภาพ	ระดับคะแนนเฉลี่ย (เต็ม 5)	SD	การแปลผล
ด้านเนื้อหา	4.26	0.23	ดี
ด้านสื่อ	4.17	0.16	ดี
ความพึงพอใจในการใช้งาน	4.16	0.30	ดี
เฉลี่ย	**4.20**	**0.19**	**ดี**

การศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ด้วยแบบสอบถามจากนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จำนวน 60 คน หลังจากใช้มัลติมีเดียประกอบการเรียนรู้ (ภาพที่ 9) และผลการศึกษาความพึงพอใจ (ตาราง 2) พบว่า โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 คิดเป็นร้อยละ 87.26 นอกจากนี้ผู้ใช้ยังให้ความคิดเห็นเพิ่มเติมว่า “เป็นสื่อที่แปลกใหม่ อยากให้พัฒนาต่อในระบบปฏิบัติการ iOS ด้วย”

ภาพที่ 9 การทดลองใช้ประกอบการเรียนรายวิชาเคมี

สรุปและอภิปรายผล

การพัฒนาสื่อการเรียนรู้เรื่อง “โครงสร้างอะตอมและพันธะเคมี” โดยนำเทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้มาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนรายวิชาเคมีนี้ ได้รับการออกแบบให้ใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ทั้งสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตซึ่งผู้ใช้งานสามารถหาซื้อได้สะดวกในราคาประหยัด มาร์กเกอร์ออกแบบให้อ่านค่าได้ง่ายด้วยกล้องและสื่อความหมายให้ผู้ใช้งานเข้าใจได้

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นบนมือถือโดยใช้ Voforia ช่วยให้สามารถอ่านค่ามาร์กเกอร์ได้อย่างแม่นยำ และพัฒนาให้ไฟล์โมเดลมีขนาดเล็กให้เหมาะสมกับความจุของหน่วยความจำในสมาร์ทโฟน นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพัฒนาเว็บไซต์รวบรวมไฟล์ติดตั้งและมาร์กเกอร์เพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนได้ดาวน์โหลดไปใช้งานได้ทุกเวลา

จากผลการทดลองใช้ประกอบการเรียนการสอน พบว่า สามารถสร้างความสนใจ ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นอยากรู้อยากเห็นในเนื้อหาที่จะเรียน สามารถช่วยแก้ปัญหาความเข้าใจคลาดเคลื่อน (misconception) ได้ดีผ่านโมเดลแอนิเมชั่นสามมิติที่มีการเคลื่อนไหวและมองได้รอบด้าน

ในอนาคตอันใกล้เทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้อาจไม่จำกัดเพียงนำไปสร้างความสนใจเท่านั้น แต่อาจเข้าไปมีส่วนในขั้นตอนการขยายความรู้ (elaborate) การสำรวจตรวจสอบ (explore) การเรียนรู้แบบร่วมมือกัน (collaborative learning) (Kaufmann, 2003) หรือการเรียนรู้แบบอื่น ๆ ที่สอดคล้องกับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจ

เกณฑ์การประเมินผล		ระดับคะแนนของการให้ข้อมูล					รวม
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	
การนำเสนอเนื้อหาง่ายต่อการทำความเข้าใจ	ข้อมูล	28	28	4	0	0	60
	ร้อยละ	46.67	46.67	6.67	0.00	0.00	100.00
ความเหมาะสมของสีโมเดล	ข้อมูล	25	31	4	0	0	60
	ร้อยละ	41.67	51.67	6.67	0.00	0.00	100.00
ภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา	ข้อมูล	33	27	0	0	0	60
	ร้อยละ	55.00	45.00	0.00	0.00	0.00	100.00
ภาพสามารถมองเห็นได้ชัดเจน	ข้อมูล	28	19	13	0	0	60
	ร้อยละ	46.67	31.67	21.67	0.00	0.00	100.00
ภาพกราฟิกสื่อความหมายได้ตรงกับเนื้อหา	ข้อมูล	34	23	3	0	0	60
	ร้อยละ	56.67	38.33	5.00	0.00	0.00	100.00
บทเรียนน่าสนใจและดึงดูดต่อการเรียนรู้	ข้อมูล	39	17	4	0	0	60
	ร้อยละ	65.00	28.33	6.67	0.00	0.00	100.00
ท่านได้ความรู้เพิ่มขึ้นหลังจากการศึกษาผ่านสื่อมัลติมีเดียนี้	ข้อมูล	26	29	5	0	0	60
	ร้อยละ	43.33	48.33	8.33	0.00	0.00	100.00
ความสะดวก/ง่ายต่อการใช้งาน	ข้อมูล	18	24	18	0	0	60
	ร้อยละ	30.00	40.00	30.00	0.00	0.00	100.00
คุณภาพของสื่อโดยรวม	ข้อมูล	23	30	7	0	0	60
	ร้อยละ	38.33	50.00	11.67	0.00	0.00	100.00
รวม	**ข้อมูล**	**254**	**228**	**58**	**0**	**0**	**540**
	ร้อยละ	**47.04**	**42.22**	**10.74**	**0.00**	**0.00**	**100.00**
						ระดับเฉลี่ย	**4.36**
						เฉลี่ยร้อยละ	**87.26**

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์มาลี ประจวบสุข ดร.ประนอม แซ่จึง ดร.สุภาพ ตาเมือง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติยา วงษ์ขันธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาษร อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพของมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้ และชี้แนะแนวทางการพัฒนาแนวทางการแก้ไขปัญหาตลอดการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

นริศรา กาพมาตย์ และชนาธรณ์ ฐูปพุดซา. (2554). **การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีออกเมนเต็ดเรียลลิตี้สำหรับหนังสือการ์ตูน 3 มิติ เรื่อง พระมหาชนก**. สารนิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาคณิตศาสตร์ สถิติและคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

พนิดา ตันศิริ. (2553). โลกเสมือนผสานโลกจริง (Augmented reality). **วารสารนักบริหาร มหาวิทยาลัยกรุงเทพ** 30(2): 169-175.

มนต์ชัย เทียนทอง. (2548). **สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ.** กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วสันต์ เกียรติแสงทอง พรรษพล พรหมมาศ และอนุวัตร เฉลิมสกุลกิจ. (2552). **การศึกษาเทคโนโลยีออคเมนต์เตด เรียลลิตี้: กรณีศึกษาพัฒนาเกมส์ "เมมการ์ด". โครงงาน สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**. http://facstaff.swu.ac.th/praditm/P499_2552_AR.pdf สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กุมภา-พันธ์ 2557.

วิวัฒน์ มีสุวรรณ์. (2554). การเรียนรู้ด้วยการสร้างโลกเสมือนผสานโลกจริง. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร** 13(2): 119-127.

Izzurrachman, F. (2012). **Particle effect on augmented reality for chemical bond learning**. Department of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Engineering, Sepuluh Nopember Institute of Technology. เข้าถึงได้จาก http://digilib.its.ac.th สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2557.

Kaufmann, H. (2003). **Collaborative Augmented Reality in Education**. Institute of Software Technology and Interactive Systems, Vienna University of Technology, Keynote Speech at Imagina Conference. เข้าถึงได้จาก http://www.ita.mx/files/avisos-desplegados/ingles-tecnico/guias-estudio-abril-2012/articulo-informatica-1.pdf ที่สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2557.