



วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<https://www.tci-thaijo.org/index.php/edkkuj>

จัดทำวารสารโดย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

The Development of 5Es Inquiry-Based Learning with Metaverse on the Interactions in the Solar System in Science and Technology for the Ninth Graders

พิชชาพร สุนทรนนท์ นูรีดา เจะเลห์ ซิติมารียะ โตจุ ชูไรดา โขมาแร และนูรีย์ มะแด

Pitchaporn Soontornnon, Nureeda Cheleh, Sitimariyae Tochu, Suraida Somarae, and Nuree Madae

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

Faculty of Education, Prince of Songkla University, Thailand

Received: October 20, 2023 Revised: September 26, 2024 Accepted: September 30, 2024

บทคัดย่อ

การศึกษครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ 1) จักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2) แผนการจัดการเรียนรู้ และ 3) แบบประเมินคุณภาพของสื่อจักรวาลนฤมิต 4) แบบประเมินคุณภาพของการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลนฤมิต สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย พบว่า 1) ผลประเมินคุณภาพการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.29

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ จักรวาลนฤมิต ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Abstract

The purposes of this research were to 1) develop 5Es Inquiry-Based Learning with Metaverse in Science and Technology for the Ninth Graders. The research instruments included: 1) Metaverse on the Interactions in the Solar System, 2) the learning management plan, 3) the quality assessment form of Metaverse, and 4) the quality assessment form of 5Es Inquiry-Based Learning with Metaverse. The data were analyzed by computing average and standard deviation.

The research indicated that 1) the result of the quality assessment of 5Es Inquiry-Based Learning with Metaverse was at a high level, with the mean of 4.40 and standard deviation of 0.29 which corresponded to the specified criteria.

Keywords: 5Es Inquiry-Based Learning, Metaverse, the Interactions in the Solar System, Science and Technology

■ บทนำ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กระทรวงศึกษาธิการ ได้กล่าวถึง หลักการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถตามมาตรฐานการเรียนรู้สมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ตามที่กำหนดไว้ใน หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานโดยการจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพโดยคำนึงถึง ความแตกต่างระหว่างบุคคลและพัฒนาการทางสมองเน้นให้ความสำคัญทั้งความรู้และคุณธรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญผู้เรียนจะต้องอาศัยกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายเป็นเครื่องมือที่จะนำพาตนเองไปสู่เป้าหมายของหลักสูตรซึ่งการจัดการเรียนรู้ที่ดีจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ไม่ใช่เพียงครูสอนดีหรือมีความรู้ดีเพียงอย่างเดียวเท่านั้นสื่อการเรียนรู้เป็นเครื่องมือส่งเสริมสนับสนุนการจัดการกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเข้าถึงความรู้ทักษะกระบวนการและคุณลักษณะตามมาตรฐานของหลักสูตรได้อย่างมีประสิทธิภาพสื่อการเรียนรู้มีหลายประเภททั้งสื่อธรรมชาติสื่อสิ่งพิมพ์สื่อเทคโนโลยีและเครือข่ายการเรียนรู้ต่าง ๆ ในท้องถิ่นการใช้สื่อควรเลือกให้มีความเหมาะสมกับระดับพัฒนาการและการเรียนรู้ที่หลากหลายของผู้เรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีบทบาทสำคัญในยุคดิจิทัล ทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพ ตลอดจนเทคโนโลยีเครื่องมือ หรือเครื่องใช้ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่มนุษย์ล้วนเป็นผลผลิตของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิถีคิด ทั้งการคิดเชิงเหตุผล การคิดสร้างสรรค์ อีกทั้งมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้ ดังนั้น ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่ถูกสร้างสรรค์ขึ้น อีกทั้งนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผลสร้างสรรค์และมีคุณธรรม (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2560) เนื้อหา เรื่องระบบสุริยะเป็นส่วนหนึ่งของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่อธิบายถึงกระบวนการการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบิวารของดวงอาทิตย์และลักษณะของ ดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต รวมทั้งอธิบายโครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และสืบค้นข้อมูลวิเคราะห์นำเสนอปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับผลของลมสุริยะและพายุสุริยะที่มีต่อโลก รวมทั้งประเทศไทย กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ ถูกอ้างถึงใน พจนานุกรม ศรีกระจ่าง และลัดดา สุขปรีดี (2556) ได้กล่าวว่าจากประสบการณ์ในการสอนสาระวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนที่เรียนเนื้อหาแล้วส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ ความเข้าใจเนื้อหา เรื่องระบบสุริยะ เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่อยู่ไกลตัวและมีลักษณะเป็นนามธรรม การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลและอ่านหนังสืออาจไม่เพียงพอต่อการเข้าใจเนื้อหา เนื่องจากธรรมชาติของผู้เรียนแต่ละคนจะมีระดับการรับรู้และการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ผู้เรียนบางรายไม่สามารถบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ได้

การจัดการเรียนรู้แบบสะหาคความรู้ 5 ขั้นตอน หรือ 5Es Inquiry-Based Learning เป็นการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่กำหนดให้ผู้เรียนรู้จักการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองโดยสามารถใช้กระบวนการทางความคิดในการแก้ไขปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) โดยผู้เรียนจะเกิดทักษะการวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการเชื่อมโยงความคิดจากการตั้งประเด็นปัญหาของผู้สอน การจัดการเรียนรู้ มี 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) กระตุ้นความสนใจ (Engagement) 2)

ขั้นสำรวจและค้นหา(Exploration) 3) ขั้นตอนอธิบายข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมิน (Evaluation) ซึ่งผู้สอนมีบทบาทสนับสนุนให้คำปรึกษาเมื่อผู้เรียนต้องการ

จักรวาลนฤมิต (Metaverse) คือ จักรวาลที่ยิ่งใหญ่ ปรากฏขึ้นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2535 ในนวนิยายวิทยาศาสตร์เรื่อง Snow Crash ของ Neal Stephenson (สิริวิชัย สิงหาพล, 2566) โดยสร้างความจริงเสมือนที่ทำให้มนุษย์หลุดหรือก้าวเข้าไปสู่สภาพแวดล้อมและบรรยากาศเสมือนได้ โดยใช้เทคโนโลยีผสานความจริงด้วยสื่อ (Mixed Reality - MR) ผู้เรียนเข้าสู่บรรยากาศและสร้างความรู้สึกร่วมด้วยประสบการณ์รับรู้ทางสายตาและการได้ยินเป็นหลัก (ใจทิพย์ ณ สงขลา, 2561) ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ ปฏิบัติ มีปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหาและผู้อื่นได้ อีกทั้งสามารถมองเห็นแบบจำลองรูปลักษณะสามมิติ มีทั้งการเคลื่อนไหว รูปทรงที่น่าสนใจ เมื่อนำมาสร้างเป็นแบบจำลองเสมือนจริง เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ผู้เรียนสามารถมองเห็นถึงลักษณะของดาวเคราะห์ที่มีความละเอียด ชัดชัดขึ้นได้ และผู้เรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตัวเอง ตามแนวทางการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง (Self-directed Learning) เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย รู้จักการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองอย่างไม่มีที่สิ้นสุด นำไปสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) เพื่อช่วยให้การเรียนรู้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีเข้ามาช่วยสนับสนุนการเรียนรู้เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ตามเป้าหมายที่วางไว้

ดังนั้น จากประเด็นที่ว่าระบบสุริยะเป็นสิ่งที่อยู่ไกลตัว ส่งผลให้ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนบางรายไม่สามารถบรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ได้ ผู้วิจัยจึงสนใจจัดทำสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนในยุคดิจิทัล โดยพัฒนาจักรวาลนฤมิตเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ระบบสุริยะได้ใกล้ตัวและมองเห็นภาพเสมือนจริงมากขึ้น อีกทั้งสื่อการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถใช้เป็นตัวอย่างหรือเครื่องมือในการถ่ายทอดความรู้ในรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจ กระตุ้นการเรียนรู้ให้ผู้เรียนใฝ่เรียนรู้ ควบคุมชี้นำตนเองในการเรียนรู้ได้ และเพื่อยืนยันว่าจักรวาลนฤมิตสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีความหมายและมีประสิทธิภาพได้

■ การสร้างจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ

ผู้วิจัยได้นำขั้นตอนการพัฒนานวัตกรรมจาก ADDIE Model 5 ขั้นตอนมาใช้ คือ 1) ขั้นการวิเคราะห์ 2) ขั้นการออกแบบ 3) ขั้นพัฒนา 4) ขั้นทดลองใช้ และ 5) ขั้นประเมินผล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.5.1 ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis)

1.5.1.1 วิเคราะห์กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (จำนวน 533,986 คน จากสถิติข้อมูลทางการศึกษา ปีการศึกษา 2567/1 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน)

1.5.1.2 วิเคราะห์จุดประสงค์

1.5.1.3 วิเคราะห์เนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนาจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ มาตรฐานการเรียนรู้ ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะกระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพกาแล็กซีดาวฤกษ์และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ ตัวชี้วัด ม.3/1 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

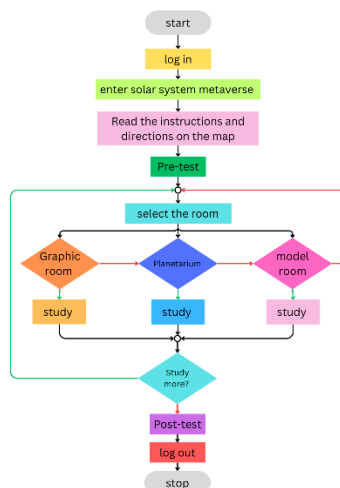
1.5.2 ขั้นตอนออกแบบ (Design)

1.5.2.1 กำหนดวัตถุประสงค์การสร้างสื่อจักรวาลนฤมิต

1.5.2.2 กำหนดแนวคิดในการสร้างสื่อจักรวาลนฤมิต

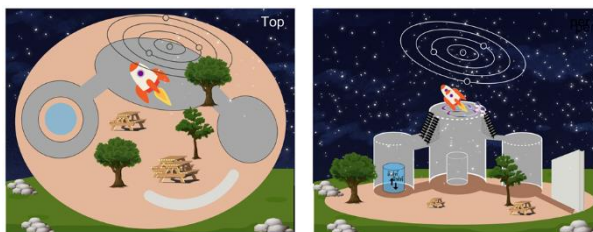
1.5.2.3 วิเคราะห์แนวคิดและวิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ได้แก่ แรงโน้มถ่วงระหว่างดวงอาทิตย์กับดาวบริวาร

1.5.2.4 ออกแบบผังงานการใช้งานจักรวาลนฤมิต รวมทั้งการจัดการเรียนรู้และการวัดและประเมินผล โดยพิจารณาให้สอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์



ภาพที่ 1. ผังงานการใช้งานจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ

1.5.2.5 นำสื่อจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ แผนจัดการเรียนรู้ มาออกแบบเป็นแผนภาพสำหรับใช้สร้างสื่อจักรวาลนฤมิต



ภาพที่ 2. แผนภาพการออกแบบจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ

1.5.3 ขั้นการพัฒนา (Development)

1.5.3.1 พัฒนาสื่อจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ แบ่งเป็น 3 ส่วน ด้วยโปรแกรม Blender และ Autodesk Maya ดังนี้

ส่วนที่ 1 การสร้างอินโฟกราฟิก เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ

ส่วนที่ 2 การพัฒนาห้องจักรวาลนฤมิต แบ่งเป็น 4 ห้อง ดังนี้ 1) ห้องโถงกลาง 2) ห้องกราฟิก 3) ห้องจำลองโมเดล 4) ห้องห้องฟ้าจำลอง

ส่วนที่ 3 การพัฒนาโมเดลดาว และอื่น ๆ ในระบบสุริยะ แบ่งเป็น 8 ชิ้น ดังนี้ 1) ดาวพุธ 2) ดาวศุกร์ 3) โลก 4) ดาวอังคาร 5) ดาวพฤหัสบดี 6) ดาวเสาร์ 7) ดาวเนปจูน 8) ดวงอาทิตย์ 9) จรวด 10) แท่นวางโมเดลดาว 11) กล้องโทรทรรศน์ และ 12) ป้ายอธิบายข้อมูล



ภาพที่ 3. แผนผังจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ในรูปแบบสามมิติ

1.5.3.2 สร้างสื่ออินโฟกราฟิกและสร้างโมเดล 3 มิติ โดยใช้ความรู้ด้าน 3D Modeling, Coloring and Texturing, Rigging, Animating และ Lighting



ภาพที่ 4. ตัวอย่างสื่ออินโฟกราฟิกอธิบายดาวในระบบสุริยะ จัดแสดงในห้องกราฟิก



ภาพที่ 5. ตัวอย่างโมเดลสามมิติดาวในระบบสุริยะ จัดแสดงในห้องจำลองโมเดล

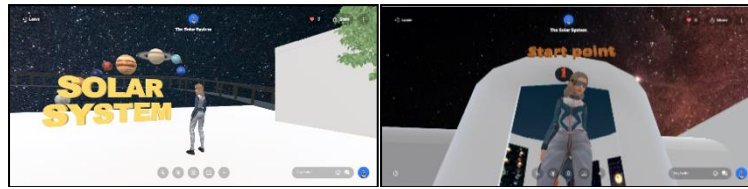
รายละเอียดแนวทางการสร้างโมเดลสามมิติ

ห้องจักรวาลนฤมิต	กล้องโทรทรรศน์	จรวด
		

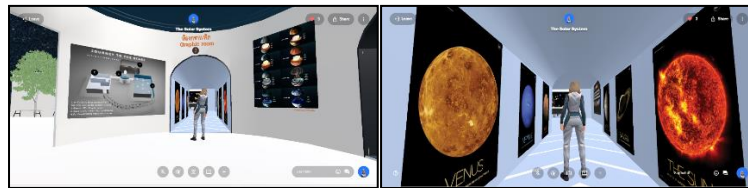
ภาพที่ 6. QR code รายละเอียดการสร้างโมเดลสามมิติ

1.5.3.3 นำไฟล์ภาพ ที่ได้จากการสร้างอินโฟกราฟิก และไฟล์ .fbx, .glb ที่ได้จากการสร้างโมเดลสามมิติ นำเข้าไฟล์ทั้งหมดบนจักรวาลนฤมิต พร้อมจัดวางรูปแบบห้องและองค์ประกอบตามทีออกแบบไว้ข้างต้น

1.5.3.4 แก้ไขปรับปรุงสื่อจักรวาลนฤมิต และนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบและประเมินคุณภาพของสื่อจักรวาลนฤมิตเพื่อการเรียนรู้



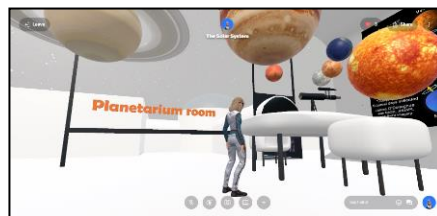
ภาพที่ 5. จักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ บริเวณภายนอกห้องโถง



ภาพที่ 7. จักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ บริเวณห้องโถงและทางเชื่อม



ภาพที่ 8. จักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ บริเวณห้องแสดงโมเดลดาวในระบบสุริยะ



ภาพที่ 9. จักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ บริเวณห้องท้องฟ้าจำลอง

1.5.4 ขั้นทดลองใช้ (Implement)

1.5.4.1 นำแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน โดยใช้แบบประเมินมาตรฐานค่า 5 ระดับ ประกอบด้วย 7 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านเป้าหมายการเรียนรู้ 2) ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ 3) ด้านสาระสำคัญ 4) ด้านสาระการเรียนรู้ 5) ด้านการวัดและประเมินผล 6) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และ 7) ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ เพื่อประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

1.5.4.2 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์ และระดับพฤติกรรม

1.5.4.3 วิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน และนำผลการประเมินและคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญปรับปรุงแก้ไข

1.5.5 ขั้นการประเมินผล (Evaluation)

1.5.5.1 นำการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลนฤมิตเพื่อการศึกษา เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพของสื่อ โดยใช้แบบประเมินมาตรฐานค่า

5 ระดับ ประกอบด้วย 3 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านเนื้อหา 2) ด้านคุณภาพสื่อ และ 3) ด้านการจัดการเรียนรู้

จากนั้นนำผลการประเมินและคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ ปรับปรุงแก้ไขพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้ด้วยจักรวาลณมิติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และสรุป อภิปรายผลในลำดับต่อไป

■ แนวทางการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลณมิติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ

ตารางที่ 1 แสดงแนวทางการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลณมิติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

จักรวาลณมิติ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ	รูปแบบสืบเสาะหาความรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	เครื่องมือ/ ทรัพยากร/ แหล่งการเรียนรู้
	ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engagement)	1) ผู้สอนชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ และแนะนำวิธีการใช้งานจักรวาลณมิติแก่ผู้เรียน 2) ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน 3) ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน 4) ผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียน บทที่ 1 ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ โดยกำหนดให้ผู้เรียนสังเกตภาพประจำหน่วย	1) ห้องโถงกลาง 2) แบบทดสอบก่อนเรียนออนไลน์
	ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	1) ผู้สอนเชื่อมโยงเข้าสู่กิจกรรมที่ 4.1 ขนาดของแรงโน้มถ่วง 2) ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองโดยผู้สอนสังเกตการทำกิจกรรมของผู้เรียน พร้อมทั้งให้คำแนะนำในกรณีที่ผู้เรียนมีข้อซักถาม	1) ห้องกราฟิก 2) ห้องโมเดล 3) ห้องท้องฟ้าจำลอง 4) VDO conference
	ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายข้อสรุป (Explanation)	1) ผู้เรียนบันทึกผลการทำกิจกรรมลงบนแบบบันทึกการค้นคว้ากิจกรรมที่ 4.1 ขนาดของแรงโน้มถ่วงและตอบคำถามท้ายกิจกรรมการเรียนรู้ 2) ร่วมกันอภิปรายและสรุปกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องขนาดของแรงโน้มถ่วง	1) ห้องโถงกลาง 2) VDO conference
	ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	1) ผู้สอนกำหนดให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงโน้มถ่วง 2) ผู้เรียนเรียนรู้จากสถานการณ์จำลอง เรื่อง gravity and orbits 3) ร่วมกันอภิปราย เพื่อหาข้อสรุปที่มาของสมการแรงโน้มถ่วง	1) ห้องกราฟิก 2) ห้องโมเดล 3) ห้องท้องฟ้าจำลอง 4) แหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติมออนไลน์ 5) VDO conference

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation)	1) ผู้เรียนตรวจสอบการทำแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ 2) ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน 3) ผู้สอนตรวจสอบการส่งแบบบันทึกผลกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนและประเมินผล	1) ห้องโถงกลาง 2) แบบทดสอบหลังเรียนออนไลน์
---------------------------------------	--	---

ผลการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ผลการพัฒนาการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลนฤมิตเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตารางที่ 2

ผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านเป้าหมายการเรียนรู้			
1.1 มีการระบุหน่วยการเรียนรู้/มาตรฐานการเรียนรู้/สาระการเรียนรู้	5	0	ดีมาก
2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 เขียนเป็นข้อความที่ชัดเจนเข้าใจง่าย	4.33	0.47	ดี
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	0	ดีมาก
2.3 ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะคุณลักษณะอันพึงประสงค์ และสมรรถนะตามหลักสูตร	4.67	0.47	ดีมาก
2.4 สามารถวัดผลและประเมินผลได้	4.33	0.47	ดี
3. ด้านสาระสำคัญ			
3.1 มีความถูกต้อง	4.33	0.94	ดี
3.2 มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	4.33	0.94	ดี
3.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.67	0.47	ดีมาก
4. ด้านสาระการเรียนรู้			
4.1 ถูกต้องและชัดเจน	4	0.82	ดี
4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	0.47	ดีมาก
4.3 เหมาะสมกับระดับและวัยของผู้เรียน	5	0	ดีมาก
4.4 เหมาะสมกับเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.67	0.47	ดีมาก
4.5 มีความต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน	4.33	0.47	ดี

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
5. ด้านการวัดและประเมินผล			
5.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	0	ดี
5.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.33	0.47	ดี
5.3 วิธีการวัดประเมินผล เครื่องมือ และเกณฑ์การประเมินสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้	4.67	0.47	ดีมาก
6. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้			
6.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	4.33	0.47	ดี
6.2 มีความยากง่ายเหมาะสมกับเวลาและระดับชั้นเรียน	4	0	ดี
6.3 มีการจัดกิจกรรมที่เน้นทักษะกระบวนการคิดลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้	4	0.82	ดี
6.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้	4.33	0.47	ดี
7. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้			
7.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4	0.82	ดี
7.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.33	0.47	ดี
7.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.33	0.47	ดี
7.4 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อและแหล่งการเรียนรู้	4	0.82	ดี
เฉลี่ยรวม	4.40	0.29	ดี

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลนฤมิต พบว่า ระดับคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.29 อีกทั้งผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในช่วง 0.67–1.00 จึงสรุปได้ว่า แผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคุณภาพและสามารถนำไปใช้ได้

ตารางที่ 3

ผลการประเมินคุณภาพของการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
ด้านเนื้อหา			
1. เนื้อหาเหมาะสมกับจุดประสงค์	4.00	0.00	ดี
2. ความถูกต้องของเนื้อหา	4.00	0.00	ดี
3. ความเหมาะสมในการจัดเรียงลำดับเนื้อหา	3.67	0.47	ดี
4. ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในเนื้อหา	3.67	0.47	ดี
5. ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในเนื้อหา	4.00	0.00	ดี
6. เนื้อหาเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย	4.00	0.00	ดี
7. ความสมบูรณ์ของเนื้อหา	3.67	0.47	ดี
8. ภาพประกอบสื่อสารความหมายได้ตรงกับเนื้อหา	3.67	0.47	ดี

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
9. ภาพกราฟฟิคสื่อสารความหมายได้ตรงกับเนื้อหา	4.33	0.47	ดี
เฉลี่ยรวมด้านเนื้อหา	3.97	0.50	ดี
ด้านคุณภาพสื่อ			
1. ความเหมาะสมของการใช้ออกแบบพื้นที่เสมือนในการเรียนรู้	3.67	0.47	ดี
2. ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษร	4.00	0.00	ดี
3. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.00	0.00	ดี
4. ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	4.00	0.00	ดี
5. ความเหมาะสมขององค์ประกอบพื้นที่เสมือนในการเรียนรู้	3.67	0.47	ดี
6. การออกแบบกราฟิกในพื้นที่เสมือนมีความสวยงาม	3.67	0.47	ดี
7. ภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา	4.00	0.00	ดี
8. ภาพประกอบสามารถมองเห็นได้ชัดเจน	4.67	0.47	ดีมาก
9. ภาพในวิดิทัศน์มีความคมชัด	4.00	0.82	ดี
10. ปุ่มการใช้งานออกแบบให้ใช้งานได้ง่าย	4.33	0.47	ดี
11. การเชื่อมโยงกันของส่วนต่างๆ มีความสะดวก	4.00	0.00	ดี
12. ส่วนนำ (Title) มีความสวยงาม	3.67	0.47	ดี
เฉลี่ยรวมด้านคุณภาพสื่อ	3.93	0.47	ดี
ด้านการจัดการเรียนรู้			
1. ความทันสมัยของสื่อการเรียนรู้	4.33	0.47	ดี
2. สื่อที่ออกแบบมีความน่าสนใจ เข้าใจง่าย	4.33	0.47	ดี
3. รูปภาพกับขนาดของสื่อมีความเหมาะสมกับการเรียนรู้	4.67	0.47	ดีมาก
4. ความสมดุลของเนื้อหาเหมาะสมกับการเรียนรู้	4.00	0.82	ดี
5. สื่อมีความเป็นเอกภาพ ทั้งเนื้อหา ภาพประกอบ อยู่ในแนวเดียวกัน	4.00	0.00	ดี
6. เทคนิควิธีการนำเสนอ น่าสนใจ ช่วยให้การเสนอเนื้อหาสาระอย่างชัดเจน	4.00	0.00	ดี
7. บทเรียนน่าสนใจและดึงดูดต่อการเรียนรู้	4.33	0.47	ดี
8. บทเรียนนี้มีความเหมาะสมในการนำไปเผยแพร่การเรียนรู้ได้	4.00	0.00	ดี
เฉลี่ยรวมด้านการจัดการเรียนรู้	4.21	0.50	ดี
เฉลี่ยโดยรวม	4.04	0.02	ดี

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาล พบว่า ระดับคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.04 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.02 เมื่อพิจารณาแต่ละด้าน พบว่า ด้านเนื้อหา

ด้านคุณภาพสื่อ และด้านการจัดการเรียนรู้ในระดับดี ด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 ด้านคุณภาพสื่อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.93 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 และด้านการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 จึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ได้

■ ข้อจำกัดของจักรวาลนฤมิต

1. การสร้างจักรวาลนฤมิตบนแพลตฟอร์มออนไลน์ รองรับรายละเอียดของแบบจำลองสามมิติ ดังนี้

ตารางที่ 4

แสดงข้อกำหนดในการเตรียมแบบจำลองสามมิติสำหรับจักรวาลนฤมิตแพลตฟอร์มออนไลน์ (Spatial, 2022)

ข้อจำกัด/ ข้อกำหนด	รายละเอียด
ส่วนประกอบของแบบจำลองโมเดลสามมิติ 1. Textures 2. Object 3. vertex 4. file	Maximum: 1024px*1024 px, up to 16 textures/file Maximum: สำหรับสภาพแวดล้อม 20 หน่วย, สำหรับวัตถุทั่วไป 5 หน่วย Maximum: สำหรับสภาพแวดล้อม 300k, สำหรับวัตถุทั่วไป 50k .glb/.gltf, .fbx และ .obj
การใช้งาน 1. อุปกรณ์ 2. ความเร็วอินเทอร์เน็ต 3. จำนวนผู้ใช้งาน (avatar)	CPU เทียบเท่า Intel Core i7 processor, SD hard drive และ RAM ขนาด 16 GB แนะนำ 50Mbps download และ 10Mbps upload 50 user/room

■ บทสรุป

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีข้อสรุป ดังนี้

1. ผลการประเมินคุณภาพของการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อยู่ในระดับดี

การจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้พัฒนาขึ้นตามหลักแนวคิด 5 ADDIE model ดังนี้ 1) ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis) วิเคราะห์กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ผู้เรียนอยู่ในช่วงสุดท้ายของการศึกษาภาคบังคับ ซึ่งสามารถสำรวจความถนัดหรือความสนใจของตนเองและสามารถใช้อุปกรณ์เชื่อมโยงสารสนเทศและการสื่อสารสองทางที่เข้าถึงมวลชนได้ อีกทั้งผู้สอนมีหน้าที่ให้คำปรึกษาตามความต้องการของผู้เรียน (ใจทิพย์ ธงสงขลา, 2561) และวิเคราะห์จุดประสงค์และเนื้อหาโดยศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ 2) ขั้นตอนการออกแบบ (Design) ประกอบด้วยภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว โมเดลสามมิติ เสียง และ

ข้อความ ผู้เรียนสามารถเข้าสู่บรรยากาศและสิ่งแวดล้อมนั้น ผ่านทางการมองเห็นและการได้ยินเป็นหลัก ซึ่งตอบสนองความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย 3) ขั้นการพัฒนา (Development) ดำเนินการสร้างจักรวาลนฤมิต โดยใช้เครื่องมือในการพัฒนาที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งประเมินคุณภาพสื่อจากผู้เชี่ยวชาญ 4) ขั้นการนำไปใช้ (Implementation) นำไปใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ และ 5) ขั้นการประเมินผล (Evaluation) ประเมินผลคุณภาพของจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ รายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำไปใช้เป็นการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนใฝ่เรียนรู้ ในเรื่องที่ใกล้ตัว อย่างเช่นเรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ และนำไปสู่การใช้เรียนรู้ด้วยตนเองและสามารถชี้นำตนเองต่อไปได้

การจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะจักรวาล ด้วยจักรวาลนฤมิตมีส่วนช่วยในการลดข้อจำกัดในการจินตนาการเนื้อหาที่อยู่ไกลตัวให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น จากสภาพแวดล้อมที่สามารถรับรู้ทางการมองเห็นในรูปแบบจำลองสามมิติ ซึ่งมีสนับสนุนให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์เสมือนจริงและกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจใฝ่เรียน สอดคล้องกับแนวคิดของ กนกภรณ์ ทรวดทรง และสิรินภา กิจเกื้อกูล (2564) อีกทั้งการใช้จักรวาลนฤมิตเอื้อต่อการเรียนรู้ในมิติใหม่ของผู้เรียนและสร้างประสบการณ์จริงที่ตอบสนองการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อีกด้วย อีกทั้ง ดุสิต ขาวเหลือง และอภิชาติ อนุกุลเวช (2562) ได้ศึกษาสื่อการเรียนรู้สามมิติแบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริงโดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาอาชีวศึกษาที่มีระดับการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่างกัน อีกทั้งสอดคล้องกับ สุนทร มนต์ศรี และ ทนงศักดิ์ ไสวจิตสตากุล (2562) ได้ศึกษาสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริง พบว่า คุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคของสื่อโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก สอดคล้องกับ รัฐเดช เแข็ง (2565) ได้ศึกษาการพัฒนาห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิต ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีวิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพื้นที่นวัตกรรมการศึกษา พบว่า จักรวาลนฤมิตมีประสิทธิภาพ และผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ดังนั้น การพัฒนาจักรวาลนฤมิต เรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นสื่อการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาบทเรียนที่ซับซ้อนต่อการจินตนาการ ช่วยเสริมสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ที่น่าสนใจ อีกทั้งช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และผู้เรียนสามารถทบทวนความรู้ซ้ำด้วยตนเองได้

References

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กนกภรณ์ ทรวดทรง และสิรินภา กิจเกื้อกูล. (2564). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงที่ส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ เรื่อง สารละลายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 23(4), 46-57.
- ใจทิพย์ ณ สงขลา. (2561). *การออกแบบการเรียนรู้แนวคิดจิต*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ดุสิต ขาวเหลือง และอภิชาติ อนุกุลเวช. (2562). การพัฒนาสื่อการเรียนรู้สามมิติแบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริงโดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาอาชีวศึกษาที่มีระดับการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่างกัน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*, 30(3), 16-29.
- พจนา ศรีกระจ่าง และลัดดา ศุขปรีดี. (2556). การพัฒนาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องระบบสุริยะชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารการศึกษาและการพัฒนาสังคม*, 9(1), 155-165.

- รัฐเดช เชิง. (2565). การพัฒนาห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลภูมิทัศน์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ฐานสมรรถนะทางเทคโนโลยีวิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่6 โรงเรียนพื้นที่นวัตกรรมการศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์. ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สิริวิชัย สิงหาพล. (2564) นีล สตีเวนสัน มนุษย์คนแรกที่นิยม Metaverse. ค้นเมื่อ 3 มิถุนายน 2566, จาก <https://thepeople.co/neal-stephenson-metaverse-snow-crash/>
- สุนทรี มนตรีศรี และทนต์ศักดิ์ โสวัจสสตากุล. (2562). การพัฒนาสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่องสร้างงานแอนิเมชันสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 18(2), 41-47.