การสำรวจตรวจสอบความเข้าใจรวบยอด เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สุระพงษ์ คำผง[1, 2] และ สุระ วุฒิพรหม[2, 3]*

[1]โรงเรียนจารย์วิทยาคาร อำเภอศีขรภูมิ จังหวัดสุรินทร์ 32110
[2]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี 34190
[3]ศูนย์พัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี 34190
actiongang2000@hotmail.com

รับบทความ: 12 มีนาคม 2553 ยอมรับตีพิมพ์: 12 พฤษภาคม 2553

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จำนวน 4 แผน (1 และ 2 ชั่วโมง/คาบ/สัปดาห์) กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 36 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนจารย์วิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาการสุรินทร์ เขต 1 ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการสูงขึ้นหลังจัด การเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 12.87) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 68.53 (SD = 2.22) และจากการวัดความก้าวหน้าทางการเรียนของ Hake เฉลี่ยเท่ากับ 0.54 (อยู่ในระดับปานกลาง) การเคลื่อนที่แบบวงกลมในแนวระดับและแนวดิ่งคือหัวข้อที่นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนมากที่สุดและน้อยที่สุดตามลำดับ และพบว่านักเรียน มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

คำสำคัญ : การเคลื่อนที่แบบวงกลม, การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, เจตคติทางวิทยาศาสตร์, normalized gain

Investigating a Mattayom V Student's Evolving Conceptions of Circular Motion

Surapong Kampol[1, 2] and Sura Wutthiphom[2, 3]*

[1]Janwitthayakan School, Srikornpoom, Surin 32110

[2]Department of Physics, Faculty of Science, Ubolrachathani University, Ubolrachatani 34190

[3]Innovative Learning Development Center, Faculty of Science, Ubolrachathani University, Ubolrachatani 34190

actiongang2000@hotmail.com

Abstract

The aim of this research is to develop student's conceptions on circular motion by inquiry based-learning. Teaching and learning sequence were designed into four teaching plans (1 and 2 hours/period/week). The samples were 36 Matthayomsuksa V in the second semester of the 2009 academic year from Janwittayakarn School which is under supervision of Surin Educational Service Area Office 1 , all of which were purposively selected. The research tools consists of the circular motion conceptual test and the students scientific attitude test. After the implementation, the result showed that, (1) students' achievement on circular motion concept was significantly higher on the post-test than pretest at alpha level of .05 (t=12.87), (2) all students' average normalized gain (data analysis method by Hake's idea) equals to 0.54 which is medium gain. The topic which have the highest and lowest average normalized gain are the horizontal circular motion and the vertical circular motion respectively and (3) students' attitude towards science is at excellent level.

Key words: circular motion, inquiry based-learning, learning achievement, scientific attitude, normalized gain

บทนำ:

ฟิสิกส์เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับความจริงที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เพื่ออธิบายถึงสาเหตุและผลของปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น ทำไมเราจึงเห็นกลุ่มดาวแตกต่างกันในฤดูร้อนและฤดูหนาว ทำไมดาวเทียมจึงไม่ตกจากท้องฟ้า ทำไมรุ้งกินน้ำจึงมีสี ทำไมเวลาห้ามล้อจึงถลำตัวไปด้านหน้า และทำไมส้วมชักโครกเมื่อเปิดน้ำล้างโถกากอาหารจึงถูกชะล้าง เป็นต้น การรู้ฟิสิกส์เป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับอาชีพในสาขาต่าง ๆ เช่น นักเคมี วิศวกร นักวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ความรู้ทางฟิสิกส์ยังนำไปสู่การประดิษฐ์ คิดค้นเทคโนโลยีสมัยใหม่ และก่อให้เกิดการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ อีกมากมาย จะเห็นได้ว่า ฟิสิกส์ไม่ใช่เรื่องไกลตัวเลย ถ้าการสอนฟิสิกส์ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงหลักการฟิสิกส์เข้ากับชีวิตประจำวันได้ จะทำให้นักเรียนเข้าใจฟิสิกส์ได้มากและดีขึ้น

แม้ว่าวิชาฟิสิกส์จะเป็นวิชาที่มีความสำคัญมากในมุมมองของครูหรือผู้ที่รู้ฟิสิกส์ แต่สำหรับนักเรียนแล้วกลับมองว่าวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยาก น่าเบื่อ เนื้อหาเป็นสิ่งที่ไกลตัว เป็นนามธรรมจับต้องไม่ได้ ต้องใช้คณิตศาสตร์ในการอธิบาย การที่นักเรียนมีเจตคติเชิงลบเช่นนี้ทำให้นักเรียนไม่มีความอยากเรียนรู้ความรู้ที่เกี่ยวกับฟิสิกส์ และส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การแก้ปัญหาด้านเจตคติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์คือหน้าที่ของครูฟิสิกส์โดยตรง ในฐานะที่ผู้วิจัยเป็นครูสอนวิชาฟิสิกส์จึงสนใจที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว โดยมุ่งไปที่กระบวนการเรียนรู้ที่ใช้การสืบเสาะหาความรู้เป็นฐาน (inquiry – based learning) เพราะจากงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาชี้ว่า การจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้สามารถปรับเจตคติ (เพ็ญสุดา แข็งกลาง, 2550; วานิตย์ นามศิริ, 2553; อรรถกร ภูพวก, 2551; Saglam's study, 2006) และเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ฟิสิกส์ได้ (เบญจมาศ เกตุแก้ว, 2548; สุนิตย์ ขอนสัก, 2551; อุทัย แข็งกลาง, 2550; Osman et al., 2008)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงผลของการจัดการเรียนการสอนที่ใช้การสืบเสาะหาความรู้เป็นฐานมาจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนจารย์วิทยาคาร อำเภอศีขรภูมิ จังหวัดสุรินทร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวคิดรวบยอด เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

การจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เพื่อให้บรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวังในเนื้อหาสาระของการเรียน ครูสามารถทำได้หลากหลายวิธี แต่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้เสนอแนะให้เน้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เพราะมีความสอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยการจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้พัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยข้อเท็จจริง (fact) และความคิด (idea) แนวคิดหลัก (concept) หลักการ (principle) กฎ (law) ทฤษฎี (theory) ที่เกี่ยวกับโลกธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมด้วยการสืบเสาะหาความรู้ผ่านการสังเกต การคิด การสำรวจ การทดลอง และการตรวจสอบความถูกต้องจากบุคคลหรือแหล่งอ้างอิงต่าง ๆ ที่น่าเชื่อถือได้ ซึ่งนักเรียนคือผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมเอง ปรึกษาหารือและแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกับเพื่อนและครูผู้สอน และครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกและชี้แนะแนวทางให้นักเรียนได้ค้นพบองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะสำคัญ 5 ประการ (Bybee, 1997; NRC, 2000) ดังนี้

1. การตั้งคำถาม (Learner engages in scientifically oriented questions) เป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่สุดที่นักเรียนจะต้องมี เพราะการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปสู่การทดลองได้ จะนำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้ต่อไป โดยครูมีบทบาทในการจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์กระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัย แล้วเกิดเป็นปัญหา

2. การลำดับความสำคัญของข้อมูล/หลักฐานที่สอดคล้องกับคำถาม (Learner gives priority to evidence in responding to question) นักเรียนจะต้องสามารถวางแผนเก็บรวบรวมข้อมูล และจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลพร้อมทั้งสามารถวิเคราะห์ได้ว่าข้อมูลใดสามารถตอบคำถามที่ตั้งไว้ได้

3. การสร้างคำอธิบายจากข้อมูล/หลักฐานที่ได้ (Learner formulates explanations from evidence) นักเรียนจะต้องสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานหรือข้อมูลที่มีได้

4. การเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Learner connects explanations to scientific knowledge) นักเรียนจะต้องสามารถเชื่อมโยงคำอธิบายของตนเองกับ กฎ ทฤษฎี หรืองานวิจัยที่มีอยู่แล้วได้ว่าเหมือนหรือแตกต่างจากการสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนได้อย่างไร

5. การสื่อสาร/นำเสนอคำอธิบายพร้อมแสดงเหตุผลประกอบ (Learner communicates and justifies explanations) นักเรียนจะต้องมีความสามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์ คือ สามารถอธิบายองค์ความรู้ และตอบคำถามบนพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์

การใช้การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน ผู้สอนจะต้องวางแผน ออกแบบ การจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นองค์ประกอบสำคัญทั้ง 5 องค์ประกอบของการสืบเสาะหาความรู้อย่างต่อเนื่องเป็นลำดับโดยเฉพาะอย่างยิ่งการถามคำถามของครูและนักเรียน กิจกรรมต่างๆ ต้องท้าทายให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์หลากหลายเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ความรู้ความเข้าใจแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ การนำรูปแบบของการสืบเสาะหาความรู้มาลงสู่แผนการจัดการเรียนรู้มีได้หลากหลาย ในงานวิจัยนี้จะนำเสนอการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ 5E (5E Learning Cycle Model) มีลำดับดังนี้

1. การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นของการสร้างและนำเสนอสิ่งเร้าให้นักเรียนสนใจ โดยการใช้สถานการณ์ วีดีทัศน์ กิจกรรม กระตุ้นความสนใจและอยากเรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ จนผู้เรียนสงสัยอยากรู้ตั้งเป็นคำถามที่จะนำไปสู่กิจกรรมในลำดับต่อไป

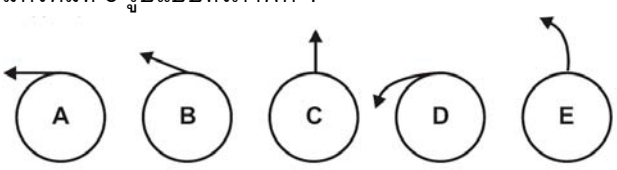
2. การสำรวจค้นหา (Exploration) เป็นขั้นของการลงมือทำกิจกรรม (การสำรวจตรวจสอบ) รวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปสู่คำตอบหรือคำอธิบายของคำถามที่สนใจอยากรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ เช่น กิจกรรมการสังเกต การสำรวจ การทดลอง เพื่อรวบรวมข้อมูล

3. การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ การสืบค้น มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล แล้วสร้างคำอธิบายที่สอดคล้องกับข้อมูลนั้นด้วยคำพูดของนักเรียน

4. การขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้อื่นๆและเปรียบเทียบกับความรู้วิทยาศาสตร์ หรือนำข้อสรุปที่ได้ไปอธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ที่สอดคล้องกัน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้หรือข้อสรุปที่ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

5. การประเมินผล (Evaluation) คือ การสร้างความท้าทายให้นักเรียนคิดถึงการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ หรือยกตัวอย่างการใช้ความรู้นั้นในชีวิตประจำวัน ในการประกอบอาชีพหรือในกิจกรรมต่างๆ นอกจากนี้นักเรียนอาจจะมีคำถามใหม่ที่สงสัยอยากรู้เป็นการนำไปสู่การเรียนในหัวข้อต่อ ๆ ไปอีก

เมื่อมองในภาพรวม วิชาฟิสิกส์จำแนกออกเป็น 5 สาขาวิชา ได้แก่ กลศาสตร์ อุณหพลศาสตร์ แม่เหล็กไฟฟ้า สัมพัทธภาพ ควอนตัม (วุทธิพันธ์ ปรัชญพฤทธิ์, 2007) การเคลื่อนที่แบบวงกลมเป็นอีกหนึ่งหัวข้อย่อยในกลศาสตร์ จากการศึกษาพบว่าแม้แต่นักศึกษาระดับอุดมศึกษายังมองว่าเป็นเรื่องที่ทำความเข้าใจได้ยาก (Stewart and Yarroch, 1982; Salvage and William, 1989) ตัวอย่างความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง (misconception) เช่น Warren (1971) ให้นักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์จำนวน 148 คนเขียนลูกศรแสดงแรงลัพธ์ที่กระทำต่อรถยนต์ขณะเคลื่อนที่บนทางโค้งในแนวระดับ พบว่า 40% ระบุว่ามีทิศเดียวกันกับทิศของการเคลื่อนที่ 26% ระบุว่ามีทิศพุ่งเข้าตามแนวรัศมี และ 14% มีทิศพุ่งออกตามแนวรัศมี McLaughlin (2006) สาธิตการใช้เชือกผูกลูกตุ้มแล้วแกว่งให้เคลื่อนที่แบบวงกลมในแนวระดับ แล้วถ้าตัดเชือกให้ขาดขณะที่กำลังแกว่งลูกตุ้ม ลูกตุ้มจะเคลื่อนที่ต่อไปอย่างไร ให้นักเรียนวาดภาพประกอบคำตอบ พบว่าคำตอบของนักเรียนที่เป็นไปได้มีทั้งหมด 5 รูปแบบดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แนวความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มหลังถูกตัดจากเส้นเชือก

มีงานวิจัยทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศให้ความสนใจเกี่ยวกับการแก้ความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับเรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม เช่น การใช้กลวิธีการสอนแบบร่วมมือ (เลิศศักดิ์ ประกอบชัยชนะ, 2544; มนตรี คำจีนศรี, 2548) การสอนด้วยการปฏิบัติการทดลองและชุดสาธิต (Whittaker, 2008) การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ปิติ สันหีม และคณะ, 2548; Aravid and Heard, 2010) การใช้แผนผังความคิด (concept mapping) (สกล ดุริยศาสตร์, 2550)

วิธีดำเนินการวิจัย

บริบทของการวิจัย

โรงเรียนจารย์วิทยาคาร อำเภอศีขรภูมิ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสุรินทร์ เขต 1 เป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง นักเรียนจำนวน 473 คน จัดการเรียนการสอนช่วงชั้นที่ 3 – 4 ผู้ปกครองนักเรียนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม มีฐานะทางเศรษฐกิจค่อนข้างยากจน ในช่วงฤดูการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวผลผลิต นักเรียนส่วนใหญ่จะไม่ค่อยให้ความสำคัญกับการมาเรียน มักขาดเรียนเพื่อไปรับจ้างเพาะปลูก (ดำนา) และเก็บเกี่ยวผลผลิต (เกี่ยวข้าว) และพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาฟิสิกส์ต่ำกว่าวิชาอื่น ๆ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (รายงานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โรงเรียนจารย์วิทยาคาร, 2551)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนจารย์วิทยาคาร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสุรินทร์ เขต 1 จำนวน 36 คน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ที่เรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม เป็นการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ระยะเวลาในการศึกษา 12 ชั่วโมง

แบบแผนการวิจัย (Research design)

แบบแผนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบ One group pretest-posttest design เป็นการทดลองกลุ่มเดียว

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 ตามหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนจารย์วิทยาคาร พุทธศักราช 2544 แบ่งออกเป็น 4 หัวข้อ คือ การเคลื่อนที่

แนววงกลมในระนาบระดับ การเคลื่อนที่บนทางโค้ง การเคลื่อนที่แนววงกลมในระนาบดิ่ง และความเร็วเชิงมุม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ วิชาฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 4 แผน ใช้เวลาในการวิจัย 3 สัปดาห์ รวม 12 ชั่วโมง (คาบคู่ 2 ชั่วโมง) ดังนี้

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่แนววงกลมในระนาบระดับ โดยมี 2 กิจกรรมที่นักเรียนจะต้องทำการสืบเสาะ ได้แก่ กิจกรรมการทดลองเหวี่ยงลูกปิงปองให้เคลื่อนที่เป็นแนววงกลม และกิจกรรมการเคลื่อนที่ของลูกแก้วตามรางโค้งที่ทำจากไม้บรรทัด และอภิปรายร่วมกันจนได้ข้อสรุปว่า ขณะวัตถุกำลังเคลื่อนที่เป็นวงกลม จะมีแรงกระทำต่อวัตถุนั้นและแรงนี้มีทิศพุ่งเข้าสู่ศูนย์กลางของวงกลม และจะตั้งฉากกับความเร็วของวัตถุ ณ จุดนั้น เรียกแรงนี้ว่า แรงสู่ศูนย์กลาง (F_C) และความเร่งสู่ศูนย์กลาง (a_C) จะมีทิศเดียวกับแรงที่กระทำนั้น

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการเคลื่อนที่บนทางโค้ง เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งหวังให้นักเรียนสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลางของการเคลื่อนที่ เป็นการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มจากการชมวีดีทัศน์การแข่งขันรถจักรยานยนต์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจแรงที่กระทำต่อรถ ทิศทางการเอียงตัว และอัตราเร็วในการเลี้ยวโค้งอย่างปลอดภัยได้ และนำความรู้ที่ได้ไปอธิบายเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุที่แกว่งเป็นรูปกรวยและเครื่องบินที่บินเป็นวงกลมแนวราบ และอภิปรายร่วมกันจนได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้

- ขณะที่รถวิ่งเลี้ยวโค้งบนถนนราบหรือวัตถุวางบนโต๊ะหมุนแรงเสียดทานจะทำหน้าที่เป็นแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $F_C = f_S = \frac{mv^2}{R} = \mu_S mg$
- ความเร็วที่เหมาะสมในการเข้าโค้งอย่างปลอดภัย ขณะขับรถ $v = \sqrt{Rg\tan\theta}$

1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการเคลื่อนที่แนววงกลมในระนาบดิ่ง เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งหวังให้นักเรียนสามารถคำนวณหาแรงสู่ศูนย์กลาง และพลังงานกลของวัตถุที่ตำแหน่งต่างๆ ที่เคลื่อนที่ในแนววงกลมในระนาบดิ่งได้ โดยการปฏิบัติกิจกรรมการแกว่งแก้วน้ำให้เคลื่อนที่แนววงกลมในระนาบดิ่งและการศึกษาจากการจำลองทางคอมพิวเตอร์ (computer simulation) เพื่อศึกษาอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ตลอดจนนำความรู้เกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์พลังงานมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

1.4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องความเร็วเชิงมุม เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งหวังให้นักเรียนสามารถบอกได้ว่าวัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบจุดศูนย์กลางได้มากน้อยเพียงใดในช่วงเวลาหนึ่ง โดยจะต้องคำนึงถึงทิศทางของการหมุนด้วย เพราะเป็นปริมาณเวกเตอร์ โดยมี 2 กิจกรรมคือกิจกรรมการสาธิตการหมุนล้อจักรยาน เพื่ออธิบายการเคลื่อนที่ของดาวเทียมในวงโคจรรอบโลก และกิจกรรมวิ่งรอบเสา เพื่อให้นักเรียนเข้าใจและรู้สึกถึงแรงดึงเข้าสู่ศูนย์กลางได้

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการประยุกต์ใช้ แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ โดยแบ่งเป็น 4 ประเด็นสำคัญ ได้แก่

ประเด็นสำคัญ	ข้อที่
1. การเคลื่อนที่แนววงกลมในระนาบระดับ	1 - 5
2. การเคลื่อนที่บนทางโค้ง	6 - 9
3. การเคลื่อนที่แนววงกลมในระนาบดิ่ง	10 - 12
4. ความเร็วเชิงมุม	13 - 15

2.2 แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคอร์ท (Likert scale) วัดใน 5 คุณลักษณะ ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความรอบคอบ การร่วมแสดงความคิดเห็นและการยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ จำนวน 15 ข้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการดังนี้

1. ผู้วิจัยวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเรียนรู้ วิชาฟิสิกส์ จากการที่ได้สอบถามครูและสัมภาษณ์นักเรียนที่เคยเรียนเรื่องนี้มาแล้ว รวมทั้งศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และพบว่าหัวข้อการเคลื่อนที่แบบวงกลมเป็นอีกหนึ่งหัวข้อที่ต้องได้รับการพัฒนาผู้เรียน

2. ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทราบ และอธิบายถึงบทบาทหน้าที่ของนักเรียนและผู้วิจัย

3. ทำการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

4. ดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry–based learning) ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เตรียมไว้

5. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้แล้วทำการทดสอบด้วยแบบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันกับการทดสอบก่อนเรียน และให้นักเรียนตอบแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

6. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยวิธีการทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

7. ประมวลผลและเรียบเรียงข้อมูลเชิงคุณภาพและนำเสนอในรูปความเรียง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทดสอบความแตกต่างคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม (คะแนนก่อนเรียนกับคะแนนหลังเรียน) โดยใช้การทดสอบค่าทีชนิดกลุ่มที่ศึกษาไม่เป็นอิสระต่อกัน (dependent *t* – test)

2. วิเคราะห์ค่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนน การทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้ค่าทางสถิติ *t*-test และศึกษาผลการประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้วิธี average normalized gain, <g> (Hake, 1998)

3. วิเคราะห์คะแนนของแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลมโดยหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม โดยใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนจารย์วิทยาคาร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสุรินทร์ เขต 1 ผู้วิจัยได้แบ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ตอน คือ

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (10.28 หรือร้อยละ68.5) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (4.27) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (*t*-value = 12.87) ดังแสดงในตาราง 1

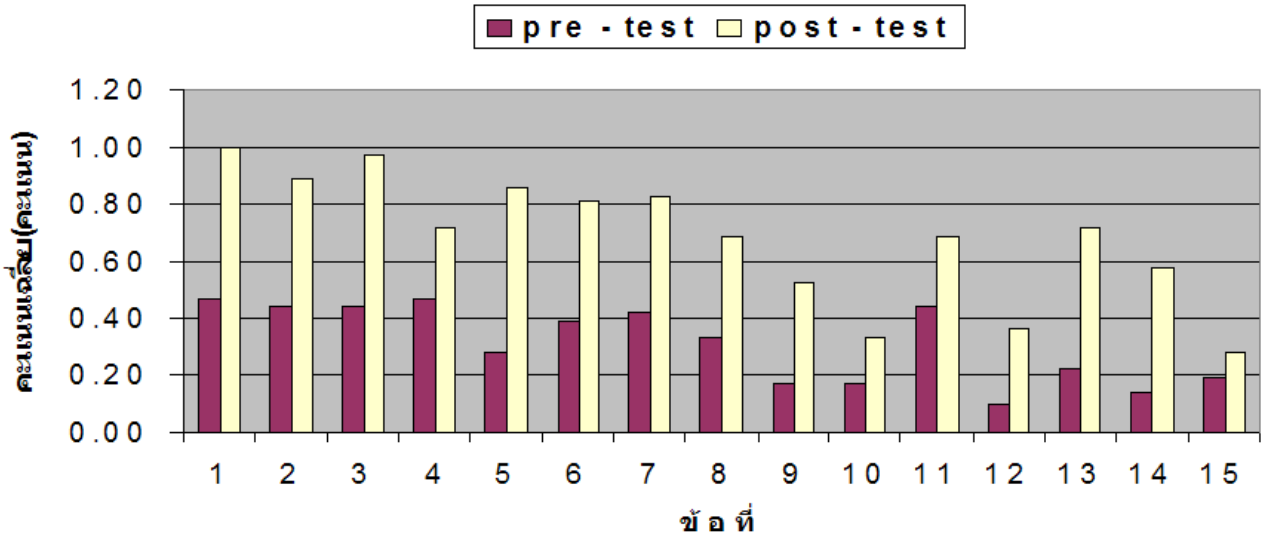
ตาราง 1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าที และ $\langle g \rangle$ ของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม

การทดสอบ	จำนวนนักเรียน (คน)	ค่าสถิติ			
		$\bar{X}$	SD	*t*	$\langle g \rangle$
ก่อนเรียน	36	4.72	1.39	12.87*	0.50
หลังเรียน	36	10.28	2.22		

p < .05

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นรายข้อตามแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ดังภาพที่ 2) พบว่า ข้อที่ 15 ซึ่งถามหาอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเทียม นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด เนื่องจากนักเรียนแทนค่าระยะทางในสูตรผิดและถอดรากที่ 2 ในการหาคำตอบไม่ได้ ถัดมาคือ ข้อที่ 10 เป็นคำถามเกี่ยวกับการหาผลต่างของความตึงเชือก ณ ตำแหน่งต่ำสุดกับตำแหน่งสูงสุดในการแกว่งวัตถุเป็น

วงกลมในระนาบดิ่ง นักเรียนยังไม่สามารถเขียนองค์-ประกอบของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ณ ตำแหน่งดังกล่าวไม่ถูกต้อง และข้อที่ 12 เป็นการหาความเร็วน้อยที่สุดที่ทำให้วัตถุสามารถเคลื่อนที่ตามรางวงกลมในระนาบดิ่ง นักเรียนไม่ได้นำกฎการอนุรักษ์พลังงานในการเคลื่อนที่ของวัตถุมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาปริมาณดังกล่าว ส่วนข้อที่นักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ ข้อที่ 1 เป็นการถามเกี่ยวกับเงื่อนไขของการเคลื่อนที่แบบวงกลม ซึ่งเป็นนักเรียนมีความเข้าใจในเงื่อนไขของการเคลื่อนที่แบบวงกลมเป็นอย่างดี สังเกตจากกิจกรรมการเรียนการสอนนักเรียนสามารถตอบและอธิบายเงื่อนไขดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์



ภาพที่ 2 คะแนนเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม แยกเป็นรายข้อ

2. ผู้วิจัยได้ประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้วิธี average normalized gain, $\langle g \rangle$ ซึ่งหาได้จากผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (actual gain) หารด้วยผลการเรียนรู้ที่มีโอกาสเพิ่มสูงสุด (maximum possible gain) มีค่าเท่ากับ 0.54 ดังแสดงในตาราง 2 ($\langle g \rangle$ มีค่าตั้งแต่ 0—1) พบว่าอยู่ในระดับ medium gain (จากบทความวิจัยของ Hake ได้กำหนดระดับของความก้าวหน้าทางการเรียนโดยวิธี average normalized gain เป็น 3 ระดับคือ low gain, medium gain และ high gain โดยที่ค่า <g> มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.3, มากกว่า 0.3 แต่น้อยกว่า 0.7 และมากกว่าหรือเท่ากับ 0.7 ตามลำดับ)

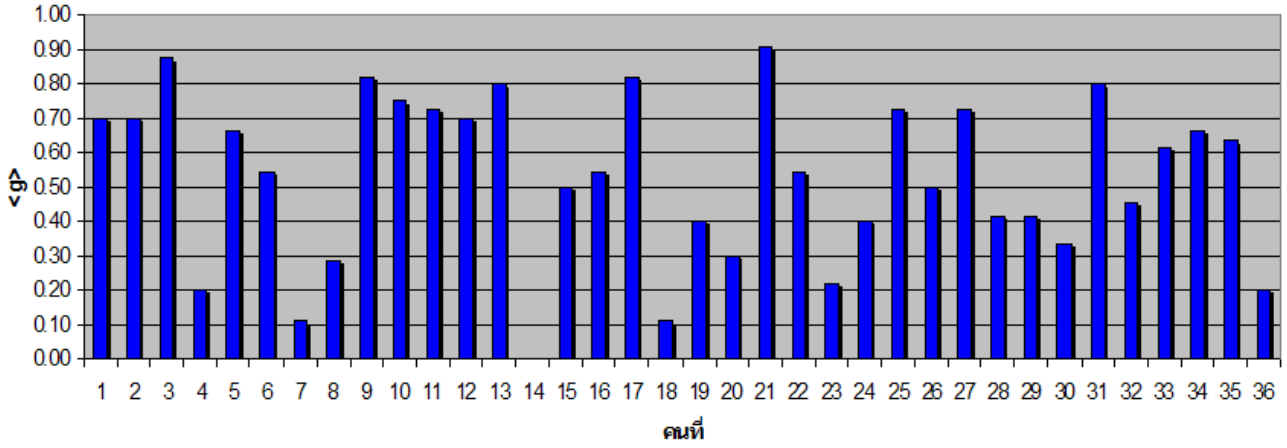
ตาราง 2 แสดงความก้าวหน้าเฉลี่ยแยกเป็นหัวข้อ

หัวข้อ	% Actual gain	% Possible gain	Average normalized gain
1. การเคลื่อนที่แนววงกลมในระนาบระดับ	46.67	57.78	0.81 (High)
2. การเคลื่อนที่บนทางโค้ง	38.89	67.36	0.58 (Medium)
3. การเคลื่อนที่แนววงกลมในระนาบดิ่ง	21.30	75.00	0.28 (Low)
4. ความเร็วเชิงมุม	34.26	81.48	0.42 (Medium)
เฉลี่ย	**37.04**	**68.52**	**0.54 (Medium)**

เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนตามหัวข้อ พบว่า average normalized gain ของหัวข้อ 1 (การเคลื่อนที่แนววงกลมในระนาบระดับ) อยู่ในระดับ high gain เป็นเพราะนักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมการเหวี่ยงลูกปิงปองให้เคลื่อนที่เป็นแนววงกลม และกิจกรรมการปล่อยลูกแก้วไปตามรางโค้งวงกลม แล้วร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ ซึ่งทำให้นักเรียนได้เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แนววงกลมดีขึ้น หัวข้อ 2 (การเคลื่อนที่บนทางโค้ง) และ 4 (ความเร็วเชิงมุม) อยู่ในระดับ medium gain ซึ่งหัวข้อที่ 2 นักเรียนได้ชมวีดีทัศน์และร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ จากการสอบถามนักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถจำภาพลักษณะการเคลื่อนที่และแรงที่กระทำต่อวัตถุได้ ส่งผลให้มีความคงทนในความรู้ ส่วนหัวข้อที่ 4 นั้นมีเนื้อหาที่สัมพันธ์กับหัวข้อที่ 1 นักเรียนได้ร่วมกิจกรรมการหมุนล้อรถจักรยานและการวิ่งรอบเสาเพื่อหาความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่เชิงเส้นกับการเคลื่อนที่แบบวงกลม ซึ่งช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในความสัมพันธ์ได้ดีขึ้น และหัวข้อ 3 (การเคลื่อนที่แนววงกลมในระนาบดิ่ง) อยู่ในระดับ low gain

หัวข้อนี้นักเรียนขาดการนำกฎการอนุรักษ์พลังงานมาประยุกต์ใช้ในการพิจารณาการเคลื่อนที่ของวัตถุ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์หาความเร็วในการเคลื่อนที่และเขียนองค์ประกอบของแรงที่กระทำต่อวัตถุไม่ถูกต้อง

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้วิเคราะห์ความก้าวหน้าเฉลี่ยของนักเรียนรายบุคคลดังแสดงในภาพที่ 3 ปรากฏว่ามีนักเรียน 8 คน อยู่ในระดับ low gain 15 คน อยู่ในระดับ medium gain และ 13 คน อยู่ในระดับ high gain ตามลำดับ โดยนักเรียนที่อยู่ในระดับ high gain นั้นเป็นนักเรียนที่มีความสนใจและกระตือรือร้นในการสืบเสาะหาความรู้อยู่เสมอ เป็นผู้นำของกลุ่มในการร่วมกิจกรรมและอธิบายให้เพื่อน ๆ ฟัง และมีทักษะในการคิดวิเคราะห์และแก้โจทย์ปัญหาสูง ส่วนนักเรียนที่อยู่ในระดับ low gain นั้น เป็นนักเรียนที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับอ่อน ขาดความกระตือรือร้นในการสืบเสาะหาความรู้ และมีพื้นฐานทางด้านการคิดวิเคราะห์และการคำนวณอยู่ในระดับต่ำ



ภาพที่ 3 ความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยของนักเรียนแต่ละคน

3. ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เจตคติทางวิทยาศาสตร์ต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ วิชาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบวงกลม โดยสอบถามนักเรียนด้วยแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผลปรากฏดังตาราง 3

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่าเฉลี่ยของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ต่อวิชาฟิสิกส์ที่สอนแบบสืบเสาะหาความรู้เท่ากับ 3.51 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.54 แสดงว่า นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ต่อการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้อยู่ในระดับดีมาก โดยเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในระดับดีมาก คือ ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ รองลงมา คือ ด้านการแสดงและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น ความรอบคอบ ความมีเหตุผล และความสนใจใฝ่รู้ ตามลำดับ

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของการวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนที่เรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม โดยใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

พฤติกรรมด้านต่าง ๆ		ผลการวิเคราะห์			
		ข้อที่	$\bar{X}$	SD	คุณภาพ
1	ความสนใจใฝ่รู้	1 – 3	3.45	0.63	ดี
2	ความรอบคอบ	4 – 6	3.49	0.65	ดี
3	การแสดงและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น	7 – 9	3.55	0.60	ดีมาก
4	ความมีเหตุผล	10 – 13	3.47	0.60	ดี
5	การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	14 – 15	3.68	0.47	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย			**3.51**	**0.54**	**ดีมาก**

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลมทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากในขั้นตอนของการวางแผนนั้น ครูได้เตรียมความพร้อมในด้านเนื้อหาที่ทำการเรียนการสอน และมีเข้าใจในกลวิธีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ จากนั้นครูดำเนินกิจกรรมตามแผนที่ได้กำหนดไว้ โดยใช้กิจกรรมและสถานการณ์ที่หลากหลายเพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองในขั้นการดำเนินกิจกรรม และในขั้นการประเมิน ครูได้ประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนในหลายรูปแบบ ทั้งการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ตามสภาพจริง ประเมินจากการทำใบงาน แบบฝึกหัด และแบบทดสอบ แล้วใช้ผลการประเมินแบบย้อนกลับ (fast feedback) ที่ให้นักเรียนได้ร่วมอภิปรายและเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เบญจมาศ เกตุแก้ว (2548) อุทัย แข็งกลาง (2550) สุนิตย์ ขอนสัก (2551) วานิตย์ นามศิริ (2553) McDermott และคณะ (2005) และ Cardak et al. (2008) ชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สนับสนุนให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมและสนับสนุนให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ ในระหว่างดำเนินกิจกรรมครูคอยชี้แนะพฤติกรรม ทั้งในการทำงานเดี่ยวและการทำงานร่วมกับผู้อื่น เพื่อให้เกิดพฤติกรรมที่เหมาะสม โดยนักเรียนได้ร่วมแสดงและยอมรับความคิดเห็นของเพื่อนภายในกลุ่ม มีความรอบคอบในการใช้เหตุผลในการสร้างความรู้ เรียนรู้ด้วยตนเองอย่างกระตือรือร้น ด้วยบรรยากาศการเรียนรู้ที่เป็นอิสระ สนุกสนาน และสร้างสรรค์ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น สอดคล้องกับการวิจัยของ เพ็ญสุดา แข็งกลาง (2550) และ อรรถกร ภูพวก (2551) ที่ชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สนับสนุนให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ต่อวิชาฟิสิกส์ที่ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. กิจกรรมหรือสถานการณ์ในการจัดการเรียนรู้ควรมีความหลากหลายและเป็นรูปธรรม โดยเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง และนักเรียนได้ดำเนินกิจกรรมด้วยความเข้าใจตั้งแต่ต้นจนเสร็จสิ้น

2. ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ขั้นตอนที่สำคัญคือการสร้างความสนใจให้กับนักเรียน เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนสนใจและกระตือรือร้นที่จะสืบเสาะหาความรู้ โดยการใช้รูปแบบ วิธีการ และสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย

3. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เน้นการปฏิบัติที่นักเรียนได้ลงมือทำด้วยตนเอง ทั้งแบบเป็นรายบุคคลและแบบกลุ่ม จึงควรมีการวัดและประเมินผลทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). **การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: คุรุสภาลาดพร้าว.

จันทนี เทือกทอง. (2550). ตัวแปรพหุระดับที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. **วารสารรามคำแหง**, 24(3), 353 – 367.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2551). การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**. 11(1): 33 - 45.

เบญจมาศ เกตุแก้ว. (2548). **การพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปิยะฉัตร์ ชัยมาลา. (2550). **ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เพ็ญสุดา แข็งกลาง. (2550). **การพัฒนาผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง เครื่องกล โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเดชอุดม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 5**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

มนตรี คำจีนศรี. (2548). **ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ วิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.

โรงเรียนจารย์วิทยาคาร. (2551). **"รายงานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มบริหารวิชาการ โรงเรียนจารย์วิทยาคาร".** สุรินทร์: (เอกสารอัดสำเนา).

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 4, กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

เลิศศักดิ์ ประกอบชัยชนะ. (2544). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ระหว่างการสอนโดยใช้การเรียนแบบร่วมมือกับการสอนตามคู่มือครูของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่6**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วานิตย์ นามศิริ. (2553). **ผลการใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องแรงและความดันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.** http://www.anuban-kk.ac.th/Teacher_work/wanit/abstract_wanit.doc.

วิสาคร เศษรักษา. (2551). **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สกล ดุริยศาสตร์. (2552). **การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม โดยใช้ผังกราฟิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสุรนารีวิทยา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา**.http://www.thaiedresearch.org/result/detail. php?id=8253.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). **การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. (2546). **คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว , 2546.

_____. (2551). **เอกสารการอบรมการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน สาขาชีววิทยา สสวท.**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุนิตย์ ขอนสัก. (2551). **การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียง โดยการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุนีย์ คล้ายนิล ปรีชาญ เดชศรี และ อัมพลิกา ประโมจนีย์. (2550). บทสรุปเพื่อการบริหาร: การรู้วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ของนักเรียนวัย15 ปี. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

อรรถกร ภูพวก. (2551). **การสอนฟิสิกส์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการทดลองลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่ายสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

อารี สัณหฉวี. (2540). **รูปแบบการสอนเด็กปัญญาเลิศ.** กรุงเทพมหานคร: การศาสนา.

อุทัย แข็งกลาง. (2550). **รายงานผลการวิจัย เรื่อง ผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิตและไฟฟ้ากระแสตรง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเดชอุดม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 5**. อุบลราชธานี.

Aravind, V.R. and Heard, J.W. (2010). Physics by Simulation: Teaching Circular Motion using Applets. **Lat. Am. J. Phys. Educ**., 4(1), 35 – 29.

Bybee, W.R. (2004). **Scientific Inquiry and Nature of Science Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education**, Springer Netherlands.

Osman, C., Dikmenli, M., and Saritas, O. (2008). Effect of 5E instructional model in student success in primary school 6th year circulatory system topic. **Asia-Pacific Forum Sci. Learning Teaching**, 9(2).

McDermott, L.C., Heron, P.R.L., and Shaffer, P.S. (2005). “Physics by Inquiry: A research-based approach to preparing K-12 teachers of physics and physical science”, **APS Forum on Education Newsletter**.

National Research Council. (2000). **Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning**. Washington, D.C.: National Academy Press.

McLaughlin, S**.** (2006). Rounding Up Student's Conceptions on Circular Motion. **Iowa Sci. Teacher J**., 33(2).

Jeff, W. (2008). Demonstrating circular motion with a model satellite/Earth system. **The Physics Teacher**, 46: 237 – 239.