วารสารชุมชนแห่งการเรียนรู้วิชาชีพครู
ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2565) หน้า 155 - 181
Journal of Teacher Professional Learning Community (JTPLC)
Vol. 2, No. 1, pp. 155 - 181, July – December 2022
https://so05.tci-thaijo.org/index.php/jtplc

การวิจัยและพัฒนาเพื่อการสร้างนวัตกรรมการศึกษาของครู

Research and Development for Educational Innovation Teacher

คณิสร ต้นสีนนท์[1]*, โชคชัย ยืนยง[1], จิราภรณ์ ทัพซ้าย[2]

[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

[2]คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[3]โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายมัธยมศึกษา (ศึกษาศาสตร์)

Kanisorn Tonseenon [1*], Chokchai Yuenyong [1], Jiraporn Tupsai [2]

[1]Faculty of Education, Udonthani Rajabhat University , Thailand

[2]Faculty of Education, Khon Kaen University, Thailand

[3]Khon Kaen University (KKU) Demonstration School (Suksasart), Khon Kaen,

*Corresponding author email: kanisron.to@udru.ac.th

Received: 16 Nov 2022 Revised: 18 Dec 2022 Accepted: 31 Dec 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาเป็นลักษณะหนึ่งของการวิจัยเชิงคุณภาพที่ใช้กระบวนการศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ มุ่งพัฒนาทางเลือกหรือวิธีการใหม่ๆเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาและในการสร้างนวัตกรรมและประดิษฐกรรมที่ก่อให้เกิดความเจริญก้าวหน้าของโลกจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ล้วนมีรากฐานมาจากการวิจัยและพัฒนาเกือบทั้งสิ้น นักวิทยาศาสตร์ นักประดิษฐ์หรือนักวิจัยทางการศึกษา ต่างใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา โดยการสังเกตสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์องค์ความรู้ใหม่เพื่อออกแบบนวัตกรรมหรือประดิษฐ์กรรม ทำการทดลอง ทดสอบและปรับปรุง แก้ไขจนเกิดประสิทธิผลและประสิทธิภาพแล้วจึงทำการเผยแพร่และขยายผลแนวคิดเกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนา สามารถสร้างความก้าวหน้าทางความคิดและการคิดค้นประดิษฐกรรมใหม่ๆให้กับศาสตร์ทางด้านวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม แพทยศาสตร์ มนุษยศาสตร์ ศิลปะศาสตร์ การศึกษา และยังมีบทบาทสำคัญต่อการแข่งขันและพัฒนาเทคโนโลยี ทำให้เกิดการพัฒนาความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสารสนเทศยุคใหม่

คำสำคัญ: การวิจัยและพัฒนา, นวัตกรรมการศึกษา

Abstract

Research and development is a type of qualitative research that uses a systematic research process. Focus on developing alternatives or new methods for solving problems and creating innovations and inventions that contribute to the progress of the world from the past to the present are almost all based on research and development. scientist inventor or educational researcher They use research and development processes. By observing the problem situation, thinking analytically, and synthesizing new knowledge to design innovation or invention, experiment, test, and improve. Edit until effective and efficient, and then disseminate and expand the concept of research and development. Able to advance ideas and invent new inventions in science, industry, medicine, humanities, arts, and education, and also plays an important role in competition and technology development. resulting in the development of modern information technology advancement

Keywords: Research and Development, Educational Innovation

1. บทนำ

การวิจัยและพัฒนา (Research and Development : R&D) มีประวัติความเป็นมาและวิวัฒนาการอย่างยาวนานในการสร้างนวัตกรรม (Innovation) และประดิษฐกรรม (Invention)ทางด้านวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม และธุรกิจของโลกตะวันตก ทำให้เกิดผลผลิตสำคัญของโลกมากมาย ที่มีบทบาทต่อความคิดและการเปลี่ยนแปลงชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ตลอดจนส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงโลกอย่างต่อเนื่องจากอดีตจนถึงปัจจุบัน เช่น การค้นพบวัคซีน การประดิษฐ์หลอดไฟฟ้า การพัฒนาเครื่องจักรสำหรับการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม การผลิตโทรศัพท์ ตู้เย็น การคิดค้นวิธีการคุมกำเนิด การพัฒนาคอมพิวเตอร์ การเกิดของอินเตอร์เน็ต มีผลกระทบที่ยิ่งใหญ่ต่อการสื่อสารของมวลมนุษยชาติ เป็นต้น

แนวคิดเกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) สามารถสร้างความก้าวหน้า ทางความคิดและการคิดค้นประดิษฐกรรมใหม่ๆ ให้กับศาสตร์ทุกสาขาวิชาทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม แพทยศาสตร์ สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ ศิลปศาสตร์ ฯลฯ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์และ นักวิจัย จำนวนมากที่ได้สร้างตำนานการวิจัยและพัฒนาที่เป็นบ่อเกิดของนวัตกรรมและประดิษฐกรรมไว้มากมาย ซึ่งสามารถยกตัวอย่างพอเป็นสังเขป อาทิเช่น

Isaac Newton (1642-1727) นักฟิสิกส์ นักดาราศาสตร์ ชาวอังกฤษ ผู้ค้นพบสิ่งที่ไม่มีผู้ใดเคยค้นพบมาก่อน คือ กฎแรงโน้มถ่วงของโลก เป็นผู้ประดิษฐ์กล้องโทรทัศน์และสิ่งประดิษฐ์อีกหลายอย่าง Benjamin Franklin (1706 - 1790) นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกัน ได้ทำการทดลองและค้นพบกระแสไฟฟ้าสถิตย์ เขาได้ประดิษฐ์หลอดไฟฟ้าก้านยาว เตาไฟฟ้า และ

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

สิ่งประดิษฐ์อื่นอีกมากมาย ต่อมามีบทบาทเป็นนักเขียน นักการเมือง นักการทูต ซึ่งเขามีบทบาทและอิทธิพลอย่างสูงต่อการสร้างชาติสหรัฐอเมริกา

James Walt (1736-1819) วิศวกร นักประดิษฐ์ชาวสก๊อต ออกแบบเครื่องจักรพลังไอน้ำพัฒนาเทคโนโลยีพลังไอน้ำจนมีประสิทธิภาพ ได้ร่วมมือกับ Mathew Boulton (1775) ผลิตเครื่องจักรไอน้ำในเชิงพาณิชย์จนประสบความสำเร็จอย่างดีทำให้เกิดการพัฒนาอุตสาหกรรมในสหราชอาณาจักร และขับเคลื่อนโลกเข้าสู่ ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม

Thomas Edison (1847-1931) นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันเป็นผู้ประดิษฐ์หลอดไฟฟ้า (1890) เขาได้ประดิษฐ์เครื่องใช้มากมาย เป็นผู้ริเริ่มนำหลักการวิจัยและพัฒนาสำหรับการผลิตและกระบวนการผลิตมาประยุกต์ในเชิงอุตสาหกรรมเขาเป็นผู้ก่อตั้งบริษัท General Electric เพื่อพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายอย่าง เขาได้จดลิขสิทธิ์ผลงานค้นคว้าจำนวน 1,093 รายการ

Wilbur & Orville Wright สองพี่น้องตระกูลไร้ท์ชาวอเมริกัน ได้ออกแบบและทำการทดลองเพื่อประดิษฐ์เครื่องบินในปี 1896 โดยเริ่มจากการออกแบบเครื่องร่อนที่ใช้พลังลมและทำการทดลองกว่า 700 ครั้ง จนประสบความสำเร็จจากนั้นพัฒนามาสู่การออกแบบเครื่องบินที่ใช้เครื่องยนต์ทำการทดลองครั้งแรกปี 1903 ที่ North Carolina สหรัฐอเมริกา ซึ่งบินได้เพียง 12 วินาที ได้ระยะทางแค่ 120 ฟุต และได้พัฒนาเรื่อยมาจนประสบผลสำเร็จในปี 1953

เมื่อสงครามโลกครั้งที่ 2 (1939-1945) ยุติลง มีการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมและสร้างประดิษฐกรรมใหม่เกิดขึ้นมากมายที่สำคัญ เช่น Albert Einstein (1867-1955) นักฟิสิกส์และนักคิดที่ยิ่งใหญ่ของศตวรรษที่ 20 มีเชื้อสายยิวสัญชาติเยอรมัน สวิส และอเมริกัน ผู้เสนอทฤษฎีสัมพันธภาพ (1915) ต่อมามีผู้นำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างระเบิดนิวเคลียร์ใช้ในสงครามโลกครั้งที่ 2 ถล่มเมืองฮิโรชิมาและนางาซากิทำให้ประเทศญี่ปุ่นยอมแพ้ และเป็นเหตุให้สงครามโลกครั้งที่ 2 ยุติลง

การประดิษฐ์กล้องถ่ายภาพโพลารอยด์ (Polaroid, 1948) โดยใช้เทคโนโลยีใหม่ที่สามารถถ่ายภาพแล้วฟิล์มพัฒนาเป็นรูปถ่ายได้ทันที โดยบริษัท Polaroid ที่นครนิวยอร์ก สหรัฐอเมริกา กระทรวงกลาโหม สหรัฐอเมริกา ได้ลงทุนสร้างเครือข่ายดำเนินโครงการวิจัยขั้นสูง (Advanced Research Project Agency Network) ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาคอมพิวเตอร์ ที่สามารถเชื่อมโยงเครือข่ายและมีปฏิสัมพันธ์กันได้ ทำให้เกิดเครือข่าย ARPANET ซึ่งเป็นเครือข่ายเริ่มแรกต่อมาได้พัฒนาเป็นเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet,1969) ที่สามารถเชื่อมโยงได้ทั่วโลก ผู้ใช้เครือข่ายสามารถสื่อสารถึงกันได้อย่างรวดเร็วทุกมุมโลกโดยการใช้ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-Mail) การสนทนา (Chat) การอ่านหรือแสดงความคิดเห็น(Web-board) การสืบค้นข้อมูลข่าวสาร

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

โทรศัพท์ผ่านอินเทอร์เน็ต (VoIP) การเรียนรู้ออนไลน์ (E-Learning) การประชุมทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ต (Video Conference) การอัพโหลดข้อมูล เป็นต้น

การวิจัยและพัฒนามีบทบาทสำคัญต่อการแข่งขันและพัฒนาเทคโนโลยียุคใหม่ ทำให้เกิดบริษัทที่มุ่งพัฒนาความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสารสนเทศ (ICT) เช่น บริษัท Microsoft (1975),บริษัท Apple (1976), สำนักข่าว CNN (1980), Dell (1983), Lotus Software (1982) เป็นต้น ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีแบบก้าวกระโดด ทำให้โลกเกิดระบบการสื่อสารสารสนเทศยุคใหม่ด้วยการเกิดของ Wikipedia (2001), Google (2004), You-Tube (2004), Line (2010), Facebook (2012) เป็นต้น

จากวิวัฒนาการของความก้าวหน้าในการพัฒนานวัตกรรม และประดิษฐกรรมสำคัญของโลกที่ผ่านมาแสดงให้เห็นบทบาทของนักวิทยาศาสตร์ นักประดิษฐ์หรือนักวิจัยในการสังเกตสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ สร้างหลักการ แนวคิดองค์ความรู้ใหม่อย่างเป็นระบบ เพื่อการออกแบบทดลอง ทดสอบและทำการปรับปรุงแก้ไข จนประดิษฐกรรมนั้นเกิดประสิทธิผลประสิทธิภาพ ซึ่งมีรากฐานจากกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) นั้นเอง (ศิริชัย กาญจนวาสี,2559 ,เดชกุล มัทวานุกูล,2562)

การพัฒนาประเทศสู่การเป็นสังคมฐานความรู้ (Knowledge – based Society) ภายใต้โลกยุคโลกาภิวัฒน์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่ารวดเร็ว จำเป็นต้องอาศัยวิสัยทัศน์ในการพัฒนานโยบายและวางแผนที่สอดคล้องกับบริบทที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ส่งผลให้ต้องมีการศึกษา การเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลต่อการศึกษาปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นต่อการศึกษาของประเทศ จะทำให้สามารถพัฒนานโยบายและวางแผนการวิจัยและพัฒนาการศึกษาเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลในการตัดสินใจอย่างถูกต้องการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา เป็นวิธีวิทยาการแบบหนึ่งที่ประยุกต์หลักการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มาใช้ในทางการศึกษาเพื่อสร้างนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ทางการศึกษาที่สามารถเผยแพร่และนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาการศึกษา ทั้งระบบการบริหาร จัดการศึกษา หลักสูตรและการสอน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการสอนและเทคโนโลยีการศึกษาและการวัดและประเมินผลการศึกษา

บทบาทของครูผู้สอนมีจุดเน้นที่สำคัญคือการจัดการเรียนการสอน และในการพัฒนาครูผู้สอนให้เป็นครูนักวิจัยซึ่งถือได้ว่าเป็นบทบาทหนึ่งของครูยุคใหม่ ที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ในการพัฒนาคุณภาพของผู้เรียน ให้เป็นไปตามความมุ่งหวังและวัตถุประสงค์ของหลักสูตร ครูที่เป็นนักวิจัยย่อมนำเอาการวิจัยมาเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนการสอน กล่าวคือ เมื่อพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นกับผู้เรียนและกระบวนการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน ครูผู้สอนต้องทำการตรวจสอบค้นหาสาเหตุแห่งปัญหาที่แท้จริง แสวงหาแนวทาง หลักการ เทคนิควิธีการต่าง ๆ

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา วางแผนในการแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ติดตามตรวจสอบประเมินผลของการแก้ปัญหานั้น ๆ หากยังไม่เปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น ครูผู้สอน ต้องตรวจสอบขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาใหม่ โดยทำการปรับปรุงแก้ไขและนำไปทดลองใช้อีกครั้งหนึ่งหรือครั้งต่อไปจนกว่าจะเกิดความพึงพอใจของทั้งครูและผู้เรียน ซึ่งการวิจัยลักษณะดังกล่าวนี้เรียกว่า การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา

2. ความหมายของการวิจัยและพัฒนา

การวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีองค์ประกอบของการประสานกันระหว่าง “การวิจัย” และ “การพัฒนา” โดยการวิจัยเป็นกระบวนการตรวจสอบ (ยืนยันความถูกต้องและน่าเชื่อถือ) แสวงหา (สืบค้นองค์ความรู้ที่มีอยู่แต่ยังไม่มีการค้นพบมาก่อน) หรือสร้างประดิษฐกรรม (นวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน) โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนการพัฒนา เป็นกระบวนการปรับปรุง แก้ไขให้ดีขึ้นและเหมาะสมกว่าเดิม หรือเปลี่ยนแปลงวิธีการหรือผลผลิตจนมีประสิทธิผลและประสิทธิภาพ อันเป็นประโยชน์ต่อบุคคล หน่วยงาน องค์กร สถาบัน หรือสังคมโดยรวม

ทิศนา แขมมณี (2540) ได้กล่าวว่า การวิจัยและพัฒนาหมายถึง การวิจัยที่มุ่งนำเอาความรู้จาก การวิจัยบริสุทธิ์ไปวิจัยต่อโดยพัฒนาเป็นเทคนิคหรือวิธีการที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหา และทดลองใช้จนได้ผล เป็นที่น่าพอใจแล้วจึงนำไปเผยแพร่ใช้ในวงกว้างเพื่อพัฒนางานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ผ่องพรรณ ตรัยมงคลกูลและสุภาพ ฉัตราภรณ์ (2543) กล่าวว่า การวิจัยและพัฒนาเป็นการวิจัย ที่มีจุดหมายเพื่อสร้างหรือค้นหาแนวคิด แนวทาง วิธีปฏิบัติหรือสิ่งประดิษฐ์ที่นำไปใช้เพื่อพัฒนากลุ่มคน หน่วยงานหรือองค์กร จุดหมายปลายทางที่คาดหวังจึงเป็นการมุ่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ เช่น แนวคิด พฤติกรรม วิธีปฏิบัติที่คาดว่าจะดีขึ้น วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2552) กล่าวว่าการวิจัยและพัฒนา หมายถึงกระบวนการศึกษาค้นคว้า อย่างมีระบบมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมี 2 ลักษณะได้แก่ ผลิตภัณฑ์ ประเภทสื่อวัสดุอุปกรณ์ (Material) และผลิตภัณฑ์ประเภทวิธีการหรือกระบวนการ (Process) โดยดำเนินการทดสอบในสภาพจริงและทำการปรับปรุงผลิตภัณฑ์หลายๆรอบ จนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนากลุ่มคน หน่วยงานหรือองค์กรให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น กฤษิยากร เตชะปิยะพร (2552) กล่าวว่าเป็นการวิจัย ลักษณะหนึ่งที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการ พัฒนางาน พัฒนาวิชาชีพ หรือการพัฒนาวิถีชีวิตของมนุษย์ ซึ่งในปัจจุบัน องค์กรจำนวนมากได้พยายาม ส่งเสริมให้บุคลากรในสังกัดมีความรู้ความสามารถด้านการวิจัยและพัฒนา โดยเชื่อว่าการวิจัยและพัฒนา จะช่วยให้ได้ทางเลือกหรือวิธีการใหม่ๆ ที่จะช่วยให้การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

จากความหมายของการวิจัยและพัฒนา กล่าวคือการวิจัยและพัฒนาที่มีจุดหมายเพื่อสร้างหรือค้นหาแนวคิด แนวทาง พัฒนา และตรวจสอบคุณภาพ หรือสิ่งประดิษฐ์ที่นำไปใช้โดยดำเนินการทดสอบในสภาพจริงและทำการปรับปรุงผลิตภัณฑ์หลายๆรอบ เพื่อพัฒนากลุ่มคน หน่วยงานหรือองค์กร ที่จะช่วยให้ การปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ (ทิศนา แขมมณี, 2540,ยิ่งขึ้น ผ่องพรรณ ตรัยมงคลกูล และสุภาพ ฉัตราภรณ์ ,2543,วาโร เพ็งสวัสดิ์ ,2552, กฤษิยากร เตชะปิยะพร,2552)

3. ลักษณะของการวิจัยและพัฒนา

การวิจัยและพัฒนามีลักษณะสำคัญ ดังนี้

1. เป็นการนำความรู้หรือความเข้าใจที่สร้างขึ้นมาพัฒนาเป็นตัวแบบใช้งาน เป็นการทำวิจัยเพื่อแสวงหาหรือสร้างสรรค์ภูมิปัญญาใหม่ แล้วทำการพัฒนาด้วยการคิดค้น ต่อยอดความรู้ความเข้าใจดังกล่าว ให้อยู่ในรูปต้นแบบการพัฒนาที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในวงกว้างได้ เช่น ผลผลิตกระบวนการหรือ การบริการใหม่ๆ ที่ตอบสนองความต้องการจำเป็นของผู้ใช้และสังคม

2. เป็นการศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง เนื่องจากจุดแข็งของการวิจัยและพัฒนามี 3 กระบวนการหลัก ได้แก่ การวิจัย การพัฒนา และการเผยแพร่ ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าเพื่อให้ได้ความรู้หรือ ความเข้าใจในแง่มุมใหม่ สำหรับนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ และถ่ายทอดไปสู่ผู้ใช้ในวงกว้าง จึงต้องกระทำอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง ที่กล่าวว่า “อย่างเป็นระบบ” เป็นการดำเนินงานที่เป็นไปตามขั้นตอน ของกระบวนการวิจัยและพัฒนา ส่วนที่กล่าวว่า “อย่างต่อเนื่อง” เป็นกระบวนการดำเนินงานที่จะต้องกระทำติดต่อกัน โดยใช้ระยะเวลาในการทำกิจกรรมการวิจัยและพัฒนา และเผยแพร่ผลผลิตไปสู่ผู้ใช้อย่างกว้างขวาง และเป็นรูปธรรมต้องใช้ระยะเวลา

3. มีการดำเนินงานอย่างเป็นวัฏจักรด้วยวิธีการที่เชื่อถือได้ การทำวิจัยและพัฒนาทุกขั้นตอน จะต้อง กระทำอย่างพิถีพิถันภายใต้การกำกับติดตาม แล้วตรวจสอบซ้ำหลายครั้งเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าผลผลิต ขั้นสุดท้าย (End of Product) ของกระบวนการวิจัยและพัฒนาที่อยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์มีความถูกต้องและเชื่อถือได้ ตรงตามระดับมาตรฐานก่อนการเผยแพร่ไปสู่ผู้ใช้หรือสังคม

4. ใช้วิธีการผสมผสานวิธีการเชิงปริมาณ และวิธีการเชิงคุณภาพในการวิจัย การวิจัยและพัฒนา โดยทั่วไปนักวิจัยจะใช้การผสมผสานวิธีการเชิงปริมาณ และวิธีการเชิงคุณภาพตามฐานคติที่อยู่ภายใต้กระบวน ทัศน์ แบบปฏิบัตินิยม ประโยชน์นิยมเป็นหลัก เช่น ผสมผสานวิธีการเชิงปริมาณ ได้แก่การวิจัยเชิงสำรวจ ในขั้นตอนการ การรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ และการวิจัยเชิงทดลองในขั้นตอน ทดสอบคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์และ

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ ได้แก่การศึกษาเฉพาะกรณีในขั้นตอนการเผยแพร่ ผลิตภัณฑ์ สู่กลุ่มผู้ใช้หรือชุมชนใดชุมชนหนึ่ง

5. มุ่งเน้นการตอบสนองต่อผู้ต้องการใช้ผลการวิจัย และพัฒนาจุดเน้นสำคัญของการวิจัย และพัฒนาเป็นการดำเนินการวิจัยที่จะต้องตอบสนองความต้องการของบุคคล หรือกลุ่มบุคคลผู้ประสงค์จะนำผลิตภัณฑ์ ที่เป็นวิทยาการสมัยใหม่ไปใช้งาน และหรือประกอบการตัดสินใจแก้ปัญหาที่มีอยู่ในหน่วยงาน องค์การหรือ ชุมชนดังนั้น ในการออกแบบการวิจัยและพัฒนา นักวิจัยกำหนดให้ผู้ที่คาดว่าจะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ มีส่วนร่วมในการกำหนดเป้าหมายของการวิจัยและพัฒนา ตั้งคำถามหรือโจทย์การวิจัย รวมทั้งการสนับสนุนงบประมาณ เป็นต้น ทั้งนี้นอกจากจะเป็นการสร้างความรู้สึกเป็นหุ้นส่วนในการทำวิจัยและพัฒนาร่วมกับ นักวิจัยแล้ว ยังจะส่งผลดีต่อการยอมรับและการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้อีกด้วย

6. ผลของการวิจัยและพัฒนาที่มีคุณค่าและมูลค่าสูงสามารถจดทะเบียนเป็นสิทธิบัตร ได้ผลของการวิจัยและพัฒนาโดยเฉพาะที่อยู่ในรูปผลิตภัณฑ์ที่เป็นภูมิปัญญา ที่เกิดจากการสร้างสรรค์และการลงทุนลงแรง ของนักวิจัยอาจจะมีคุณค่า (Value) และมูลค่า (Worth) เชิงพาณิชย์หรือเป็นประโยชน์ในแง่การทำกำไรสูง นักวิจัยสามารถจดทะเบียนเพื่อคุ้มครองสิทธิ์ให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์และพระราชบัญญัติสิทธิบัตร ทั้งในประเทศและนานาชาติได้

4. ประเภทของการวิจัยและพัฒนา

ในช่วงเวลาที่ผ่านมา ผู้เขียนเข้าใจว่า นักวิจัยทางการศึกษาหลายท่านอาจจะมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนาอยู่ว่าเป็นการวิจัยและพัฒนาที่ต้องพึ่งเทคโนโลยีขั้นสูง หรือเป็นเทคโนโลยีที่ใช้เฉพาะองค์กรขนาดใหญ่ เท่านั้น แต่ในความเป็นจริงแล้วการวิจัยและพัฒนาอาจจะถูกพิจารณาในมิติของ การศึกษาออกแบบเพื่อปรับปรุงพัฒนาวิธีการหรือ ผลผลิตที่ใช้อยู่ตลอดเวลา เพื่อก้าวไปข้างหน้าอย่างมั่นคงเหมาะสมกับบริบท สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของโลกภายนอกที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้เนื่องการวิจัยและพัฒนามีหลายประเภท

Mahdjoubi (2009) ได้จำแนกประเภทของการทำวิจัย และพัฒนาไว้เป็น 4 แบบ ได้แก่ 1) การวิจัยและพัฒนาที่เน้นขั้นตอนการวิจัย 2) การวิจัยและพัฒนาที่เน้นกระบวนการพัฒนา 3) การวิจัยและพัฒนาที่เน้นการออกแบบการพัฒนา 4) การวิจัยและพัฒนาที่เน้นแหล่งความคิดของการพัฒนา

4.1 การวิจัยและพัฒนาที่เน้นขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยและพัฒนาที่เน้นขั้นตอนการวิจัย การวิจัยและพัฒนาเป็นระเบียบวิธีวิจัยเพื่อสร้างนวัตกรรมหรือประดิษฐกรรม โดยมีวิธีดำเนินการ 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ขั้นตอนการวิจัยพื้นฐานเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ (Basic Research) 2) ขั้นตอนการวิจัยประยุกต์เพื่อนำ

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

ความรู้ใหม่มาประยุกต์ใช้ในการสร้างวิธีการ(วิธีการปฏิบัติ) หรือผลผลิต(สิ่งประดิษฐ์) (Applied Research) และ 3) ขั้นตอนการพัฒนาเพื่อเปลี่ยนแปลงปรับปรุงและแก้ไขวิธีการหรือผลผลิตจนมีประสิทธิผลและประสิทธิภาพ (Development)

ตัวอย่างเช่น การค้นพบ Penicillin การนำ Penicillin มาใช้ในการฆ่าเชื้อโรค และการพัฒนายา Penicillin สำหรับใช้รักษาโรค การค้นพบทฤษฎีสัมพันธภาพ การประยุกต์ใช้ทฤษฎีสัมพันธภาพ และการพัฒนา ระเบิดนิวเคลียร์

4.2 การวิจัยและพัฒนาที่เน้นกระบวนการพัฒนา

การวิจัยและพัฒนาเป็นระเบียบวิธีวิจัยเพื่อสร้างนวัตกรรมหรือประดิษฐกรรมผ่านกระบวนการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเริ่มจากความต้องการของผู้ใช้จากนั้นจึง 1) ออกแบบประดิษฐกรรมเบื้องต้นแบบลองถูกลองผิด (trial and error invention) 2) ออกแบบประดิษฐกรรมอย่างเป็นระบบ (Systemative invention) 3) ทำการวิจัยการทดลองและการปรับปรุง (Research & Development) 4) พัฒนาประดิษฐกรรมออกสู่ตลาด และผู้ใช้นำผลผลิตไปใช้ประโยชน์(Technology & Market Development) ไปสู่ผู้ใช้นำไปใช้ ประโยชน์

ตัวอย่างเช่น การผลิตคอมพิวเตอร์ และพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อสนองความต้องการของผู้ใช้จากคอมพิวเตอร์ Main Frame คอมพิวเตอร์ส่วนตัว (PC) คอมพิวเตอร์เคลื่อนที่ คอมพิวเตอร์พกพาสู่การผลิต Smart Phone

4.3 การวิจัยและพัฒนาที่เน้นการออกแบบการพัฒนา

การวิจัยและพัฒนาเป็นระเบียบวิธีวิจัยเพื่อสร้างนวัตกรรมหรือประดิษฐกรรม โดยใช้กระบวนการ ออกแบบและปรับปรุงพัฒนาควบคู่กันไปจนได้ผลผลิตที่พึงประสงค์และเป็นประโยชน์อย่างกว้างขวาง ซึ่งสามารถวิจัยและพัฒนาได้ใน 2 รูปแบบ ดังแผนภาพ

4.3.1 สังเคราะห์องค์ความรู้ ออกแบบและพัฒนาผลผลิต ผู้วิจัยสังเคราะห์องค์ความรู้ (Synthesis) และบูรณาการองค์ความรู้ (Integration) เพื่อนำมาใช้ออกแบบและพัฒนาปรับปรุง (Design and Development) จนได้ผลผลิตที่พึงประสงค์

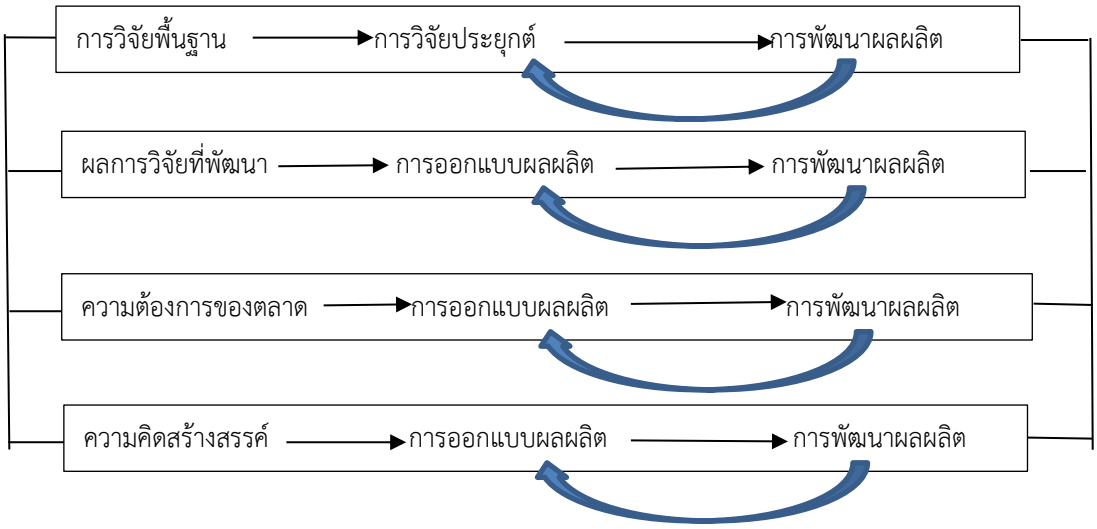
4.3.2 การวิจัยพื้นฐานออกแบบและพัฒนาผลผลิต ผู้วิจัยทำการวิจัยพื้นฐาน เพื่อแสวงหาองค์ความรู้ใหม่ สำหรับนำมาใช้ในการออกแบบและพัฒนา ปรับปรุง (Design and Development) จนได้ผลผลิตที่พึงประสงค์

ตัวอย่างเช่น พี่น้องตระกูลไรท์ (Wilbur &Orville Wright) มีจินตนาการและได้ทำการทดลองออกแบบเครื่องร่อนใช้พัดลม ต่อมาใช้องค์ความรู้ที่ได้มาออกแบบเครื่องบินที่ใช้เครื่องยนต์ เป้าหมายคือสร้างเครื่องบินที่บินได้ใน อากาศเหมือนนก เอดิสัน (Edison) ออกแบบตะเกียงน้ำมัน ต่อมาใช้แนวคิดนั้นมาออกแบบหลอดไฟฟ้า

4.4 การวิจัยและพัฒนาที่เน้นแหล่งความคิดของการพัฒนา

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

การวิจัยและพัฒนาเป็นระยะวิจัยเพื่อพัฒนาแนวคิดใหม่โดยการใช้การผสมผสานความคิดจากหลายแหล่งมา ใช้ในการออกแบบ ทดสอบ และพัฒนาปรับปรุง แนวความคิดอาจได้มาจากการวิจัยที่จัดทำขึ้นการวิจัยที่ผ่านมา ความต้องการของตลาด หรือความคิดสร้างสรรค์ของผู้วิจัย หน่วยงานหรือ สถาบันนำมาผสานการออกแบบและพัฒนาผลผลิต ดังแผนภาพ



แผนภาพที่ 1 การวิจัยและพัฒนาที่เน้นแหล่งความคิดของการพัฒนา

ตัวอย่างเช่น

- การวิจัยและพัฒนาความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสารสนเทศ (ICT) จากการพัฒนาเครือข่าย Internet ทำให้เกิดความคิดใหม่จากแหล่งต่าง ๆ สู่การพัฒนา e-mail, e-Learning, Google, You-Tube, Skype, Line, Facebook เป็นต้น

5. แนวคิดในการออกแบบวิจัยและพัฒนา

ในการออกแบบวิจัยและพัฒนา จะต้องกำหนดวัตถุประสงค์เฉพาะของการวิจัยอย่างชัดเจน กำหนดตัวบ่งชี้หรือประเด็นที่มุ่งศึกษา กำหนดแหล่งข้อมูล หรือผู้ใช้ข้อมูลในการวิจัยหรือทดลองนวัตกรรมกำหนด แนวทางการเก็บรวบรวมข้อมูล และเครื่องมือที่ใช้ และกำหนดแนวทางการวิเคราะห์หรือตัดสินคุณภาพ นวัตกรรม ทุกรายการดังกล่าวนี้ ควรจะถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า และเป็นที่รับทราบตรงกันระหว่างกลุ่ม ผู้เกี่ยวข้องต่าง ๆ รายละเอียด เป็นดังนี้

1. การออกแบบในเรื่องประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยจะต้องกำหนดเป้าหมายของประชากร หรือกลุ่มเป้าหมายในการใช้นวัตกรรมอย่างชัดเจน

2. การออกแบบในเรื่องการวัดตัวแปร หรือการเก็บรวบรวมข้อมูล

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

ผู้วิจัยจะต้องกำหนดประเด็น ตัวบ่งชี้ที่ต้องการวัด พร้อมทั้งกำหนดแหล่งข้อมูล หรือผู้ให้ข้อมูลหลักอย่างครบถ้วน กำหนดประเภทเครื่องมือหรือวิธีการวัด ช่วงเวลาในการวัด (เช่น วัดก่อน และเมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง) พร้อมกำหนดแนวปฏิบัติในการพัฒนาเครื่องมือและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดแต่ละรายการ กล่าวโดยสรุป จะต้องสรุปว่าตัวบ่งชี้ หรือประเด็นในการวัดในครั้งนั้น ๆ ประกอบด้วยอะไรบ้าง แต่ ละตัวบ่งชี้ หรือแต่ละประเด็น จะใช้เครื่องมือหรือวิธีการใดในการเก็บรวบรวมข้อมูล จะพัฒนาเครื่องมือแต่ละ ชนิดอย่างไร และจะจัดเก็บรวบรวมข้อมูลเมื่อไรบ้าง

ในการเลือกใช้เครื่องมือวัด ซึ่งมีหลายชนิด อาทิ แบบทดสอบ แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ แบบสังเกต แบบประเมินคุณลักษณะต่าง ๆ เป็นต้น การตัดสินใจว่าจะเลือกใช้เครื่องมือวัดชนิดใด จะต้องคำนึงถึงธรรมชาติ หรือลักษณะของตัวบ่งชี้ที่ต้องการวัด และข้อจำกัดต่าง ๆ อาทิ ถ้าเป็นตัวบ่งชี้ประเภทความรู้ ก็ใช้แบบทดสอบ ถ้าเป็นพฤติกรรม ก็ใช้แบบประเมินพฤติกรรม ถ้าเป็นเจตคติ ก็ใช้แบบวัดเจตคติ เป็นต้น หรือในบางครั้ง ผู้ประเมินได้เลือกใช้เป็นแบบสอบถามที่ประกอบด้วยสาระหลายตอน แต่ละตอนมุ่งวัดตัวบ่งชี้ที่แตกต่างกัน

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อการวิจัยและพัฒนานวัตกรรม ผู้วิจัยจะต้องระลึกเสมอว่าจะต้องเน้นใน เรื่องความรวดเร็ว คล่องตัว มีประสิทธิภาพ สามารถรวบรวมข้อมูลได้อย่างรวดเร็วทันกับช่วงเวลาต่าง ๆ ในขณะดำเนินการทดลองนวัตกรรม และกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลจะต้องไม่เกิดผลกระทบเชิงลบต่อกระบวนการพัฒนา

3. การออกแบบในเรื่องสถิติ แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในงานวิจัยและพัฒนา สามารถเลือกใช้สถิติในลักษณะเดียวกับงานวิจัยทั่วไป ซึ่งจะมีทั้งสถิติเชิงบรรยาย (Descriptive Statistics) และสถิติอ้างอิง (Inferential Statistics) ซึ่งการเลือกใช้วิธีการทางสถิตที่เหมาะสม จะเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลงานวิจัยได้ รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการทางสถิติ เหล่านี้สามารถ ศึกษาได้จากเอกสารหรือตำราทั่วไป โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการวางแผนและออกแบบวิจัย และพัฒนา คือกรอบแนวทางการวิจัย หรือโครงการวิจัยที่มีรายละเอียดครบถ้วนสมบูรณ์

ตัวแปรต้น ตัวแปรตามในงานวิจัย ในงานวิจัยและพัฒนา

ตัวแปรต้น (Independent Variable) คือ ตัวนวัตกรรม หรือปฏิบัติการ (Treatment) ที่ผู้วิจัยให้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งอาจหมายถึง สื่อ/ ชุดสื่อ หรือวิธีการใหม่ๆ ส่วนตัวแปรตาม คือ ตัวแปรที่เป็น ผลลัพธ์ที่เกิดจากการใส่ปฏิบัติการ เช่น ความรู้ ความพอใจ เจตคติ ทักษะ หรือสภาพการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เป็นต้น

เครื่องมือวิจัยในงานวิจัยและพัฒนา

เครื่องมือวิจัยในงานวิจัยและพัฒนา ประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

1. เครื่องมือทดลอง หรือชุดนวัตกรรม

การวิจัยและพัฒนาจะมีคุณค่ามากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้วิจัยในการแสวงหานวัตกรรมที่สร้างสรรค์ ทันสมัย และมีประสิทธิภาพ (ลงทุนไม่มาก สะดวกใช้ สะดวกปฏิบัติ ให้ประสิทธิผล ตามที่คาดหวัง) ซึ่งการแสวงหานวัตกรรมที่สร้างสรรค์ผู้วิจัยจะต้องทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หรือ กรณีตัวอย่างนวัตกรรมที่หลากหลายก่อนที่จะสังเคราะห์เป็นนวัตกรรมที่จะนำมาทดลอง ทั้งนี้ ผู้วิจัยควรจะสามารถชี้บ่ง หรือระบุลักษณะที่เห็นว่าเป็นจุดเด่น ความคิดสร้างสรรค์ หรือความเหมาะสมของนวัตกรรม ได้อย่างชัดเจนอีกทั้งจะต้องเป็นนวัตกรรมที่มีความถูกต้อง เหมาะสมตามหลักวิชา

2. เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล หรือเครื่องมือวัดตัวแปร

ในการออกแบบด้านการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยจะต้องวิเคราะห์ทบทวนวัตถุประสงค์ของการวิจัย กำหนดหรือระบุตัวแปรหรือประเด็นที่มุ่งศึกษา กำหนดแหล่งข้อมูลหรือผู้ให้ข้อมูลที่จะทำให้ได้ข้อมูลที่มีความตรงหรือถูกต้อง กำหนดวิธีการหรือเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และกำหนดแนวทางการพัฒนาเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างชัดเจน

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยและพัฒนา

การเลือกใช้วิธีการทางสถิติ เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยและพัฒนาขึ้นอยู่กับชนิดของตัวแปร หรือตัวชี้วัดที่ทำการวิจัย ซึ่งโดยทั่วไปจะมีวิธีการทางสถิติดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ความถี่ ร้อยละ สำหรับตัวแปรตัดตอนที่วัดโดยเครื่องมือประเภทแบบตรวจสอบรายการ หรืออาจใช้การเปรียบเทียบสัดส่วนด้วนสถิติอ้างอิงไคสแควร์

2. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทดสอบความรู้หรือคะแนนจากมาตร ประมาณค่าและใช้สถิติอ้างอิง การทดสอบค่าที (t-test) สำหรับการเปรียบเทียบคะแนนทดสอบก่อนเรียน กับหลังเรียนหรือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่ม หรือการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อการตรวจสอบความ แตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกรณีทดสอบหลายกลุ่ม เป็นต้น

3. วิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) สำหรับข้อคำถามประเภทปลายเปิดหรือใช้เขียนแสดงความคิดเห็น หรือบรรยายสภาพความเปลี่ยนแปลงหลังการใช้นวัตกรรม

การเขียนรายงานวิจัยและพัฒนา

การเขียนรายงานผลการวิจัยและพัฒนา มีจุดเน้นที่การบอกเล่ากระบวนการพัฒนาและผลการใช้นวัตกรรม พร้อมทั้งต้องแสดงผลงานที่ได้จากการพัฒนาคือ สื่ออุปกรณ์ชิ้นงาน หรือรูปแบบทำงานอย่าง ชัดเจน ในการนำเสนอผลงานวิจัยและพัฒนานวัตกรรม ลักษณะการนำเสนอโดยทั่วไป จะปรากฏใน 2 ลักษณะคือ

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

1. ผลงานประเภทสิ่งประดิษฐ์อาทิ พัฒนาสื่อ อุปกรณ์ ชิ้นงาน ฯลฯ การนำเสนอจะประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญ คือ 1) ตัวสื่อ นวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ และ 2) รายงานการพัฒนาหรือรายงานผลการ ทดลอง ใช้ ผลงานวิจัยและพัฒนาในลักษณะนี้จะมีคุณค่ามากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความน่าสนใจ ความสร้างสรรค์ ของตัวผลงาน สื่อ อุปกรณ์หรือชิ้นงานเป็นสำคัญ

2. ผลงานประเภททดลองรูปแบบการบริหาร หรือรูปแบบการปฏิบัติการ อาทิ ทดลองรูปแบบการสอน รูปแบบการทำงานใหม่ๆ ฯลฯ ผลงานประเภทนี้จะนำเสนอเป็นเล่มเดียว ในลักษณะของรายงานการทดลองหรือรายงานการพัฒนา โดยจะต้องอธิบายให้เห็นรูปแบบของนวัตกรรมอย่างเป็นรูปธรรมชัดเจน

โดยสรุป ในการเขียนรายงานการวิจัยและพัฒนา ผู้วิจัยอาจดำเนินการตามกรอบโครงสร้างของรายงานการวิจัยที่เป็นแบบสากลทั่วไป หรืออาจปรับเปลี่ยนโครงสร้างของรายงานให้เหมาะสมกับลักษณะหรือ ประเภทของการวิจัย อย่างไรก็ตามเนื้อหาสาระของรายงานจะต้องสะท้อนให้เห็นสาระที่สำคัญอย่างน้อย 3 ส่วน คือ 1) ความเป็นมาของปัญหาและวัตถุประสงค์ของการวิจัย 2) แนวทางในการวิจัย และ 3) ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัย ในกรณีของรายงานการวิจัยและพัฒนาจะต้องสื่อสารให้ทราบอย่างน้อย คือ 1) ความเป็นมา และวัตถุประสงค์ของการพัฒนานวัตกรรม 2) วิธีดำเนินการพัฒนานวัตกรรม และ 3) ผลการพัฒนานวัตกรรม ทั้งในเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ

6. **การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา**

การวิจัยพื้นฐานและการวิจัยประยุกต์มีจุดประสงค์พื้นฐานในการค้นพบสิ่งใหม่ การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาเป็นกระบวนการของการพัฒนา การทดสอบภาคสนามและวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้จากการทดสอบ ในทางตรงกันข้ามเป้าหมายของการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา คือ การนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยไปพัฒนาสื่อ, แนวปฏิบัติ, ระบบ, กลไกการขับเคลื่อนการจัดการเรียนรู้ คุณภาพการศึกษา หรือการบริหารการศึกษา ให้สามารถใช้ได้ ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาเป็นตัวเชื่อมระหว่างการวิจัยทางการศึกษาและแบบฝึกหัด ทางการศึกษา ซึ่งทำให้สื่อสารศึกษาสมบูรณ์ยิ่งขึ้น (ธัญวดี มงคลพันธ์, 2544) ตัวอย่างเช่น ในทางการบริหารการศึกษา มีการศึกษาวิจัยที่มุ่งแก้ปัญหาหรือพัฒนาให้เกิดคุณภาพ เมื่อผู้บริหารหรือผู้ปฏิบัติงานค้นพบปัญหา และเกิดความตระหนักในปัญหาก็จะคิดค้นรูปแบบสื่อหรือรูปแบบการพัฒนาที่เรียกว่านวัตกรรม เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนางานดังกล่าว โดยที่รูปแบบสื่อ หรือรูปแบบการพัฒนา ที่คิดขึ้นจะต้องมีเหตุผล หลักการหรือทฤษฎีรองรับ ทั้งนี้อาจเลือกใช้วิธีการปรับปรุงในสิ่งที่มีผู้อื่น ได้ศึกษาหรือเคยใช้ได้ผลในสถานการณ์ที่

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

เป็นปัญหาเช่นเดียวกันมาก่อน หรืออาจคิดวิธีการขึ้นใหม่ก็ได้แต่การทำให้รู้หรือมั่นใจได้ว่าวิธีการที่คิดค้นขึ้นนั้นดีหรือไม่ จำเป็นต้องนำมาทดลองจริง มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อพิสูจน์ว่าสามารถแก้ปัญหาหรือพัฒนางานได้ถ้าไม่ประสบผล สำเร็จก็ต้องมีการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนได้ผลดีสามารถนำไปเผยแพร่ให้ผู้อื่นได้ทราบหรือนำไปใช้ได้ต่อไป (ธเนศ ขำเกิด ,2540)

การวิจัยและพัฒนาการศึกษา (Research and Development in Education) คือ การพัฒนาการศึกษาโดยอาศัยกระบวนการวิจัยเป็นเครื่องมือในการพัฒนาและตรวจสอบประเมิน คุณภาพการศึกษา ทั้งนี้การใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนาการศึกษานั้นผลผลิตสุดท้ายที่จะพึ่งได้รับ จากกระบวนการวิจัยและพัฒนาการศึกษาก็คือ นวัตกรรมทางการศึกษา (Educational Innovation) ซึ่งสิ่งที่เรียกว่า นวัตกรรมทางการศึกษาอาจแบ่งได้เป็นสองประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ นวัตกรรมทางการศึกษาแบบนามธรรม และ นวัตกรรมทางการศึกษาแบบรูปธรรม (รัตนะ บัวสนธ์,2559)

ประเภทแรก นวัตกรรมทางการศึกษาแบบนามธรรม นวัตกรรมทางการศึกษาประเภทนี้จะมีลักษณะเป็นหลักการ (Principle) ทฤษฎี (Theory) หรือรูปแบบ (Model) การจัดการศึกษาต่าง ๆ อาทิ ทฤษฎีการบริหารสถานศึกษา ทฤษฎีภาวะผู้นำทางวิชาการ หลักการจัดการศึกษาแบบโรงเรียนเป็นฐาน (School Base Management: SBM) หลักการสอนที่เน้นเด็กเป็นศูนย์กลาง (Student Center Teaching) การเรียนรู้แบบเชิงรุก (Active Learning)

ประเภทที่สอง นวัตกรรมทางการศึกษาแบบรูปธรรม นวัตกรรมทางการศึกษาประเภทนี้มีลักษณะเป็นสิ่งประดิษฐ์ เช่น หนังสืออ่านประกอบ ตำราทางวิชาการ ชุดฝึก บทเรียนโมดูล คอมพิวเตอร์ช่วยสอน และเกมส์ต่าง ๆ เป็นต้น นวัตกรรมทางการศึกษาประเภทนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยหรือ ใช้ประกอบการจัดการศึกษาที่รู้จักกันในชื่อว่าสื่อการเรียนการสอน ซึ่งเป็นไปตามนวัตกรรมทาง การศึกษาประเภทแรก ยกตัวอย่างเช่น ถ้านักการศึกษาเชื่อในหลักการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้น ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (ซึ่งปัจจุบันนิยมเรียกว่า“ผู้เรียนเป็นสำคัญ) ก็จะใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย สอนเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์หรือสื่อการเรียนการสอน

การพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาทั้งสองประเภทข้างต้นนั้น จะใช้วิธีการวิจัยและพัฒนา ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนใหญ่ๆคือ

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน การดำเนินการศึกษาข้อมูลพื้นฐานในขั้นตอนแรกนี้ กระทำไปโดยมีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการจำเป็นที่จะนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจพัฒนานวัตกรรมเพื่อให้ได้นวัตกรรมทางการศึกษาที่ตอบโจทย์ปัญหาและความต้องการของกลุ่มผู้ใช้อย่างแท้จริงซึ่งจะทำให้

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

นวัตกรรมทางการศึกษา มีประโยชน์ให้มากที่สุด การดำเนินงานขั้นตอนที่ 1 นี้จึงมีลักษณะเป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ที่อาจใช้ทั้ง การสำรวจความคิดเห็นหรือความต้องการของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และใช้การสำรวจวิเคราะห์ จากเอกสารรายงานของหน่วยงานนั้น ๆ

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและประเมินคุณภาพนวัตกรรมทางการศึกษา เมื่อได้ข้อมูลสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการจากผลการศึกษาในขั้นตอนที่ 1 แล้วในขั้นตอนนี้ก็จะ นำข้อมูล ทั้งหมดที่ได้มาเป็นประมวลสรุปเข้าด้วยกันแล้วใช้ตัดสินใจพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาซึ่งในขั้นตอนที่ 2 นี้จะประกอบไปด้วยงานย่อย ๆ 3 งานคือ 1) การตัดสินใจเลือกนวัตกรรมทางการศึกษาที่จะพัฒนา 2) การออกแบบและสร้างนวัตกรรมทางการศึกษาตามแบบและ 3) การประเมินคุณภาพ (เบื้องต้น) ของนวัตกรรมทางการศึกษาก่อนจะนำไปใช้ในสถานการณ์จริง

ในขั้นตอนย่อยที่ 1) การตัดสินใจเลือกนวัตกรรมทางการศึกษาที่จะพัฒนานั้นจะต้องดำเนินการโดยคำนึงว่าจะเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาประเภทอะไร และนวัตกรรมทางการศึกษานั้น สอดคล้องกับความต้องการของผู้เกี่ยวข้อง (โดยเฉพาะกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้และผู้ถูกใช้นวัตกรรมทาง การศึกษา) และมีแนวโน้มจะแก้ไขปัญหาหรือพัฒนางานทางการศึกษานั้น ๆ หรือไม่ หลังจากตัดสินใจ เลือกประเภทนวัตกรรมทางการศึกษาแล้วต้องศึกษาคุณลักษณะองค์ประกอบ รวมทั้งทฤษฎีแนวคิด พื้นฐานที่มาของนวัตกรรมทางการศึกษาดังกล่าวอย่างถ่องแท้เพื่อที่จะดำเนินการในขั้นตอนย่อยที่

2) การออกแบบและสร้างนวัตกรรมทางการศึกษาตามแบบ กล่าวคือ เมื่อได้ศึกษารายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับนวัตกรรมทางการศึกษาที่จะพัฒนาแล้วก็ดำเนินการออกแบบ (Design) นวัตกรรมทาง การศึกษาดังกล่าวให้มีคุณลักษณะองค์ประกอบเป็นไปตามทฤษฎีแนวคิดพื้นฐานที่ระบุไว้แล้วเติมเต็ม รายละเอียดให้เป็นไปตามคุณลักษณะองค์ประกอบแต่ละส่วนนั้น ในการออกแบบและสร้างนวัตกรรม ทางการศึกษานี้ให้ยึดหลักการตั้งคำถามกับตนเองเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของ นวัตกรรมทางการศึกษาตามหลักความสัมพันธ์เชิงตรรกะ (Logical Relation) คือ คำถามอย่างไร (How) ทำไม (Why) ในแนวนอนจากขวาไปซ้ายหรือในแนวตั้งจากบนลงล่างใช้คำถาม อย่างไร (How) และจากล่างขึ้นบนใช้คำถามทำไม (Why)

3) การประเมินคุณภาพ (เบื้องต้น) ของนวัตกรรมทางการศึกษาก่อนจะนำไปใช้ในสถานการณ์จริงหลังจากออกแบบสร้างนวัตกรรมทางการศึกษา รวมทั้งตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของนวัตกรรมทางการศึกษาแล้วก็จะต้องนำนวัตกรรมทางการศึกษาที่เสร็จแล้วนี้ ไปดำเนินการประเมินคุณภาพ(เบื้องต้น) ตามขั้นตอนย่อยที่ 3 ซึ่งมีวิธีดำเนินการได้หลายวิธี อาทิ การให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านนวัตกรรมทางการศึกษา

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

ประเภทนั้น ตัดสินใจประเมินความถูกต้อง เหมาะสม หรือความเป็นไปได้ในการใช้โดยอาจสร้างเป็นแบบสอบถามความคิดเห็นให้ประเมิน หรือ ใช้วิธีการจัดประชุมสัมมนาอิงผู้เชี่ยวชาญให้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญวิพากษ์และให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุง นอกนั้นถ้าเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาประเภทรูปธรรมมีลักษณะเป็นสิ่งประดิษฐ์ ก็อาจต้องใช้วิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งานสื่อนวัตกรรม หรือ สิ่งประดิษฐ์นั้น ซึ่งส่วนใหญ่ในวงการศึกษาไทย จะตรวจสอบประสิทธิภาพจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนที่เพิ่มขึ้น โดยประเมินกับกลุ่ม คนขนาดเล็กโดยการทดลองนำร่อง (Try out) แล้วหาค่าดัชนีประสิทธิภาพ (Effectiveness Index) (เผชิญ กิจระการ,2547)

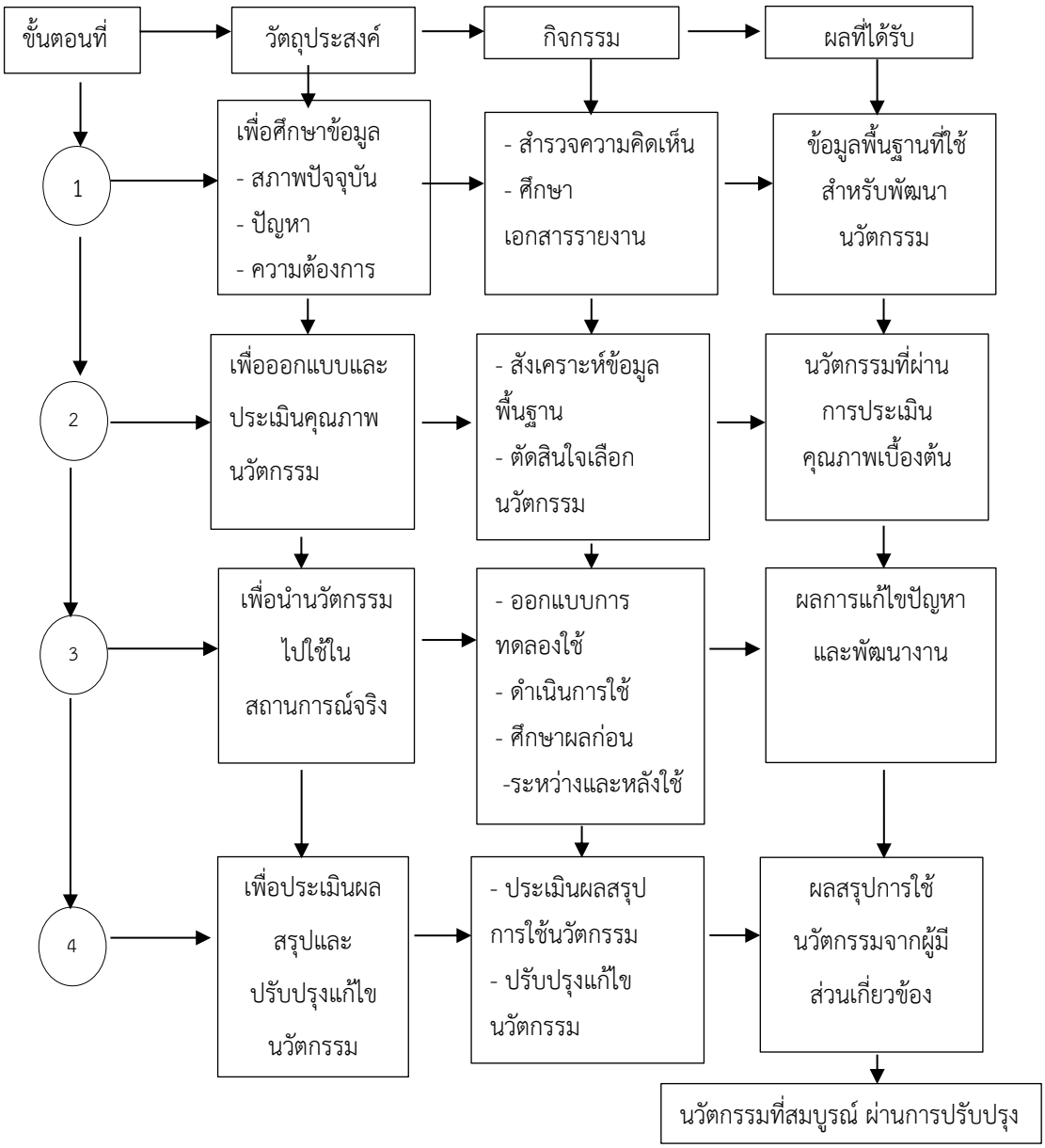
ขั้นตอนที่ 3 การนำนวัตกรรมทางการศึกษาไปใช้ในสถานการณ์จริง ในขั้นตอนนี้เป็นการนำนวัตกรรมทางการศึกษาที่ผ่านการประเมินตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นแล้ว ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย ตามที่กำหนดไว้เพื่อที่จะตรวจสอบว่า นวัตกรรมทางการศึกษาที่สร้างขึ้นนี้สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิด ขึ้นกับกลุ่มเป้าหมายได้จริงหรือไม่เมื่อนำไปใช้ในสถานการณ์ที่เป็นจริง ซึ่งการดำเนินงานในขั้นตอนนี้ มีลักษณะเป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ที่ต้องมีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) ให้เหมาะสมกับลักษณะและธรรมชาติ ของกลุ่มเป้าหมายที่มีอยู่ในสถานการณ์จริงนั้น ๆ ทั้งนี้แบบแผนการทดลองก็มีหลายแบบ แต่ละแบบก็มีข้อดีข้อจำกัดต่างกัน ซึ่งเป็นหน้าที่ของนักการศึกษาที่จะต้องเลือกใช้แบบแผนการทดลองที่ดีที่สุดภายใต้เงื่อนไขความเหมาะสมและเป็นไปได้มากที่สุดในการทดลองใช้ทั้งนี้ในการทดลองใช้นวัตกรรมทางการศึกษานั้น ควรจะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างหลากหลายรอบด้าน ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลเชิงปริมาณและ ข้อมูลเชิงคุณภาพที่เกิดขึ้นกับกลุ่มเป้าหมายทั้งก่อน-ระหว่างและหลังใช้นวัตกรรมทางการศึกษา แล้วนำเสนอข้อมูลให้เห็นภาพการใช้นวัตกรรมทางการศึกษาอย่างครบถ้วน

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุงนวัตกรรมทางการศึกษา ภายหลังการนำนวัตกรรม ทางการศึกษาไปใช้ครบตามระยะเวลาหรือกิจกรรมที่กำหนดแล้วก็จะต้องมีการประเมินสรุปภาพรวม ผลการใช้นวัตกรรมทางการศึกษาเพื่อที่จะได้ทราบข้อเสนอแนะหรือประเด็นต่าง ๆ ที่เป็นข้อจำกัดอันเกิดขึ้นจากการใช้นวัตกรรมทางการศึกษา ซึ่งจะนำไปสู่ การปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมทางการศึกษานั้น ๆ ตามข้อเสนอแนะหรือประเด็นข้อจำกัดดังกล่าว ในการประเมินขั้นนี้ต้องเก็บรวบรวมข้อมูลจากบุคคลที่เกี่ยวข้องหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งหลายกับการใช้นวัตกรรมทางการศึกษานั้น ทั้งที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ผู้ถูกใช้นวัตกรรมทางการศึกษาและผู้รับผลกระทบกับการใช้นวัตกรรมทางการศึกษา ซึ่งวิธีการประเมินก็อาจใช้วิธีการต่าง ๆ นานา เช่น การประชุมสะท้อนกลับ การใช้แบบสอบถาม ให้แสดงความคิดเห็น หรือ การสัมภาษณ์กลุ่ม เป็นต้น

ท้ายที่สุดเมื่อนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข แล้วก็จะทำให้ได้นวัตกรรมทางการศึกษาที่สมบูรณ์

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา ซึ่งจำแนกตามวัตถุประสงค์ กิจกรรมและผลที่ได้รับสามารถสรุปเป็นแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ให้ตามภาพประกอบ

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.



แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนต่าง ๆ ในการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา (ที่มา : รัตนะ บัวสนธ์, 2559)

ดังนั้นการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาสามารถใช้วิธีการและพัฒนา (Research and Development) มาเป็นกระบวนการในกาสรางนวัตกรรมทางการศึกษา โดยเริ่มต้นจากการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการจำเป็นที่จะนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจพัฒนานวัตกรรม นำไปสู่การออกแบบและประเมินคุณภาพนวัตกรรมทางการศึกษา และนำข้อมูลมาออกแบบนวัตกรรม ซึ่งเป้าหมายของการออกแบบนวัตกรรม ผู้พัฒนานวัตกรรมจำเป็นต้องนำนวัตกรรมที่ออกแบบไปทดสอบ

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

ประสิทธิภาพเบื้องต้น ซึ่งทำได้หลายวิธีการ เช่น การตัดสินใจเลือกนวัตกรรมทางการศึกษาที่จะพัฒนา การออกแบบและสร้างนวัตกรรมทางการศึกษาตามแบบและ การประเมินคุณภาพ (เบื้องต้น) ของนวัตกรรมทางการศึกษาโดยผู้เชียวชาญก่อนจะนำไปใช้ในสถานการณ์จริง การนำนวัตกรรมทางการศึกษาไปใช้ในสถานการณ์จริง เพื่อที่จะตรวจสอบว่า นวัตกรรมทางการศึกษาที่สร้างขึ้นนี้สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดได้จริงหรือไม่เมื่อนำไปใช้ในสถานการณ์ที่เป็นจริง และขั้นตอนสุดท้ายการประเมินและปรับปรุงนวัตกรรมทางการศึกษาเพื่อที่จะได้ทราบข้อเสนอแนะหรือประเด็นต่าง ๆ ที่เป็นข้อจำกัดอันเกิดขึ้นจากการใช้นวัตกรรมทางการศึกษา ซึ่งจะนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมทางการศึกษานั้น ๆ ตามข้อเสนอแนะหรือประเด็นข้อจำกัดดังกล่าว กระบวนการศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบมุ่งพัฒนาทางเลือกหรือวิธีการใหม่ ๆ เพื่อใช้ในการยกระดับคุณภาพงานหรือคุณภาพชีวิต เพื่อให้เกิดความเข้าใจในแนวทางการวิจัยและพัฒนาการศึกษามากขึ้น จึงขอเสนอตัวอย่างของการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษาด้วย การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา ดังนี้ ตัวอย่างงานวิจัยและพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา

ชื่องานวิจัย : Developing lesson plan of the biogas from animal's dung STEM education ผู้วิจัย อากุง มูลโย เซเตียวัน,โชคชัย ยืนยง,สุกัญญา สุทธพันธ์,และจิรากาญจน์ ยืนยง(2021)วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ PK-STEM Education (Sutaphan and Yuenyong, 2019) วิธีดำเนินการวิจัย แผนการสอนที่พัฒนาขึ้นของกิจกรรมการเรียนรู้ PK-STEM Education (Sutaphan and Yuenyong, 2019)

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นการศึกษาวิเคราะห์ 1. การศึกษาเอกสารด้านหลักสูตร ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้าน STEM 2. การดำเนินการสนทนากลุ่ม กับผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนา

Stage	Activity
1. Identification of social issues	กระตุ้นให้ผู้เรียนอภิปรายเกี่ยวกับก๊าซบิโตรเลียมเหลวสำหรับหุงต้มในด้านคุณสมบัติและราคา 1. ครูให้นักเรียนทำแก๊สหุงต้ม 2. ครูบอกนักเรียนเกี่ยวกับก๊าซชีวภาพที่มาจากสัตว์ มูลสัตว์/อุจจาระ. ครูเสนอปัญหา "ถ้านักเรียนเป็น วิศวกรออกแบบก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์อย่างไร"
2. Identification of potential solutions	นักเรียนสร้างการออกแบบที่เป็นไปได้ตามวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ ชีววิทยา และเคมี) เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ตัวอย่าง, ฟิสิกส์: ความหนาแน่นของก๊าซที่เบากว่าอากาศ ชีววิทยา: ประเภทของมูลสัตว์ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสำหรับ

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

Stage	Activity
	ก๊าซชีวภาพ เคมี: องค์ประกอบของก๊าซและมูลสัตว์ เทคโนโลยี ออกแบบถังเก็บก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ วิศวกรรม: วิธีการแยกก๊าซออกจากมูลสัตว์และไหลไปที่ห้องครัว คณิตศาสตร์: คำนวณช่วงของถัง ท่อ และตำแหน่งที่จะวางมูลสัตว์ การเงิน: วิธีสร้างก๊าซชีวภาพที่มีประสิทธิภาพด้วยต้นทุนที่ถูก
3. Need for knowledge	1. ครูให้นักเรียนศึกษาสื่อมัลติมีเดียเกี่ยวกับก๊าซชีวภาพ ซึ่งกล่าวถึงกระบวนการและการเกษตรในเรื่องของพลังงาน จากมูลสัตว์ เวทีนี้จะพานักเรียนไปรู้จัก ที่มาและผลลัพธ์ของ Biogas รวมถึงแนวคิดของ เรื่องก๊าซชีวภาพเพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิม ขั้นตอนกับปัญหาก๊าซชีวภาพ 2.จากนั้นอาจารย์แจกความรู้ เรื่อง “การส่งเสริมก๊าซชีวภาพ การผลิต” เพื่อให้นักศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล อภิปราย อธิบาย และสรุปเทคโนโลยีหรือวิศวกรรมของกระบวนการก๊าซชีวภาพและ ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ เช่น อุณหภูมิ ค่า pH สารยับยั้งและสารก่อมลพิษ เป็นต้น นอกจากนี้ อาจารย์ยังให้ บางส่วน ตัวอย่าง (สวีเดนกับรถไฟ Biogas ขบวนแรกของโลก) ให้กับนักเรียน 3. นักเรียนร่วมกันค้นหาข้อมูลประเภท ของมูลสัตว์ ส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ ถังก๊าซ ความยาว และ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่จะวางมูลบนที่ดินและการออกแบบ ถูกต้องครบถ้วนทุกองค์ประกอบ ทั้ง ๆ ที่สรุปความรู้เกี่ยวกับ เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ ตลอดจนข้อดี ข้อเสีย อันนำไปสู่ผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม
4. Decision making	1. หลังจากที่นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับทุนและการเรียนรู้ทั้งหมดแล้ว กิจกรรม อาจารย์ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบก๊าซชีวภาพ จากมูลสัตว์ นักเรียนอาจใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ 2. นักเรียนสามารถออกแบบก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ได้ i-pad
5. Development of prototype or product	นักเรียนสร้างก๊าซชีวภาพต้นแบบจากมูลสัตว์ หมายเหตุประกอบการพิจารณา: - สัดส่วนของมูลสัตว์กับน้ำ - ที่ตั้งของมูลสัตว์ - ขนาดของมูลสัตว์

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

Stage	Activity
	- ความยาวของท่อ - หมายเลขถังก๊าซชีวภาพ - การออกแบบที่มีประสิทธิภาพและต้นทุนของวัสดุ
6. Test and evaluation of solution	นักเรียนจะถูกขอให้พัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับวิธีการทำงานของต้นแบบ - ที่กำบังมูลสัตว์ควรอยู่ที่ใด ? - ที่กำบังของมูลสัตว์ไกลแค่ไหน ? - น้ำกับมูลสัตว์มีสัดส่วนเท่าใด ? - จำนวนท่อและถังสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ ? - โรงพักมูลสัตว์ควรทำขนาดเท่าไร ? - ต้นแบบจะอธิบายได้อย่างไรว่าเป็นของจริง ?
7 Socialization and completion decision	1. นำเสนอและอธิบายแบบจำลองจิ๋วหรือต้นแบบก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ให้กลุ่มอื่นและครู 2. แบ่งปันสิ่งที่พวกเขาได้เรียนรู้จากความคิดเห็นและสิ่งที่พวกเขาจะแก้ไขสำหรับโซลูชั่นที่สมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองภาคสนาม ดำเนินการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้กิจกรรมการเรียนรู้ PK-STEM Education (Sutaphan and Yuenyong, 2019) กลุ่มทดลอง

ขั้นตอนที่ 4 การสรุปผล ดำเนินการสรุปนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ และบรรยายสรุปให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

ชื่องานวิจัย : Students' Applying STEM Knowledge in Learning on the STS-STEM Education Wave Learning Unit ผู้วิจัย จิราภรณ์ ทัพซ้าย ,สมรักษ์ บุญพรม,เจนจิรา ฉายแสง และโชคชัย ยืนยง(2019) วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรม (STEM) ด้วยการบูรณาการการเรียนรู้เรื่องคลื่น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในบริบทของการจัดการเรียนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS)

วิธีดำเนินการวิจัย แผนการสอนที่พัฒนาขึ้นของกิจกรรมการเรียนรู้ PK-STEM Education (Sutaphan and Yuenyong, 2019)

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นการศึกษาวิเคราะห์ 1. การศึกษาเอกสารด้านหลักสูตร ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้าน Engineering Process Design and STS (Yuenyong, 2006) 2. การดำเนินการสนทนากลุ่ม กับผู้เชี่ยวชาญ 3. การเรียนการสอนเรื่องคลื่น ด้วยวิธี STS

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนา

Stage	Activity	STEM Education and Engineering Design (EDP)
1. Identification of social issues stage	ประเด็นที่ถามนักเรียนเกี่ยวกับคลื่น ปรากฏการณ์ สึนามิ อุบัติขึ้นที่ประเทศญี่ปุ่น คลิปฉากต่าง ๆ นำมาจากสารคดีชื่อ "Japan สึนามิ - เกิดขึ้นได้อย่างไร" sinami in Thailand วันที่ 26 ธันวาคม 2547 10:00 น.เกิดขึ้นใน ทะเลอันดามัน. ประเด็นจากคลิปนี้ คุณคิดว่า พลังงานมหาศาลนี้เกิดจากอะไร? และแหล่งพลังงานที่สามารถทำลายล้างได้คืออะไร? ". โดยใช้วีดีโอนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นกำลังใจนักเรียนระบุปัญหาบางอย่างแล้วหาทางออกที่เป็นไปได้โดยใช้ความรู้เป็นหลัก ความรู้เกี่ยวกับพลังงานคลื่น Figure 3. https://www.youtube.com/watch?v=JFU9hqAN0t0	1. identify need or problem
2. Identification of potential solutions stage	นักเรียนวางแผนแก้ปัญหาสังคมเกี่ยวกับพลังงานคลื่น เราใช้สถานีไฟฟ้า Clip Kinetic Wave Power Station มันสามารถเก็บเกี่ยวพลังงานจลน์ได้และเปลี่ยนเป็นไฟฟ้า เราท้าทายให้พวกเขาเห็นประโยชน์ของพลังงานคลื่น ขั้นตอนนี้รองรับนักเรียนสนใจด้านเทคโนโลยีเพื่อหาแนวทางแก้ไขที่เป็นไปได้ ด้านเทคโนโลยี เป็นทักษะสนับสนุนการตัดสินใจของนักเรียน ในหน่วยพลังงานคลื่น STS นักเรียนต้องคิดอะไร ที่ไหนและอย่างไร ความคิดยังออกแบบ ระบบ ความตั้งใจ	2.research the need or problem 8. redesign

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

Stage	Activity	STEM Education and Engineering Design (EDP)
	ของการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำงานเพื่ออะไรการออกแบบ คำถามท้าทาย “นักวิทยาศาสตร์นำคลื่นมาเป็นไฟฟ้าได้อย่างไร” นักเรียนทำระดมความคิดเพื่อระบุความรู้ที่สามารถนำไปใช้และสิ่งที่จำเป็นต้องรู้เพื่อพัฒนาแนวทางแก้ไขที่เป็นไปได้	
3. Need for knowledge stage	ขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทางสังคม คำถามและความรู้ทางเทคโนโลยีสามารถสร้างเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้ คุณสมบัติคลื่นสำรวจนักเรียนและองค์ประกอบของการจำลองถาดคลื่นและสร้างคลื่นแนวคิด กิจกรรมเหล่านี้อาจให้โอกาสในการพัฒนาความรู้พื้นฐานสำหรับการออกแบบความปลอดภัยไฟฟ้าและพลังงาน	3.develop possible solution(s)
4.Decision making stage	ขั้นตอนนี้นักเรียนเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจว่าจะใช้อย่างไร ความรู้และเทคโนโลยีพลังงานคลื่น ลักษณะนี้เป็นสำนวนสาธารณะเกี่ยวกับประเด็นทางเทคโนโลยีและสังคมที่เกี่ยวข้องกับคลื่น มันกลายเป็นครอบงำที่ต้องการฉายและสื่อสารพลังงานคลื่น กลยุทธ์การสอนอาจใช้การอภิปรายในกลุ่มของนักเรียนและการระดมสมองเพื่อให้นักเรียนออกแบบพลังงานคลื่น ในกระบวนการออกแบบของนักเรียนพวกเขาจำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงเพื่อพัฒนาโซลูชันที่เป็นไปได้ เลือกโซลูชันที่ดีที่สุด และสร้างต้นแบบสำหรับไฟฟ้าและพลังงาน	4. select the best possible solution 6.Test and evaluate the solution 7. communicate the solution
5. Socialization stage	นักเรียนต้องแบ่งปันต้นแบบของพวกเขาเพื่อหาวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดสำหรับโครงการพลังงานคลื่น พวกเขาอาจแสดงต้นแบบของพวกเขาในที่สาธารณะและแสดงผลิตภัณฑ์ใหม่ในโครงงานวิทยาศาสตร์หรือแบ่งปันในนิทรรศการ การสะท้อนความคิดเห็นหรือความคิดเห็นจากสาธารณะอาจทำให้นักเรียนสามารถสื่อสารวิธีแก้ปัญหาได้ และยังทดสอบและประเมินวิธีแก้ปัญหาด้วย จากนั้นนักเรียนจะต้องถูกขอให้เขียนสิ่งที่พวกเขาเรียนรู้	8. redesign 9.completion decision

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

Stage	Activity	STEM Education and Engineering Design (EDP)
	จากการไตร่ตรองเหล่านั้นซึ่งพวกเขาอาจได้รับแนวคิดเพิ่มเติมในการออกแบบใหม่และตัดสินใจให้เสร็จสิ้นจากกิจกรรมข้างต้นของหน่วยคลื่น STS นักเรียนอาจเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากประเด็นทางสังคมแล้วนำความรู้อื่น ๆ ไปใช้ในการหาทางออกที่ดีที่สุดสำหรับประเด็นทางสังคม	

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองภาคสนาม ดำเนินการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้กิจกรรมการเรียนรู้ PK-STEM Education (Sutaphan and Yuenyong, 2019) กลุ่มทดลอง

ขั้นตอนที่ 4 การสรุปผล ดำเนินการสรุปนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ และบรรยายสรุปให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

ชื่องานวิจัย : Students' Applying STEM Knowledge in Learning on the STS-STEM Education Wave Learning Unit ผู้วิจัย: อัจฉราภรณ์ ต้นกันยา , สุภาภรณ์ มาอุ้ย ,และโชคชัย ยืนยง(2562) วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อทำความเข้าใจการพัฒนาความเข้าใจ มโนมติและ ตัวแทนความคิด เรื่อง การแยกสารและการนำไปใช้ ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 ในกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ วิธีดำเนินการวิจัย 1) การแลกเปลี่ยนวิสัยทัศน์ (share vision) ระหว่างผู้บริหารโรงเรียนและครูผู้สอน 2) การประชุมเพื่อเขียนแผนงานของชุมชนแห่งการเรียนรู้วิชาชีพ (PLC plan) 3) การเลือกครูผู้สอน หรือ ครูที่เป็นตัวแบบ (Model Teacher) 4) การดำเนินการสร้างชุมทีม(professional leaning team: PLT) 5) การดำเนินการของชุมทีม (PLT) เพื่อร่วมกันเรียนรู้ในชุมชนแห่งการเรียนรู้วิชาชีพ (PLC)
ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามโครงการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (Lower Secondary – Science – Lesson Plan Template) ด้วยกระบวนการ High Impact Practices

ขั้นตอน	กิจกรรม
ขั้นเตรียมความพร้อม	โดยสร้างการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน และตรวจสอบความรู้เดิม(Warm Up: Engage and Check prior knowledge)

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

ขั้นสำรวจ หรือแนะนำหัวข้อหลักในบทเรียน	เลือกบทเรียน (Explore / Introduction of the main topic)
ขั้นกิจกรรม (Body/Explain)	ขั้นกิจกรรมเพื่อการแก้ไขปัญหา การรวบรวม หลักฐานเชิงประจักษ์ กิจกรรมการวางแผน การลงมือปฏิบัติ และการแปลความ(อธิบาย)
ขั้นการนำไปใช้จริง	การบ้าน และการเชื่อมโยงกับสาระวิชาอื่น (Elaboration: Closing application, Homework assignment, Interdisciplinary linkages)
ขั้นสรุป	เพื่อประเมินผลการเรียนรู้สะท้อผลการเรียนรู้ และการสะท้อนถึงความสมเหตุสมผล (Exit – Evaluation)

จากนั้น ครูผู้สอน (Model Teacher) และทีมผู้ร่วมพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลการอภิปราย ข้อเสนอแนะ ก่อนที่จะนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ โดยนำเสนอผลการอภิปรายในรายละเอียดของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองภาคสนาม ดำเนินการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามโครงการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (Lower Secondary – Science – Lesson Plan Template) ด้วยกระบวนการ High Impact Practices

ขั้นตอนที่ 4 การสรุปผล ดำเนินการสรุปนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ และบรรยายสรุปให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

บทสรุป

การวิจัยและพัฒนามีความสำคัญต่อการพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ในทุกสาขาวิชาชีพในฐานที่เป็นระเบียบวิธีการวิจัยที่ช่วยทำให้นวัตกรรมใด ๆ ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือมีความประหยัดและเกิดประโยชน์สุงสุด อีกทั้งยังทำให้ได้นวัตกรรมที่ต้องการมีประสิทธิผล เนื่องจากการวิจัยและพัฒนามีลักษณะเฉพาะคือ การนำผลการวิจัยไปเป็นองค์ความรู้ในการพัฒนานวัตกรรม ทำให้นวัตกรรมที่พัฒนานั้นมีรากฐานองค์ความรู้สนับสนุนอย่างแข็งแกร่ง ทำให้นวัตกรรมสมารถใช้งานได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล (The Institute of Education Sciences, 2013; Bill and Melinda Gates Foundation, 2019)

สำหรับการวิจัยการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา มีขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและประเมินคุณภาพ

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

นวัตกรรมทางการศึกษา ขั้นตอนที่ 3 การนำนวัตกรรมทางการศึกษาไปใช้ในสถานการณ์จริง เพื่อตรวจสอบว่านวัตกรรมมที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถนำไปใช้ได้จริงหรือไม่ ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุงนวัตกรรมทางการศึกษา เพื่อประเมินว่านวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นนั้นมีประสิทธิผลตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยที่นักวิจัยดำเนินการวิจัยในแต่ละขั้นตอนอย่างสอดคล้องกับประเภทและลักษณะของนวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา ตลอดจนบริบทเงื่อนไขที่แตกต่างกันในงานวิจัยแต่ละเรื่อง แต่ยังคงมีจุดมุ่งหลายหลักเหมือนกัน คือ การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา ให้มีคุณภาพสนองความต้องการจัดการศึกษา ผู้ที่อยู่ในวิชาชีพการศึกษาจึงต้องพัฒนาความสามารถในการวิจัยประเภทนี้ให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ลักษณะการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ทางการศึกษา เกิดจากความต้องการพัฒนานวัตกรรมในรูปสารสรุป ระบบ กระบวนการวิธีการ แนวปฏิบัติและสิ่งประดิษฐ์ที่จะขยายองค์ความรู้ใหม่ทางการศึกษา เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาการเรียนการสอน โดยนำไปใช้แก้ปัญหาหรือนำไปใช้ประโยชน์เชิงวิชการเป็นความรู้ใหม่ นำไปอ้างอิงหรือนำไปสอนนักเรียนเพื่อความก้าวหน้าทางวิชาการ และนำผลวิจัยไปใช้เป็นผลงานวิชาการ ยังเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงและพัฒนางาน และประโยชน์ต่อการพัฒนาวิชาชีพอีกด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2555). 80 **นวัฒกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: แอเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น.

เดชกุล มัทวานุกูล.(2562). **ปิดกล่องชอล์ก : รวมผลงานบทความวิชาการและงานวิจัย (2555-2562)**

สำนักพิมพ์สุรินทร์ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ ส.พันธุ์เพ็ญ, พิมพ์ครั้งที่ 1

ทิศนา แขมณี. (2548). **ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมณี. (2540). การวิจัยทางการศึกษา (Educational Research) ใน ทิศนา แขมมณี และสร้อยสน สกลรัตน์ (บก.). **แบบแผนและเครื่องมือการวิจัยทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2564). **การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา.** กรุงเทพฯ: วิสต้า อินเตอร์ปริ้นท์.

เผชิญ กิจระการ.(2544).การวิเคราะห์ประสิทธิภาพสื่อและเทคโนโลยีการเรียนการสอน.**วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.ปีที่ 7** : กรกฎาคม 2544,44-52.

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

มนสิช สิทธิสมบูรณ์. (2556). **การพัฒนานวัตกรรมการศึกษา.** สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม 2563, จาก http://www.nu.ac.th.

ราล์ฟเคทส์. (2550). **การบริหารจัดการนวัตกรรม.** พิมพ์ครั้งที่ 2. แปลจาก Managing Creativity and Innovation โดยณัฐยา สินตระการผล. กรุงเทพฯ: เอ็กซเปอร์เน็ท.

วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2551). **วิธีวิทยาการวิจัย.** กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วิจารณ์ พานิช. (2555). **วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21.** กรุงเทพฯ: ตถาตา.

วิชัย วงษ์ใหญ่ และ มารุต พัฒผล. (2562). **การพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **สะเต็มศึกษากับกระบวนการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21.**สืบค้นเมื่อ 14 กันยายน 2563, จาก https://www.scimath.org/articlestem/item/9112-21.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2556). **นวัตกรรมการเรียนรู้สู่การพัฒนาการศึกษา.** สืบค้นเมื่อ 17 กันยายน 2556, จาก http://sites.google.com/site/supoldee/supoldee/nwatkrrm-reiyn-.

สุมน อมรวิวัฒน์. (2558). **การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่เพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21.** กรุงเทพฯ: เทคนิคพริ้นติ้ง.

สุวิมล ว่องวาณิช. (2551). **การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน**.พิมพ์ครั้งที่ 11.กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัจฉราภรณ์ ต้นกันยา, สุภาภรณ์ มาอุ้ย และ โชคชัย ยืนยง. (2565). การพัฒนาการเรียนรู้มโนมติและตัวแทนความคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง การแยกสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. **วารสารชุมชนแห่งการเรียนรู้วิชาชีพครู, 2**(1), 1-14.

อุทัย ดุลยเกษม. (2550). การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา.**วารสารการศึกษาและพัฒนาสังคม, 3**(1), 9-16.

Bulkley, K. E., & Hicks, J. (2005). Managing community: Professional community in charter schools operated by educational management organizations. **Educational Administration Quarterly, 41**(2), 306-348.

Duc, N. M., Linh, N. Q., & Yuenyong, C. (2019). Implement of STEM education in Vietnamese high school: unit of acid-base reagent from purple cabbage. **Journal of Physics: Conference Series, 1340**(1), 012029.

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

Hord, S. M. (1997). **Professional learning communities: Communities of inquiry and improvement.** Austin: Southwest Educational Development Laboratory.

Hord. Hradec Kralove, Czech Republic. Dufour, R. (2007). Professional learning communities: A Bandwagon, an Idea Worth Considering, or Our Best Hope for High Levels of Learning?. **Middle School Journal (J1), 39**(1), 4-8.

Hoy, W. K., & Miskel, C. G. (2001). **Educational administration: Theory, research, and practice.** New York: McGraw-Hill.

Mahdjoubi, D. (2009). **Four types of R & D**. Austin, Texas: Research Associate, IC2 Institute.

Martin, M. (2011). **Professional learning communities. In Contemporary Issues in Learning and Teaching. pp.142-152.** London: sage.

McLaughlin, M. W., & Talbert, J. E. (2006). **Building school-based teacher learning Communities: Professional strategies to improve student achievement (Vol. 45).** Columbia: Teachers College Press.

McMillan, J. H. (2000). **Educational research: Fundamentals for the consumer.** 3rd ed. New York:

OECD/CERI. (2004). **Innovation in the knowledge economy: Implications for education and learning systems**. Paris.

OECD/CERI. (2004). **National review on educational R & D: Examiners' report on denmark**. Paris.

Setiawan, A. M., Yuenyong, C., Sutaphan, S., & Yuenyong, J. (2021). Developing lesson plan of the biogas from animal's dung STEM education. **Journal of Physics: Conference Series, 1835**(1), 012044.

Sohsomboon, P., & Yuenyong, C. (2021). Strategies for Teacher Utilizing Ethnography as a way of seeing for STEAM education**. Journal of Physics: Conference Series, 1933** (1), 012080.

Sutaphan, S. & Yuenyong, C. (2019). STEM education teaching approach: Inquiry from the context based. **Journal of Physics: Conference Series, 1340** (1), 012003

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.

Sutaphan, S., & Yuenyong, C. (2021). Examine pre-service science teachers' existing ideas about STEM education in school setting. **Journal of Physics: Conference Series 1835**(1), 012002

Suwimon, W., Ornuma, J., & Ujsara, P. (2011). **Synthesis the research of educational innovation development for improve teacher according to educational reform guidelines.** Bangkok: The Thailand Research Fund.

Trilling, B., & Fadel, C. (2009). **21th century skills: Learning for life in our time.** Sanfancisco, John Wiley & Sons.

Tupsai, J., Bunprom, S., Saysang, J., & Yuenyong, C. (2019). Students' applying STEM knowledge in learning on the STS-STEM education wave learning unit. **Journal of Physics: Conference Series, 1340**(1), 012054.

Tupsai, J., Yuenyong, C., & Taylor, P.C. (2015). Initial implementation of constructivist physics teaching in Thailand: A case of bass pre-service teacher. **Mediterranean Journal of Social Sciences, 6**(2), 506-513.

Udomkan, W., Suwannoi, P., Chanpeng, P., & Yuenyong, C. (2015). Thai pre-service chemistry teachers' constructivist teaching performances. **Mediterranean Journal of Social Sciences, 6**(4 S3), 223-232.

Yuenyong, C. (2019). **Lesson learned of building up community of practice for STEM education in Thailand.** Retrieved June 17, 2020, from https://doi.org/10.1063/ 1.5093997.

©2022 JTPLC authors and ARNSTEM.ORG. All rights reserved.