ผลของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสังเคราะห์ด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมีเพื่อยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

THE EFFECTS OF DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS FROM NATURAL PIGMENTS WITH TITANIUM DIOXIDE QUANTUM DOTS BY ELECTROCHEMICAL METHOD TO IMPROVE HIGH SCHOOL STUDENTS' LEARNING ACHIEVEMENT

กอบกาญจน์ เกี๋ยงมะนา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

พ.ศ. 2565

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสังเคราะห์ด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมีเพื่อยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
ผู้วิจัย	กอบกาญจน์ เกี๋ยงมะนา
สาขาวิชา	การสอนวิทยาศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพัฒน์ ชัยวร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.ชเนษฎ์ วิชาศิลป์

คณะกรรมการสอบ

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวลี อันพาพรม)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพัฒน์ ชัยวร)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ชเนษฎ์ วิชาศิลป์)

บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฏฐ์ พลวัน)

วันที่ ๒๑ เดือน ตุลาคม พศ. ๒๕๖๕

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : ผลของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสังเคราะห์ด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมีเพื่อยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัย : กอบกาญจน์ เกี๋ยงมะนา

สาขาวิชา : การสอนวิทยาศาสตร์

กลุ่มวิชา : ฟิสิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

: ผู้ช่วยสตราจารย์ ดร.ภาณุพัฒน์ ชัยวร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

: อาจารย์ ดร.ชเนษฎ์ วิชาศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาผลของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสังเคราะห์ด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมีและยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทใช้วิธีการไฟฟ้าเคมี จากลวดไทเทเนียม เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าจุ่มในสารอิเล็กโตรไลต์ที่ประกอบด้วยโพแทสเซียมไดออกไซด์ผสมกรดอะซิตริก ให้กระแสไฟฟ้า 20 โวลต์ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นประกอบเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยการเคลือบลงบนกระจกนำไฟฟ้าแบบ FTO นำไปเผาและหยดสารสีที่สกัดได้จากอัญชัน ทองกวาวและหูกวาง ทำการทดสอบประสิทธิภาพการแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าและประยุกต์ใช้กับการจัดการสอน

ผลจากการทดลองพบว่า ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่สังเคราะห์ได้มีความยาวคลื่นในช่วง 300-350 นาโนเมตร มีโครงสร้างแบบผลึกมุมตกกระทบที่สอดคล้องกับโพสแทสเซียมไททาเนตและไทเทเนียมไดออกไซด์แบบบรู๊คไคล์และอะนาเทสผสมอยู่เล็กน้อย และเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสกัดรงควัตถุจากใบหูกวางมีประสิทธิภาพสูงที่สุด ซึ่งเป็นช่วงสารสีแคโรทีนอยด์ มีค่าประสิทธิภาพร้อยละ 0.46 หลังจากนั้นนำผลที่ได้ไปประยุกต์ในการจัดเรียนการสอน สามารถยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท, ไฟฟ้าเคมี, สารสกัดรงควัตถุ, เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง, ยกระดับการเรียนรู้

The Title : The Effects of Dye-Sensitized Solar Cells from Natural Pigments with Titanium Dioxide Quantum Dots by Electrochemical Method to Improve High School Students' Learning Achievement

The Author : Kobkarn Kiengmana

Program : Science Teaching

Study Field : Physics

Thesis Advisors

: Assistant Professor Dr. Panupat Chaiworn Chairperson

: Dr. Chanade Wichasilp Co – advisor

ABSTRACT

The objective of this research was to investigate the effects of dye-sensitized solar cells from natural pigments with titanium dioxide quantum dots by using an electrochemical method in order to improve high school students' learning achievement. The titanium dioxide dot was electrochemically synthesized by using a titanium wire as an electrical conductor immersed in an electrolyte containing potassium hydroxide mixed with citric acid concentration and controlled by a 20-Volt electric current for eight hours. After that, the solar cells were assembled, coated with FTO conductive glass, and burnt. Then, the pigment extracts from butterfly pea, bastard teak and tropical almond were applied onto the cells. The test on the efficiency of converting light energy into electrical energy was performed and the results were applied to instructional management.

The experimental results revealed that the synthetic quantum dot titanium dioxide has a wavelength range between 300 and 350 nanometers. The x-ray diffraction reveals a crystalline structure similar to that of brookite potassium titanate and little anatase in combination. The dye-sensitized solar cells with quantum dot titanium dioxide have the highest efficiency in the extracted pigment from tropical almond, which is in the range of carotenoid pigments, and the efficiency value is 0.46%. After having applied the results to the instructional management, learning achievement of the high school students could be improved.

Keywords: Titanium Dioxide Quantum Dot, Electrochemistry, Natural Pigment Extract, Dye-Sensitized Solar Cell, Learning Achievement Improvement

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพัฒน์ ชัยวร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร.ชเนษฎ์ วิชาศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ข้อคิดเห็นในการทำวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้และขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวลี อันพาพรม ประธานกรรมการสอบและเป็นที่ปรึกษาในการทำวิจัยร่วมด้วยจนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบุคลากรในคณะวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ทุกท่าน และบุคลากรศูนย์พลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และให้ความอนุเคราะห์ในการยืมอุปกรณ์ตลอดจนสำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณคุณครูสุปราณี ขจรวงศ์ศรี คุณครูณัฐกานต์ จอมขันเงิน และคุณครูวารุณี ธรรมขันธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำข้อคิดเห็น ตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบและแผนการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์พลังงานทดแทนมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่คือห้องปฏิบัติการทางด้านฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการทางด้านเคมี ห้องศูนย์พลังงานทดแทน เพื่อใช้ในการปฏิบัติทดลอง โรงเรียนเวียงป่าเป้าวิทยาคมโรงเรียนนุชนาถอนุสรณ์ จังหวัดเชียงราย ที่ให้ทดลองงานวิจัยกับห้องเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอน และขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องที่ไม่ได้เอ่ยนาม ที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

การศึกษาครั้งนี้จะสำเร็จไม่ได้ หากไม่ได้รับการสนับสนุนและกำลังใจอันดีจากครอบครัวผู้วิจัย ตลอดจนผู้เขียนหนังสือและบทความต่าง ๆ ที่ให้ความรู้แก่ผู้วิจัย จนสามารถทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยดี

กอบกาญจน์ เกี๋ยงมะนา

สารบัญ

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

สารบัญตาราง

สารบัญภาพ

สารบัญภาพ

สารบัญภาพ

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การดำรงชีวิตในปัจจุบัน พลังงานถือว่าเป็นส่วนสำคัญของการดำรงชีวิต มีความสำคัญในการพัฒนาประเทศ และปัญหาการขาดแคลนพลังงานบางชนิดเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อการพัฒนาประเทศ แม้กระทั่งในระดับโลก ไม่ว่าจะเป็นพลังงานความร้อน พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานหลักที่มนุษย์ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ล้วนเป็นพลังงานที่ได้จากการใช้น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งในปัจจุบันจะเห็นว่าราคาน้ำมันของโลกนั้นผกผันตามเศรษฐกิจ สงคราม และทรัพยากรที่ใกล้จะหมดไป ทำให้ในตอนนี้น้ำมันเป็นพลังงานที่มีราคาแพงไม่คุ้มค่าต่อการนำมาเป็นพลังงานหลักในการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การคมนาคม การใช้ในธุรกิจยานยนต์ หรือแม้แต่การผลิตกระแสไฟฟ้า และแม้ว่าการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยน้ำจะนิยมใช้เพื่อเป็นการลดปัญหาที่เกิดขึ้น แต่ก็ยังไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพียงพอต่อการใช้งาน ทำให้มนุษย์พยายามที่จัดตั้งองค์กรต่าง ๆ เพื่อตระหนักถึงความสำคัญของการรักษาสมดุลของแหล่งพลังงาน ด้วยเหตุนี้พลังงานหมุนเวียนซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้ไม่หมด สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็น แสงอาทิตย์ ลม น้ำ ความร้อนใต้พิภพ ชีวมวลและก๊าซชีวภาพ รวมถึงผลผลิตและวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร ทั้งสิ้นล้วนสามารถนำมาเป็นพลังงานทดแทนวัตถุดิบเชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าได้ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2554) และหากกล่าวถึงพลังงานไฟฟ้า ในประเทศไทยมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากและมีต้นทุนที่สูงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ทำให้มีการศึกษาและเลือกใช้พลังงานอื่นเข้ามาทดแทน และปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมมีการขยายตัว จำนวนประชากรเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทางเลือกชนิดหนึ่ง ที่คาดว่าสามารถนำมาใช้แทนพลังงานจากเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับความนิยมอย่างมากในการนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านพลังงาน อีกทั้งมีงานวิจัยและนำมาใช้งานจริง เนื่องจากแหล่งพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ คือ ดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียนสามารถใช้ประโยชน์ได้แบบไม่มีวันหมด

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ไม่มีวันหมดและพลังแสงอาทิตย์นอกจากจะใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนได้แล้วยังสามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้าได้โดยตรงอีกด้วย (Al-Alwani, Mohamad, Ludin, Kadhum, and Sopian, 2016) สามารถเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติเป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง และเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในปัจจุบันนั้นคือการใช้เซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งมีหลายประเภท หลักการกำเนิดไฟฟ้าไม่ซับซ้อน ใช้ต้นทุนต่ำเมื่อเทียบกับกับระบบของพลังงานทางเลือกแบบอื่น เซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานที่มนุษย์สร้างขึ้นถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูง คือชนิดรอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำผลึกเดี่ยวซิลิคอน แต่ยังเป็นกระบวนการผลิตที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต ค่าวัสดุ สูงมาก ต้องใช้ธาตุซิลิคอนที่มีความบริสุทธิ์ ส่งผลให้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีราคาแพงเกินไปที่จะใช้ในบ้านเรือนทั่วไป (Chapin, Fuller, and Pearson, 2004) ดังนั้นจึงมีนักวิจัยศึกษาหาแนวทางใหม่ ๆ นอกเหนือจากการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิคอน โดยการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพด้วยหนึ่งในการใช้เทคโนโลยีนั้นคือการใช้โครงสร้างนาโนมาประยุกต์กับเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์ในยุคแรกนั้น มีน้ำหนักมาก ใช้ต้นทุนสูง ต่อมาได้พัฒนาขึ้นโดยลดข้อเสียจากยุคแรก เน้นการออกแบบให้มีน้ำหนักเบาและใช้ต้นทุนต่ำ และในปัจจุบันนั้นได้มีการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นใช้เทคโนโลยีร่วม คือเซลล์แสงอาทิตย์โครงสร้างควอนตัมหรือควอนตัมดอลโซลาร์เซลล์ เป็นโครงสร้างวัสดุขนาดนาโนเมื่อประยุกต์ใช้กับโครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้มีประสิทธิภาพและการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ให้สามารถตอบสนองต่อย่านความยาวคลื่นได้ดีขึ้น (ศิริชัย เรืองเดช, 2548) และหากพูดถึงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้นทุนต่ำ และสามารถทำได้ง่ายจากวัสดุธรรมชาติควบคู่กับเซลล์แสงอาทิตย์ควอนตัม คือเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทชนิดสีย้อมไวแสง

เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน แบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารกึ่งตัวนำซิลิกอน (Si-solar Cells) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารกึ่งตัวนำแบบผสม (Compound Semiconductor Solar Cells) และเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดทางเลือกที่สาม (Third Generation Solar Cells) ได้แก่ เซลล์แสงอาทิตย์จากสารอินทรีย์ (Organics Solar Cells) และเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (Dye-Sensitized Solar Cells: DSSC) หรือเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกนาโนเม็ดสี (วิรัตน์ เจริญบุญ, 2549) ถูกคิดค้นขึ้นในปี ค.ศ. 1991 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ได้รับความสนใจอย่างมากเนื่องจากมีขั้นตอนและกระบวนการผลิตที่ง่าย อีกทั้งยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีส่วนประกอบที่เป็นเม็ดสีทำหน้าที่ดูดกลืนแสงเคลือบอยู่บนผลึกที่มีขนาดนาโนเมตรของสารกึ่งตัวนำของโลหะออกไซด์ ปัจจุบันประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพมากกว่าร้อยละ 10

(O'Regan & Grätzel, 1991) มีหลักการทำงานคล้ายคลึงกับกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ผ่านการถ่ายเทพลังงานของอิเล็กตรอนจากโมเลกุลของสีย้อมไวแสง ซึ่งถูกกระตุ้นจากสถานะพื้นไปที่สถานะกระตุ้นโดยแสงที่มากระทบ แล้วเคลื่อนที่ผ่านสารกึ่งตัวนำที่มีชั้นระดับพลังงานที่สามารถรับอิเล็กตรอนได้ ซึ่งนิยมใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีรูพรุน เป็นทั้งตัวส่งผ่านอิเล็กตรอนและตัวยึดเกาะโมเลกุลสารสี และจากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันพบว่า เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีนาโนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงให้ดียิ่งขึ้นนั้นก็คือ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงแบบควอนตัมดอท

สำหรับวิชาวิทยาศาสตร์และฟิสิกส์นั้นเป็นวิชาที่เกี่ยวกับการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิต หนึ่งในเนื้อหาที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการใช้ชีวิตประจำวัน นั้นก็คือในเรื่องของพลังงานทดแทน และปัญหาส่วนใหญ่ที่นักเรียนไม่สามารถเข้าใจหลักการของการใช้พลังงานมาทดแทน ว่ามีกลไกการทำงานอย่างไรที่เปลี่ยนพลังงาน จากพลังงานหนึ่งไปยังอีกพลังงานหนึ่ง โดยเรียนแต่ในหนังสือเรียน และไม่มีการปฏิบัติร่วมด้วย ส่งผลนักเรียนไม่เข้าใจ จึงไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าหากผู้สอนสามารถใช้ผลของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาในการเรียนมาประยุกต์ใช้จัดกิจกรรมในรูปแบบชุดกิจกรรมการปฏิบัติทดลองในชั้นเรียนจะส่งผลให้นักเรียนเข้าใจหลักการ ความเป็นมา ทำให้สามารถเชื่อมโยงความรู้ ความเข้าใจของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพในการเรียนรู้และนำไปประยุกต์ใช้ได้

ในท้องถิ่นของจังหวัดในภาคเหนือ มีความหลากหลายทางชีวภาพ ใบหูกวาง ทองกวาว และอัญชันเป็นพืชที่หาได้ง่าย ให้สารสีต่างกัน มีสารกลุ่มแอนโทไซยานิน และแคโรทีนอยด์ สารดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ โดยผู้วิจัยมีความสนใจนำสารสกัดสีจากพืชดังกล่าวมาใช้เพื่อเป็นสีย้อมของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติ ศึกษาผลและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อเปลี่ยนสารสีแล้ว และใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่มีอัตราส่วนความเข้มข้นในการเกิดปริมาณควอนตัมดอทที่ดีที่สุดด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมี เพื่อสร้างองค์ความรู้กระบวนการคิดและยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาผลของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสังเคราะห์ด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมี
2. เพื่อยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมี

2. ได้ผลของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท

3. ได้เผยแพร่ความรู้จากการศึกษาผลเหล่านี้เพื่อประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อยกระดับการเรียนรู้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

4. นำองค์ความรู้ใหม่และกระบวนการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงไปเผยแพร่ให้กับสถานศึกษาและชุมชนในเขตอำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงรายและจังหวัดใกล้เคียง

5. งานวิจัยนี้สามารถเป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยเรื่องเซลล์อาทิตย์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ทางด้านการผลิตต่อไป

สมมติฐานการวิจัย

1. อัตราส่วนความเข้มข้นที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมีจากลวดไทเทเนียมทำให้เกิดปริมาณควอนตัมดอทที่แตกต่างกัน และสารสกัดจากสีของพืชท้องถิ่นแต่ละชนิดส่งผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

2. นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ผ่านการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการปฏิบัติผลของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสังเคราะห์ด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมียกระดับการเรียนรู้ทักษะกระบวนการคิดและผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี โดยใช้แท่งไททาเนียมสองแท่งเป็นขั้วไฟฟ้า มีสารละลายกรดซิตริก และโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยมีการใช้อัตราส่วนที่แตกต่างกัน

1.1 การสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอต ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี

1.2 ศึกษาอัตราส่วนที่แตกต่างกันของกรดซิตริกกับโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์

1.3 ศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

2. ศึกษาและเปรียบเทียบผลของการสกัดสีของพืชในท้องถิ่นแต่ละชนิด สารสกัดจากสีของพืชในท้องถิ่นในการทดลอง ประกอบด้วย ทองกวาว อัญชัน ใบหูกวางและเซลล์แสงอาทิตย์เป็นชนิดสีย้อมไวแสง

ศึกษาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายสีย้อมจากพืชในท้องถิ่นชนิดต่าง ๆ

3. ศึกษากระบวนการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง โดยประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงเพื่อวัดค่าประสิทธิภาพการแปลงพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์

4. ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมผลของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง คืออุปกรณ์สำหรับการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนให้เป็นกระแสไฟฟ้า ผ่านการถ่ายเทพลังงานของอิเล็กตรอนจากโมเลกุลของสีย้อมไวแสง ซึ่งถูกกระตุ้นจากสถานะพื้นไปที่สถานะกระตุ้นโดยแสงที่มากระทบ แล้วเคลื่อนที่ผ่านสารกึ่งตัวนำที่มีชั้นระดับพลังงานที่สามารถรับอิเล็กตรอนได้

2. ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) คือสารกึ่งตัวนำและเซรามิก มีคุณสมบัติเฉพาะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง (Photocatalyst) เมื่ออนุภาคไทเทเนียมมีขนาดเล็กลงจนถึงระดับนาโนทำให้สัดส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรเพิ่มขึ้นมาก และสมบัติสำคัญหลายประการ การสังเคราะห์อนุภาคนาโนไทเทเนียมด้วยเทคนิคต่าง ๆ เช่น เชิงเคมี เชิงกล หรือใช้ความร้อนสูง ในงานวิจัยนี้ใช้แท่งไทเทเนียมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยวิธีการเซลล์ไฟฟ้าเคมี

3. ควอนตัมดอทโซลาร์เซลล์ คือเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้จุดควอนตัมเป็นวัสดุไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ เมื่อเทียบกับวัสดุส่วนใหญ่ที่รู้จักกันดีอย่าง เช่น ซิลิคอน คอปเปอร์ อินเดียม แกลเลียมเซเลไนด์ (Copper Indium Gallium Selenide: CIGS) หรือ CdTe ควอนตัมดอทมีแถบช่องว่าง (Bandgaps) ที่มีไว้สำหรับปรับแต่งในหลากหลายช่วงกว้างของระดับพลังงานโดยการเปลี่ยนแปลงขนาดของควอนตัมดอท

4. อิเล็กโทรไลต์ คือสารละลายระหว่างกรดซิตริก กับโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์

5. ยกระดับการเรียนรู้ คือการยกระดับการเรียนรู้ทักษะกระบวนการคิดและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาผลของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสังเคราะห์ด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมี เพื่อยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง หลักการทำงาน โครงสร้าง การพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ควอนตัมดอท โดยมีแนวคิดและทฤษฎีบางประการที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ไทเทเนียมไดออกไซด์
2. ควอนตัมดอทหรือจุดควอนตัม
3. ไททาเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท
4. รงควัตถุ
5. เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง
6. ชุดกิจกรรม
7. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ไทเทเนียมไดออกไซด์

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium Dioxide: TiO_2) เป็นสารประกอบออกไซด์ของโลหะไทเทเนียมซึ่งอยู่ในกลุ่มโลหะทรานซิชันไทเทเนียมไดออกไซด์ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในการนำมาประยุกต์สำหรับการใช้งานด้านต่าง ๆ เนื่องจากมีคุณสมบัติพิเศษที่เป็นประโยชน์หลายอย่างโดยเฉพาะอย่างยิ่งไทเทเนียมไดออกไซด์ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในด้านการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell) และเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาโฟโตคะตาไลซิส (Photocatalysis) เป็นต้นนอกจากนี้ไทเทเนียมไดออกไซด์ยังสามารถนำมาใช้ในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงแบบปกติ (ไม่ใช้แสง) ได้ดีอีกด้วยซึ่งกระบวนการที่ใช้ไทเทเนียม

ไดออกไซด์ในการเร่งปฏิกิริยา เช่น การกำจัดสารประกอบออกไซด์ของไนโตรเจนการกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย (เช่น ไดออกซิน, สารประกอบคลอรีน) เป็นต้น (ศรัญญู ชัยวิเชียร, 2555)

ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นสารประกอบออกไซด์ของโลหะไททาเนียม ที่ถูกนำมาใช้มากในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ เนื่องจากมีความเสถียรสูง ไม่เป็นพิษ และราคาถูก มีชื่อทางการค้า คือ ไททาเนียมไดออกไซด์ (Titaniumdioxide) ไททานิกแอนไฮไดร (Titanic Anhydride) และไททาเนีย (Titania)

ไททาเนียมเป็นแร่ที่ถูกค้นพบครั้งแรกเมื่อ ค.ศ. 1791 ในเหมืองแร่เหมืองคอร์นวอลล์ ประเทศอังกฤษ โดยนักธรณีวิทยาชื่อวิลเลียม เกรเกอร์ (William Gregor) ใช้สัญลักษณ์แทนคือ Ti มีเลขอะตอม 22 มีคุณสมบัติแข็งแรง ทนต่อสภาพกัดกร่อนของคลอรีน น้ำทะเล และกรด-ด่าง ได้ดี ไททาเนียมไดออกไซด์โดยธรรมชาติจะพบน้อยมาก ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแร่อิลเมไนต์ (Ilmenite) หรือ ลิวโซซีน (Leuxocene) โดยทำให้บริสุทธิ์ได้โดยวิธีรูไทล์ บีช แซนด์ (Rutile Beach Sand) มีคุณสมบัติเฉพาะ คือ มวลโมเลกุล 79.9 กรัม/โมล, ความหนาแน่น 3.84-4.26 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร, จุดเดือด 2,500 องศาเซลเซียส, จุดหลอมเหลว 1,850 องศาเซลเซียล, ไม่ละลายน้ำ มีคุณสมบัติทางกายภาพ และเชิงกล คือสถานะภาพเป็นของแข็งสีขาว, พื้นที่ผิว 50 ตารางเมตร/กรัม, ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 20 นาโนเมตร, ความหนาแน่น 130 กรัม/ลิตร, ความถ่วงจำเพาะ 0.7 กรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร, Modulus of Rupture 140 MPa, กำลังแรงกด 680 MPa, Poisson's Ratio 0.27, Fracture Toughness 3.2 $Mpa.m^{-1/2}$, Shear Modulus 90 GPa, Modulus of Elasticity 230 GPa, Microhardness (HV0.5) 880, ค่าความต้านทาน (Resistivity, 25°C) 1012 ohm.cm, ค่าความต้านทาน (Resistivity, 700°C) 2.5×10^{4} ohm.cm, Dielectric Constant (1MHz) 85, Dissipation factor (1MHz) 5×10^{-4}, Dielectric strength 4 $kVmm^{-1}$, Thermal expansion (RT-1000°C) 9 x 10^{-6}, Thermal Conductivity (25°C) 11.7 WmK^{-1}

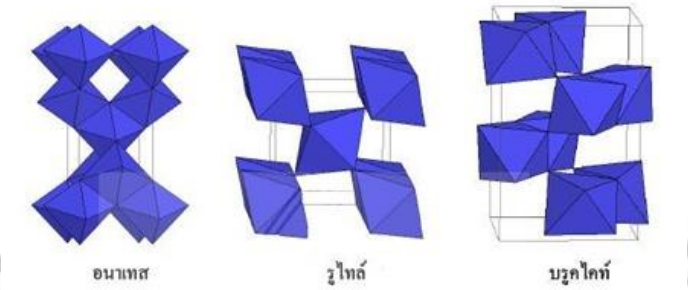
1. ชนิดไททาเนียมไดออกไซด์

ชนิดไททาเนียมไดออกไซด์ แบ่งตามโครงสร้างของผลึก ได้แก่

1.1 รูไทล์ (Rutile) มีโครงสร้างผลึกแบบเททระโกนัล (Tetragonal) เป็นชนิดที่พบมากที่สุดในธรรมชาติ มีความคงทน และเสถียรต่อการเปลี่ยนแปลงต่ออุณหภูมิที่สูง

1.2 อนาเทส (Anatase) มีโครงสร้างผลึกแบบเททระโกนัล (Tetragonal) เป็นชนิดที่พบในธรรมชาติปานกลาง หากให้ความร้อนสูงกว่า 915 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเป็นแบบรูไทล์

1.3 บรูคไคท์ (Brookkite) มีโครงสร้างผลึกแบบออร์โทรอมบิก (Orthorhombic) เป็นชนิดที่พบได้น้อยในธรรมชาติ มีความเสถียรต่ออุณหภูมิต่ำ หากได้รับความร้อนมากกว่า 750 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเป็นแบบรูไทล์



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างผลึกแบบอะนาเทส (Anatase), รูไทล์ (Rutile) และบรุ๊คไคท์ (Brookite)

ที่มา: Ruzycki, Herman, Boatner, and Diebold, 2003

นาโนไททาเนียมไดออกไซด์

เป็นการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากไททาเนียมไดออกไซด์ เพื่อทำให้เกิดแผ่นฟิล์มบาง ๆ ของไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีต่าง ๆ คือ

1. วิธีสปัตเตอริ่ง (Sputtering) เป็นการให้ศักย์ไฟฟ้าแก่ก๊าซ Ar+ ทำให้อิออน Ar+ วิ่งเข้าชนกับแผ่นไททาเนียม จนอะตอมของไททาเนียมหลุดออกไปทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วฝังติดบนแผ่นฐานรองจนเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ

2. วิธีโกล์วดิสชาร์จ (Glow Discharge) เป็นวิธีการให้ศักย์ไฟฟ้าแก่พลาสมาของไททาเนียม ทำให้อะตอมไททาเนียมหลุดออกไปทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และจับตัวในตำแหน่งที่ต้องการ

3. วิธีการตกเคลือบด้วยไอเคมี (Chemical Vapor Deposition: CVD) เป็นวิธีให้ความร้อนแก่ไททาเนียมจนเกิดไอของไททาเนียมเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้เป็นไททาเนียมไดออกไซด์รวมตัวกันในตำแหน่งที่ต้องการ

2. ประโยชน์ของไททาเนียมไดออกไซด์

ปัจจุบันไททาเนียมไดออกไซด์ที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์มาก มักใช้ในรูปของผลึกแบบรูไทล์ (Rutile) ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมในด้านต่าง ๆ ซึ่งพบมากในธรรมชาติ ส่วนชนิดอนาเทส (Anatase) นิยมใช้ในกระบวนการใช้แสงขั้นสูง การนำมาใช้ประโยชน์เกี่ยวข้องกับด้านต่าง ๆ ได้แก่

2.1 ใช้สำหรับสารให้สี

อุตสาหกรรมสีที่เกี่ยวข้อง มักใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นส่วนผสมของสีทาบ้าน ด้วยคุณสมบัติให้สารสีขาว สามารถดูดกลืน และหักเหช่วงแสงที่ตามนุษย์มองเห็นได้สูง ขนาดอนุภาคเล็ก มีความยืดหยุ่นสูงทำให้ปกปิดรอยร้าว รอยตำหนิได้ดี และทนต่อสภาพความเป็นกรด-ด่าง ทนต่อแสง และความร้อน รวมถึงใช้เป็นส่วนผสมของสีสำหรับงานพิมพ์ งานศิลปะ เนื่องจากมีคุณสมบัติให้สีขาวสว่าง

2.2 ใช้เป็นสารเคลือบผลิตภัณฑ์

มักใช้เป็นสารเคลือบในอุตสาหกรรมต่าง ๆ อาทิ อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมแก้ว กระจก อุตสาหกรรมผลิตกระเบื้อง การผลิตสุขภัณฑ์ การผลิตเซรามิก อุตสาหกรรมโลหะสำหรับการเคลือบผิวโลหะ อุตสาหกรรมกระดาษสำหรับการเคลือบกระดาษเพื่อลดการทะลุผ่านของแสง ด้วยคุณสมบัติที่สามารถยึดเกาะ และเคลือบติดผิวได้ง่าย มีความทนทานต่อการกัดกร่อน รวมถึงคุณสมบัติที่กล่าวในข้างต้น นอกจากนั้น การใช้ไททาเนียมไดออกไซด์สำหรับเคลือบผิวผลิตภัณฑ์สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิต และลดน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ได้อีกทาง

2.3 เป็นสารกึ่งตัวนำผลิตกระแสไฟฟ้า

การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์นิยมใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า

2.4 ใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้ามักใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้า ด้วยคุณสมบัติมีค่าคงที่ทางไฟฟ้า และค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง

2.5 ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง

เครื่องสำอางบางยี่ห้อมีการใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นส่วนผสมสำหรับทำหน้าที่ให้ผงละเอียดสีขาว มีคุณสมบัติทึบแสง สามารถสะท้อนและหักเหแสงได้สูง และสะท้อนรังสียูวีได้ดี ไม่เป็นอันตรายต่อผิว ผลิตภัณฑ์ที่พบใช้เป็นส่วนผสมมาก ได้แก่ ครีมบำรุงผิว ครีมกันแดด แป้งรองพื้น และทาทับ เป็นต้น

2.6 ใช้ในด้านการบำบัดมลพิษ

2.6.1 ใช้เป็นสารดูดซับ โดยใช้งานในด้านการบำบัดมลพิษทางอากาศ และมลพิษทางน้ำ ทำหน้าที่เป็นสารตัวดูดซับมลพิษ

2.6.2 ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสังเคราะห์แสง

ไททาเนียมไดออกไซด์เมื่อได้รับแสง และความร้อน จะแตกตัวให้สารและรังสีที่มีคุณสมบัติหลายประการที่สามารถกำจัดของเสียหรือมลพิษในน้ำ และอากาศ รวมถึงการกำจัด และต้านเชื้อจุลินทรีย์ โดยมีกลไก ดังนี้

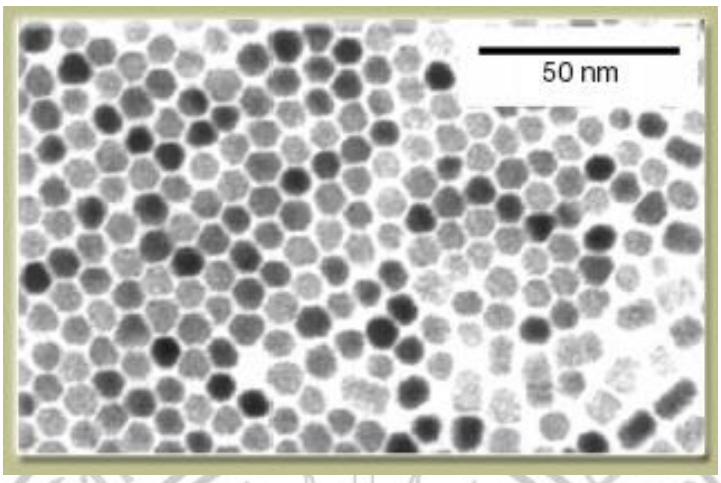
สำหรับการต้านเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อแผ่นนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ได้รับแสงจะปลดปล่อยไฮดรอกซิล แรดิคัล (OH^+) และซุปเปอร์ออกไซด์ไอออน (O^{2-}) ออกมาสู่อากาศ และอะตอมดังกล่าวจะเข้าดึงอะตอมไฮโดรเจน และคาร์บอนจากผนังเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ รวมถึงสารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดกลิ่นทำให้จุลินทรีย์ และสารมลพิษต่าง ๆ สลายตัวไป

สำหรับการบำบัดมลพิษทางอากาศ เช่น การกำจัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_x) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ด้วยการผ่านแสงอุลตร้าไวโอเลตในช่วงคลื่น 300-400 นาโนเมตร จะทำให้เกิดอนุภาคข้างต้นเข้าทำปฏิกิริยากับสารมลพิษดังกล่าวทำให้กลายเป็นกรดไนตริก และกรดซัลฟูริก ส่วนสารอินทรีย์ระเหยง่ายจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างกลายเป็นสารอื่นที่มีความเป็นอันตรายน้อยลง

สำหรับบำบัดมลพิษในน้ำ ด้วยการให้แสงแก่แผ่นตัวกลางนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ที่แขวนอยู่ในน้ำ เมื่อได้รับแสงจะเกิดการปลดปล่อยอนุภาคดังที่กล่าวข้างต้นเข้าทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ที่แขวนลอยในน้ำกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ควอนตัมดอทหรือจุดควอนตัม

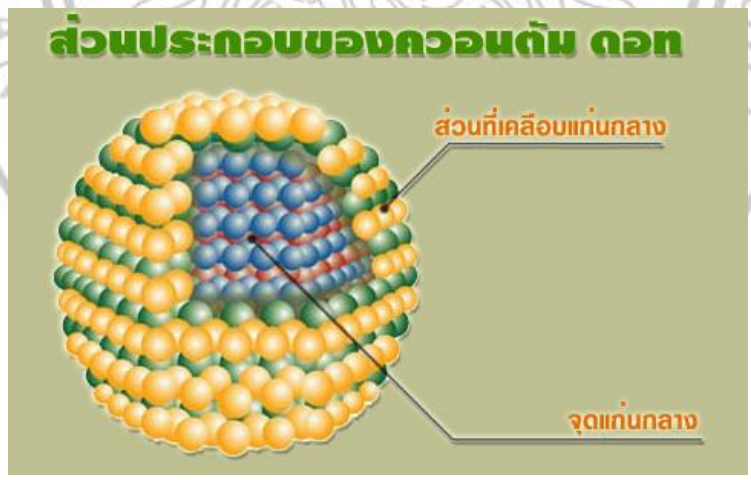
ควอนตัมดอท (Quantum Dot) (หรือบางครั้งก็เรียกว่าจุดควอนตัม) เป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นผลึกนาโน (Nanocrystal) ของสารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) เช่น แคดเมียมเซลิไนด์ (CdSe) และ เลดซัลไฟด์ (PbS) ซึ่งประกอบไปด้วยอิเล็กตรอนจำนวนระหว่าง 100 - 1,000 อิเล็กตรอน และเป็นโครงสร้างนาโนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วงระหว่าง 2 - 10 นาโนเมตร (หรือประกอบไปด้วยอะตอมจำนวนประมาณ 10-50 อะตอม) เมื่อมองโครงสร้างของควอนตัมดอทนี้ผ่านเครื่องมือที่สามารถสำรวจโครงสร้างระดับนาโนได้ จะมองเห็นว่าโครงสร้างนี้มีลักษณะเป็นจุด (dot) จึงเป็นที่มาของโครงสร้างนาโนที่เรียกว่าควอนตัมดอท นี่เอง และเมื่อโครงสร้างของควอนตัมดอทที่ได้จากสังเคราะห์มีขนาดเล็กระดับนาโนนี้ ทำให้โครงสร้างนี้หรือจุดนี้ก็จะแสดงพฤติกรรมภายในอะตอมหรือภายในโมเลกุลแบบควอนตัม (Quantum) ตามหลักการทางฟิสิกส์ควอนตัม (Quantum Physics) (หรือมีสถานะเป็นแบบควอนตัมนั่นเอง) จึงเรียกโครงสร้างนาโนของวัสดุที่มีลักษณะเช่นนี้ว่า ควอนตัมดอท (หรือเรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่าผลึกนาโนของสารกึ่งตัวนำ)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างนาโนของควอนตัมดอทที่เป็นควอนตัมดอทของแคดเมียมเซลิไนด์ (CdSe)

ที่มา: สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2554

ควอนตัมดอทมีขนาดของโครงสร้างที่เล็กมาก โดยถ้าเทียบกับความยาวประมาณ 2 เซนติเมตร ก็เป็นระยะความยาวที่สามารถจัดเรียงโครงสร้างของควอนตัมดอทได้ทั้งสิ้นประมาณ 4,000,000 ดอทด้วยกันควอนตัมดอทเป็นโครงสร้างนาโนที่ได้จากการสังเคราะห์ โดยโครงสร้างระดับนาโนของควอนตัมดอทนี้ ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแกนของควอนตัมดอท (Core Quantum Dot) และส่วนผิวรอบนอกของควอนตัมดอท (Core-Shell Coating)



ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบของควอนตัมดอท

ที่มา: สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2554

ควอนตัมดอท (Quantum Dots: QDs) เป็นที่น่าสนใจอย่างมากในการประยุกต์สร้างเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากมีขนาดเล็กที่สุดและคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์คล้ายอะตอม ทำให้สามารถปรับย่านการดูดกลืนแสงได้ตามขนาด และยังสามารถปรับย่านการดูดกลืนถึงย่านอินฟราเรด โครงสร้าง QDs จำกัดการเคลื่อนที่ของพาหะทุกทิศทาง ซึ่งแตกต่างกับโครงสร้างบัลค์ที่มีอิเล็กตรอนจำนวนมากและสามารถเคลื่อนที่ได้อิสระทุกทิศทาง อย่างไรก็ตามเซลล์แสงอาทิตย์ควอนตัมดอตที่สร้างได้จริงยังมีประสิทธิภาพไม่สูงมากนัก พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบบัลค์ในยุคที่ 1 (สายชล ศรีแป้น, 2558)

ไททาเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท

ไททาเนียมควอนตัมดอท เป็นวัสดุนาโนชนิดหนึ่งที่มีขนาดของอนุภาคประมาณ 5 นาโนเมตร ซึ่งจุดควอนตัมดอทที่ได้จากงานวิจัยนี้มาจากการสังเคราะห์ไททาเนียมไดออกไซด์โดยใช้วิธีไฟฟ้าเคมี ที่ประกอบด้วยลวดไทเทเนียม กรดซิตริกและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์มีโครงสร้างรูปร่างแบบอนาเทส (Anatase) หรือบริสุทธิ์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบเททระโกนัล (Tetragonal) สามารถสังเคราะห์ได้ด้วยวิธีต่าง ๆ มีความเสถียรสูงและความสามารถ ในการนำกลับมาใช้ใหม่ของตัวเร่งแสงในปฏิกิริยา โฟโตแคตาไลติกซ้ำได้ (TDMA, 2012)

รงควัตถุ

โมเลกุลที่มีความสามารถในการดูดกลืนแสงที่มีอยู่ในพืชและสิ่งมีชีวิตนี้คือ รงควัตถุ (Pigment) รงควัตถุที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthetic Pigment) สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ตามลักษณะของโครงสร้างของโมเลกุล ได้แก่

1. Chlorophyll

เป็นรงควัตถุที่พบทั่วไปในพืชและสิ่งมีชีวิตทีมีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โครงสร้างประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นพอร์ไฟริน (Porphyrin-Like Structure) ซึ่งมี Mg^{2+} อยู่ส่วนกลางของโครงสร้าง และส่วนที่เป็นสายยาวของไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic Region) ซึ่งฝังตัวอยู่บนเยื่อเมมเบรน (Photosynthetic Membrane) ในคลอโรพลาสต์

2. Phycobilins

เป็นรงควัตถุที่เป็น Accessory Light-Harvesting Pigments ที่พบใน Cyanobacteria และสาหร่ายสีแดง มีโครงสร้างเป็น Open-Chain Tetrapyrrolesphycobilins ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปมี 3 ชนิด คือ Phycoerythrin (หรือ Phycoerythrobilin) Phycocyanin (หรือ Phycocyanobilin) และ Allophycocyanin

(Allophycocyanobilin) ซึ่งทั้งสามชนิดนี้จะไม่พบในพืชชั้นสูง แต่พบเฉพาะใน Cyanobacteria และสาหร่ายสีแดงเท่านั้น

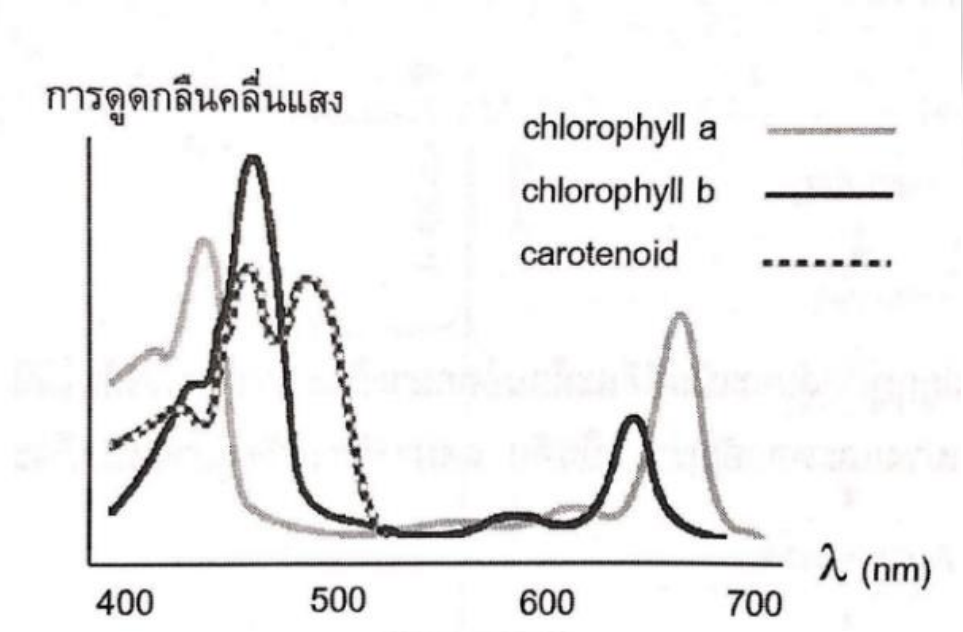
3. Carotenoids

กลุ่มรงควัตถุที่มีสีเหลือง-ส้ม พบทั่วไปในพืชและสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ มีหน้าที่ในการช่วยรับพลังงานแสง Accessory Light-Harvesting Pigment เพื่อการสังเคราะห์ด้วยแสง และทำหน้าที่ในการป้องกันอันตรายจากแสง (Photoprotective Agents)

โครงสร้างหลักของรงควัตถุกลุ่มนี้คือ การเป็นสายไฮโดรคาร์บอน ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 40 อะตอม ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มย่อยคือ Carotenes และ Xanthophylls

Carotenes เป็นรงควัตถุที่มีสีส้ม หรือส้ม-แดง เป็นสายยาวของไฮโดรคาร์บอน ส่วน Xanthophyll มีสีเหลือง หรือส้ม-เหลือง ซึ่งนอกจากจะประกอบด้วยสายยาวของไฮโดรคาร์บอนแล้ว ยังมี O เป็นองค์ประกอบอีกด้วย ซึ่ง Xanthophylls มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับระดับ Oxidation ของโมเลกุล

โดยรงควัตถุแต่ละชนิดจะมีความสามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (จิรัสย์ เจนพาณิชย์, 2558)

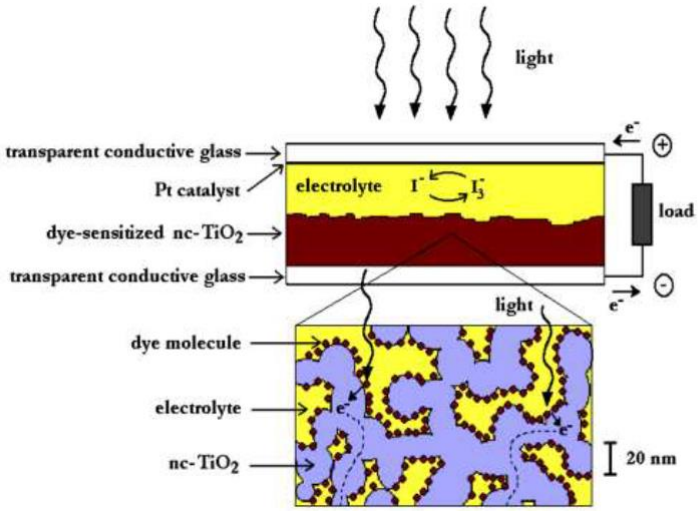


ภาพที่ 2.4 ค่าการดูดแสงในแต่ละความยาวคลื่นของรงควัตถุที่แตกต่างกัน

ที่มา: ชีววิทยาสำหรับนักเรียนมัธยมปลาย, 2558

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

เป็นอุปกรณ์สำหรับการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นกระแสไฟฟ้าที่สร้างขึ้นจากสารกึ่งตัวนำแล้วย้อมด้วยสารไวแสง มีสารส่งผ่านประจุหรือเรียกว่า อิเล็กโทรไลต์ และขั้วไฟฟ้า โดยสามารถแปลงพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานไฟฟ้าได้สูงสุดถึง 10 เปอร์เซนต์ ปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงกำลังได้รับความสนใจในด้านวิชาการและด้านพาณิชย์เชิงการค้า เนื่องจากมีราคาถูกกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นจากสารกึ่งตัวนำซิลิกอนที่มีขายอยู่ในปัจจุบัน (ชานุ โพธิพิทักษ์, 2556)



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

ที่มา: Halme, 2002

1. โครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

โครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงที่สำคัญ ประกอบด้วย

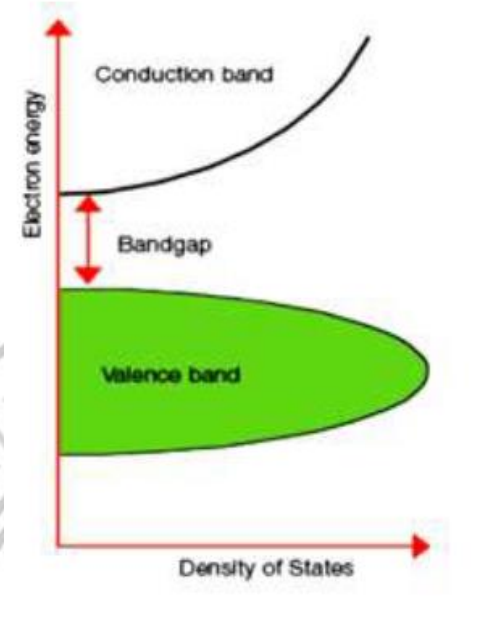
1) ขั้วกระจกนำไฟฟ้า (Transparent Conducting Oxide Glass: TCO glass) มี 2 ขั้ว ประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าแอโนด (Anode) และขั้วไฟฟ้าแคโทด (Cathode) โดยขั้วไฟฟ้าแอโนด เป็นขั้วไฟฟ้าโปร่งแสง เป็นส่วนประกอบไว้สำหรับให้แสงผ่านและทำหน้าที่ถ่ายโอนอิเลคตรอนออกนอกเซลล์ มีลักษณะเป็นฟิล์มบางเคลือบอยู่ด้านบนกระจกเพื่อเป็นขั้วไฟฟ้า ส่วนขั้วไฟฟ้าแคโทดหรือขั้วไฟฟ้าตรงข้าม (Counter Electrode) จะทำหน้าที่ถ่ายโอนอิเลคตรอนกลับคืนเข้ามายังเซลล์ ซึ่งนิยมใช้โลหะแพลทินัมหรือแกรไฟต์เคลือบอยู่บนกระจกเป็นขั้วไฟฟ้านี้

ฟิล์มบางออกไซด์นำไฟฟ้าโปร่งแสงเป็นฟิล์มบางที่นำมาใช้กันมากในอุปกรณ์สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic Device) เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ที่แสดงผลอย่าง

รวดเร็ว (Flat Display Solar Cell) และอื่น ๆ ซึ่งฟิล์มชนิดนี้เป็นฟิล์มที่มีสมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติทางแสงที่ดีควบคู่กันโดยฟิล์มต้องมีคุณสมบัตินำไฟฟ้าได้ดีและแสงสามารถทะลุผ่านได้มาก ดังนั้นการเลือกสารตั้งต้นเพื่อนำมาเตรียมฟิล์มต้องพิจารณาคุณสมบัติทั้งสองข้อนี้เป็นสำคัญโดยทั่วไปสารที่จะนำมาใช้ควรเป็นสารที่มีแถบช่องว่างพลังงานสูง สภาพต้านทานต่ำ และแสงสามารถทะลุผ่านได้ดีซึ่งฟิล์มบางที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ ฟิล์มบางทินออกไซด์ (SnO_2) ฟิล์มบางอินเดียมออกไซด์ (In_2O_3) อินเดียมทินออกไซด์ (ITO) และฟิล์มบางทินออกไซด์เจือด้วยฟลูออรีน (FTO) เป็นต้น (สรรเพชญ นิลผาย, 2551)

2) อนุภาคโลหะออกไซด์เป็นสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างตัวนำและฉนวน เป็นวัสดุที่นิยมใช้ทำอุปกรณ์ทางอิเลคทรอนิกส์มักมีเจอเมเนียม (Germanium) ซีลีเนียม (Selenium) และซิลิกอน (Silicon) ฯลฯเป็นตัวประกอบมีลักษณะเป็นผลึกเนื้อแข็งพวกหนึ่งที่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำ หรือสื่อทางไฟฟ้าที่ก่ำกึ่งระหว่างโลหะกับอโลหะหรือฉนวน ความเป็นตัวนำไฟฟ้าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความไม่บริสุทธิ์ของสารซึ่งวัสดุพวกนี้จะทำหน้าที่เป็นชั้นให้โมเลกุลของสีย้อมไวแสงยึดเกาะรวมทั้งรับอิเลคตรอนจากสีย้อมและส่งผ่านอิเลคตรอนไปยังขั้วแอโนด จึงควรเป็นอนุภาคที่มีพื้นที่ผิวมากและนำอิเลคตรอนได้ดี นิยมใช้อนุภาคของโลหะออกไซด์ที่มีแถบช่องว่างพลังงานกว้างมากกว่า2.50 - 4.00 อิเลคตรอนโวลต์ (Electron Volt: eV) เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) และทินออกไซด์ (SnO_2) เป็นต้น (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2558)

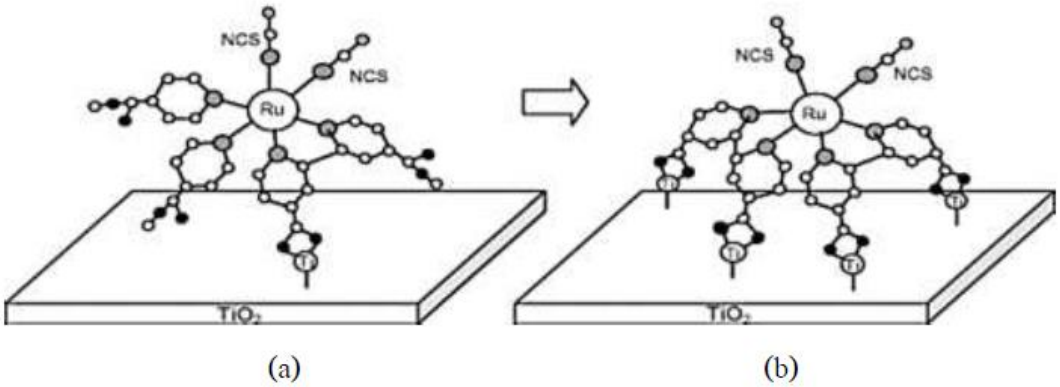
ลักษณะแถบช่องว่างพลังงาน (Energy Band Gab: Eg) โดยทั่วไปจะประกอบด้วยแถบวาเลนซ์ (Valence Band: VB) และแถบการนำไฟฟ้า (Conduction Band: CB) มีช่องว่างพลังงาน (Energy Gab) ที่มีความกว้างไม่เกิน 4 อิเลคตรอนโวลต์ กั้นระหว่างแถบทั้งสองนี้ หน่วยของพลังงานอิเลคตรอนโวลต์ (eV) หมายถึง พลังงานที่ใช้งานในการทำให้อิเลคตรอนหนึ่งตัววิ่งผ่านสนามศักย์ไฟฟ้า 1 โวลต์ เมื่ออิเลคตรอนที่อยู่ในแถบวาเลนซ์อิเลคตรอนได้รับพลังงานมากพอจะสามารถข้ามช่องว่างพลังงานไปยังแถบการนำและทำให้เกิดการนำกระแสได้



ภาพที่ 2.6 แถบช่องว่างพลังงานของสารกึ่งตัวนำ
ที่มา: Dharma & Pisal, 2009

3) สีย้อมไวแสง (Dye - sensitized) เป็นส่วนประกอบที่เป็นที่มาของชื่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงโดยยึดเกาะอยู่ที่ผิวของอนุภาคโลหะออกไซด์หรืออนุภาคสารกึ่งตัวนาด้วยพันธะแบบโควาเลนซ์ (Covalent Bond) จะทำหน้าที่ดูดกลืนแสงอาทิตย์ทำให้อิเลคตรอนถูกกระตุ้นแล้วส่งผ่านอิเลคตรอนไปยังอนุภาคโลหะออกไซด์ สีย้อมไวแสงที่ดีควรมีคุณสมบัติดูดกลืนแสงได้มากในหลายช่วงความยาวคลื่น มีความเสถียรและยึดเกาะบนผิวของอนุภาคโลหะออกไซด์ได้ดี สีย้อมที่นิยมใช้ เช่น สีย้อมไวแสงจำพวกสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะรูทีเนียม (Ruthenium Complexes: Ru) เช่น N 719 และอีโอซินวาย (Eosin Y) หรือสารสี (Pigment) จากพืช เช่น คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) และแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นต้น ซึ่งสีย้อมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง เนื่องจากทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดอิเลคตรอนให้กับเซลล์ เมื่อสีย้อมได้รับพลังงานจากแสงโมเลกุลของสีย้อมที่อยู่ระดับพลังงานออร์บิทอลสูงสุดที่มีอิเลคตรอนของสีย้อมอยู่ (Highest Occupiedmolecular Orbital: HOMO) จะถูกกระตุ้นให้ไปอยู่ที่ระดับพลังงานออร์บิทอลต่ำสุดที่ไม่มีอิเลคตรอนอยู่ (Lowest Unoccupied Molecular Orbital: LUMO) จากนั้นอิเลคตรอนจากตัวรับแสงจะถูกฉีดเข้าไปในชั้นแถบนำไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำในการเลือกสีย้อมนั้นจำเป็นต้องเลือกสีย้อมที่เหมาะสมกับสารกึ่งตัวนำโดยต้องเลือกสีย้อมที่มีระดับพลังงานออร์บิทอลต่ำสุดที่ไม่มีอิเลคตรอน อยู่ให้สูงกว่าชั้นแถบนำไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำแต่ถ้าเลือกสารกึ่งตัวนำที่มีชั้นแถบนำไฟฟ้าที่สูงกว่าระดับพลังงานออร์บิทอลต่ำสุดที่ไม่มีอิเลคตรอนของ

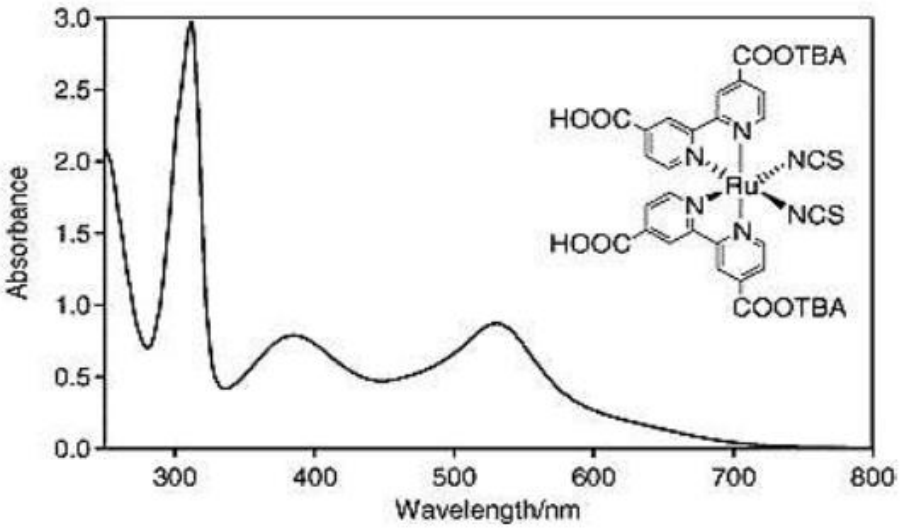
สีย้อมอยู่ อิเลคตรอนจากสีย้อมในสถานะกระตุ้นไม่สามารถฉีดเข้าไปในชั้นแถบนำไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำได้ (สรรเพชญ นิลผาย, 2551)



ภาพที่ 2.7 การยึดเกาะกันระหว่างสารกึ่งตัวนำและสีย้อม N 719 (a) การการยึดเกาะกันระหว่างสารกึ่งตัวนำและ N 719 เมื่อไม่มีสารอิเล็กโทรไลต์ (b) การยึดเกาะกันระหว่างสารกึ่งตัวนำและ N 719 เมื่อมีสารอิเล็กโทรไลต์

ที่มา: Electrochemical and Solid - State (ECS), 2015

ในรูปแบบของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงมีหลักการทำงานคล้ายคลึงกับกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช เซลล์แสงอาทิตย์แบบนี้จะใช้เม็ดสีย้อมทำหน้าที่เป็นตัวดูดกลืนแสงซึ่งสีย้อมมาตรฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและที่นามาใช้ในงานวิจัยนี้คือสีย้อม (N 719) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะรูทีเนียม (Ru) และมีสเปคตรัมการดูดกลืนแสงที่เหมาะสม ซึ่งการใช้สารกึ่งตัวนำของโลหะออกไซด์ เช่น ไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีลักษณะเป็นรูพรุนและมีขนาดอยู่ในระดับนาโนเมตร จะใช้ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าทางแสงเพื่อรับอิเลคตรอนจากเม็ดสีย้อม (สำนักงานกลางศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์, 2557)



ภาพที่ 2.8 สูตรโครงสร้างเคมีและสเปคตรัมการดูดกลืนแสงของสีย้อมมาตรฐาน N 719
ที่มา: Wang et al., 2004

4) สารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) เป็นชั้นส่งผ่านประจุที่มักอยู่ในรูปของเหลวทำหน้าที่รับอิเลคตรอนจากขั้วแคโทดเพื่อชดเชยอิเลคตรอนให้กับโมเลกุลสีย้อมไวแสงโดยอาศัยปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox) (อธิป เพ็งพัด, 2553)

ปฏิกิริยารีดอกซ์ คือ ปฏิกิริยาเคมีที่มีการแลกเปลี่ยนอิเลคตรอนระหว่างสารตั้งต้นทำให้เลขออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงไปซึ่งจะทำให้มีอะตอมของธาตุบางตัวสูญเสียหรือได้รับอิเลคตรอนจะเรียกปฏิกิริยาที่เกิดการเสียอิเลคตรอนว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) และเรียกปฏิกิริยาที่มีการรับอิเลคตรอนว่า ปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction) ตัวอย่างเช่น

ปฏิกิริยารีดักชัน $Cu^{2+}(aq) + 2e^{-}$ $Cu(s)$

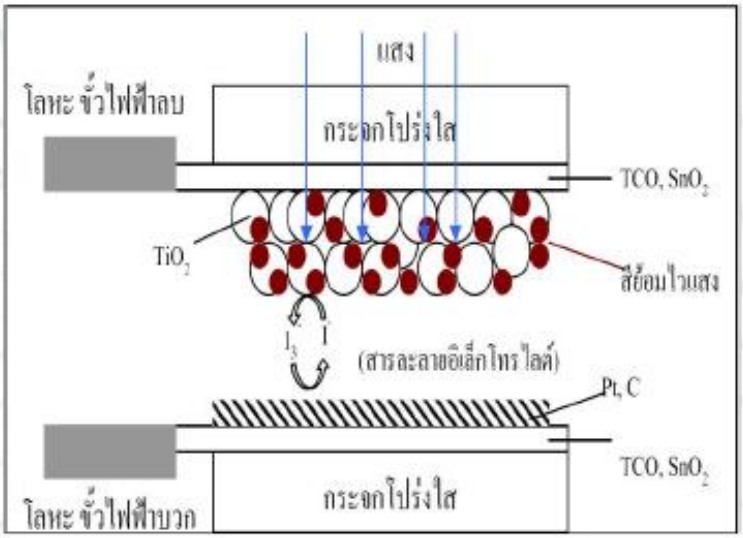
ปฏิกิริยาออกซิเดชัน $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^{-}$

ปฏิกิริยารีดอกซ์ $Cu^{2+}(aq) + Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

(สำราญ พฤกษ์สุนทร, 2544)

5) ชั้นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyte) ส่วนมากจะใช้โลหะแพลทินัม(Pt) เคลือบบนกระจก FTO ที่ขั้วแคโทด ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นและลดศักย์ไฟฟ้าที่มากเกินไปในรูปปฏิกิริยา Tri-iodide กับ Iodide (I-3 + 2e-3I-) โดยจะรับอิเล็กตรอนจากวงจรภายนอกมาส่งให้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ เพื่อส่งอิเล็กตรอนคืนให้สีย้อมไวแสงเมื่อแสงส่องผ่านมากระทบสีย้อมไวแสง

อิเล็กตรอนในโมเลกุลสีย้อมไวแสงที่ถูกกระตุ้นไปที่ระดับพลังงานสูงจะส่งกระแสไฟฟ้าขั้วลบผ่านผลึกไทเทเนียมไดออกไซด์ที่สีย้อมไวแสงเคลือบอยู่แล้วเคลื่อนไปสู่ขั้วไฟฟ้าใต้แผ่นกระจกด้านรับแสงจึงให้กระแสไฟฟ้าขั้วลบ เมื่อผ่านวงจรภายนอกแล้วเคลื่อนผ่านเข้ามาบนกระจกนำไฟฟ้าด้านล่างชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาจะส่งอิเล็กตรอนผ่านสารละลายอิเล็กโทรไลต์และกลับสู่สีย้อมไวแสง ดังรูปที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

2. กระบวนการทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

โดยทั่วไปแล้ว เซลล์แสงอาทิตย์จะมีการทำงานอยู่ 3 กระบวนการ คือ การดูดกลืนของแสง การแปลงพลังงานแสงให้เป็นอิเล็กตรอนและการรวบรวมกระแสไฟฟ้า

1) การดูดกลืนแสง (Absorption) เป็นกระบวนการที่ต้องใช้วัสดุที่สามารถดูดกลืนพลังงานแสงได้ดีที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ จากโมเลกุลของสีย้อมไวแสง เช่น คลอโรฟิลล์ แอนโทรไซยานิน คาโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสีย้อมจากธรรมชาติจากส่วนต่าง ๆ ของพืช และเป็นตัวเลือกหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เป็นตัวจับพลังงานแสง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงมาก ต้นทุนในการเตรียมสีย้อมต่ำ เตรียมง่าย ปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2) การแปลงพลังงานแสง (Conversion) เป็นกระบวนการที่ต้องใช้วัสดุที่สามารถนำพลังงานแสงที่ถูกดูดกลืนโดยสีย้อมมาเปลี่ยนให้เป็นกระแสไฟฟ้า(อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ได้) วัสดุนี้เรียกว่า วัสดุเซมิคอนดักเตอร์ เช่น ซิลิคอน ไทเทเนียมไดออกไซด์ เป็นต้น วัสดุนี้จะต้องมีระดับพลังงานที่เหมาะสมเพื่อรับอิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นจากสีย้อม โดยมีขนาดของช่องว่างระหว่าง

แถบเวเลนซ์กับแถบการนำ อยู่ที่ 0.5-3.2 eV ช่วงพลังงานนี้สามารถกระตุ้นอิเล็กตรอนให้ข้ามจากแถบเวเลนซ์ไปยังแถบการนำได้

3) การรวบรวมกระแสไฟฟ้า (Collection) เป็นกระบวนการเก็บหรือรวบรวมอิเล็กตรอนที่เกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างสีย้อมกับวัสดุเซมิคอนดักเตอร์ให้มีการไหลอย่างเหมาะสม จึงเกิดเป็น “กระแสไฟฟ้า” ที่ทำงานได้ซึ่งจะคล้ายคลึงกันกับการสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมีสำหรับปฏิกิริยารีดอกซ์

3. หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

เมื่อแสงตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์โมเลกุลสีย้อมไวแสงที่เกาะบนผิวของอนุภาคโลหะออกไซด์ ตัวอย่างเช่น ไททาเนียมไดออกซ์ จะเกิดการดูดกลืนแสงด้วยพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ($h\upsilon$) ทำให้อิเลคตรอนที่อยู่ในสภาวะพื้น (Ground State: S0) จะถูกเร้าให้ขึ้นไปอยู่ในสภาวะกระตุ้น (Excited State: S*) ดังสมการที่ 3.1 จากนั้นอิเลคตรอนในสภาวะกระตุ้นจะถูกส่งผ่านไปที่แถบการนำไฟฟ้าของอนุภาคโลหะออกไซด์ ดังสมการที่ 3.2 แล้วอิเลคตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านจากสารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์ไปยังขั้วแอโนดแล้วออกสู่วงจรภายนอกเซลล์ กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีอิเลคตรอนเคลื่อนที่ในวงจรภายนอกเซลล์ จากนั้นอิเลคตรอนจะวิ่งกลับเข้าสู่เซลล์ที่ขั้วแคโทด ที่ขั้วนี้มีสารอิเล็กโทรไลต์ (ตัวอย่างเช่น ไอโอไดด์/ไตรโอไดด์) เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์โดยให้อิเลคตรอนกับสีย้อมไวแสงที่สูญเสียอิเลคตรอน (S+) ทำให้โมเลกุลสีย้อมกลับสู่สถานะพื้น (S0) ดังสมการที่ 3.3 ในขณะเดียวกันสารอิเล็กโทรไลต์จะรับอิเลคตรอนจากขั้วแคโทด (ตัวอย่างเช่น โลหะแพลทินัม) ดังสมการที่ 3.4 แต่ในกระบวนการทำงานอาจมีปฏิกิริยาที่ให้ผลเชิงลบประกอบด้วย การรวมกันใหม่ของอิเลคตรอนที่กำลังเข้าสู่แถบการนำไฟฟ้าของอนุภาคโลหะออกไซด์กับสีย้อมไวแสงที่สูญเสียอิเลคตรอนไปทำให้สีย้อมไวแสงกลับสู่สภาวะพื้นโดยไม่มีอิเลคตรอนออกไปนอกเซลล์จึงไม่เกิดกระแสไฟฟ้า ดังสมการที่ 3.5 และการพบกันของอิเลคตรอนที่กำลังเข้าสู่แถบการนำไฟฟ้าของอนุภาคโลหะออกไซด์กับสารอิเล็กโทรไลต์ทำให้สูญเสียอิเลคตรอนที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ ดังสมการที่ 3.6 (Halme, 2002)

$$TiO_2|S^0 + h\upsilon \longrightarrow TiO_2|S^* \quad (3.1)$$

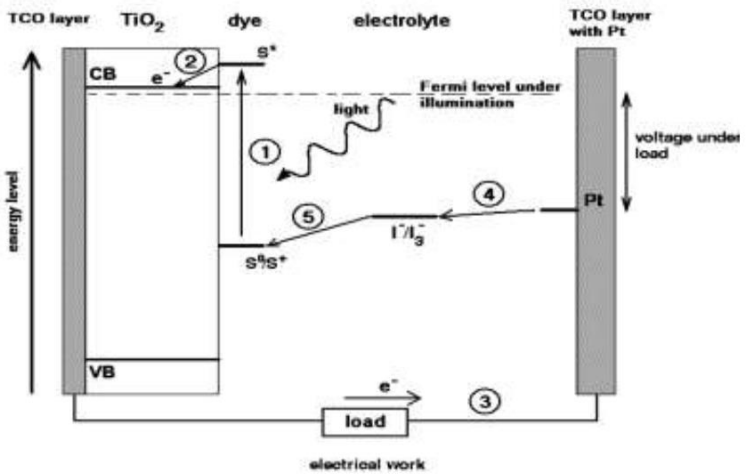
$$TiO_2|S^* \longrightarrow TiO_2|S^+ + e^-(cb) \quad (3.2)$$

$$TiO_2|S^+ + 3/2I^- \longrightarrow TiO_2|S^0 + 1/2I^{3-} \quad (3.3)$$

$$I^{3-} + 2e^-(Pt) \longrightarrow 3I^- \quad (3.4)$$

$$TiO_2|S^+ + e^-(cb) \longrightarrow TiO_2|S^0 \quad (3.5)$$

$$I^{3-} + 2e^-(cb) \longrightarrow 3I^- \quad (3.6)$$



ภาพที่ 2.10 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

ที่มา: Halme, 2002

4. ข้อดีและข้อเสียของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง

ข้อดี

1) ราคาถูก ไม่ต้องใช้พลังงานสูงและสุญญากาศในการผลิตเหมือนแบบซิลิกอน

2) สามารถใช้กับพื้นผิววัสดุที่สามารถยืดหยุ่นได้นอกเหนือจากแก้ว

3) สามารถออกแบบให้มีรูปร่างทางสถาปัตยกรรมเหมาะกับใช้ตกแต่งอาคารบ้านเรือนหรือนำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้

4) มีความคงทนภายใต้สภาวะหนึ่ง ๆ ของแสงที่นานกว่า 10,000 ชั่วโมง

ข้อเสีย

1) มีประสิทธิภาพที่ต่ำจึงทำให้ไม่สามารถเป็นคู่แข่งทางการค้ากับเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิกอนได้

2) เสื่อมสภาพได้ง่ายที่อุณหภูมิสูง

3) ขนาดของการผลิตยังอยู่ในระดับเล็ก (สุภาวดี เกียรติเสวี, 2555)

5. วัสดุสารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์

วัสดุสารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์ (Metal Oxide Semiconductor Materials) เป็นวัสดุที่ใช้ทำขั้วไฟฟ้าแอโนด ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบสำคัญและแกนหลักของเซลล์แสงอาทิตย์ ทำหน้าที่ในการดูซับโมเลกุลของสีย้อมที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวแสง และเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดอิเล็กตรอนจากโมเลกุลสีย้อมไปยังขั้วไฟฟ้า ดังนั้นประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยวแสงและอัตราการขนส่งอิเล็กตรอนจึงขึ้นอยู่กับวัสดุสารกึ่งตัวนำที่ใช้ทำขั้วไฟฟ้าแอโนด (Chen, 2012)

วัสดุสารกึ่งตัวนำควรมีความเสถียรทางเคมีที่ดีและสัมพันธ์ทางอิเล็กทรอนิกส์กับโมเลกุลสีย้อม นอกจากนี้ฟิล์มบางของวัสดุสารกึ่งตัวนำจะต้องมีพื้นที่ผิวมาก มีการกระจายตัวและมีความพรุนสูงสามารถดูดซับหรือเกาะกับโมเลกุลสีย้อมได้ในปริมาณมากและเพื่อให้การแทรกซึมของสารอิเล็กโทรไลต์ผ่านเข้าไปในชั้นของฟิล์มได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ช่องว่างแถบพลังงานต้องกว้างและสอดคล้องกับระดับพลังงานของโมเลกุลสีย้อม เพื่อให้การไหลของโฟโตอิเล็กตรอนจากสีย้อมไปยังแถบการนำไฟฟ้าของวัสดุกึ่งตัวนำเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในบรรดาโลหะออกไซด์โครงสร้างนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เป็นที่นิยมมากเนื่องจากมีช่วงของแถบวงเวเลนซ์และแถบการนำไฟฟ้ากว้าง ไทเทเนียมไดออกไซด์มีช่องว่างแถบพลังงานอยู่ที่ประมาณ 3.2 eV และตำแหน่งของแถบการนำไฟฟ้าประมาณ -0.5 V สามารถรับอิเล็กตรอนได้ง่ายจากสีย้อมไวแสง นอกจากนี้ ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นวัสดุสารกึ่งตัวนำที่เป็นพิษน้อยมาก เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ต้นทุนการผลิตต่ำ จากที่กล่าวมาสรุปข้อกำหนดสำคัญในการนำวัสดุสารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์มาใช้เป็นโฟโตแอโนดสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงดังต่อไปนี้

1) สารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์ควรจะแสดงเสถียรภาพทาทางเคมีที่ดีต่อการสังเคราะห์ ไม่เป็นพิษง่ายต่อการเตรียม มีราคาถูกและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2) สารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์ควรมีพื้นที่ผิวสูง ขรุขระและมีความพรุนมาก ซึ่งจะช่วยให้การดูดซับโมเลกุลของสีย้อมได้มากขึ้น ก่อให้เกิดการเลื่อนไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ได้สะดวกและยังสามารถเชื่อมต่อกับพื้นผิวหน้าของวัสดุที่ใช้ทำเป็นผิว เช่น แก้ว หรือพลาสติก

3) สารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์ต้องมีช่องว่างพลังงานของวัสดุโฟโตแอโนดควรจะตรงกับระดับพลังงานของโมเลกุลของสีย้อมเพื่อการเลื่อนไหลของโฟโตอิเล็กตรอนจากสีย้อมไปยังแถบตัวนำของวัสดุสารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์

4) ขนาดของอนุภาคสารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์ต้องมีสัญฐานวิทยาและมีความเป็นผลึกที่เหมาะสม ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงทิตย์สีย้อมไวแสง

5) สารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์เมื่อถูกเคลือบเป็นโฟโตแอโนดแล้วควรจะโปร่งใสเพื่อหลีกเลี่ยงการดูดซับแสงที่มองเห็น เพื่อเพิ่มปริมาณการเก็บเกี่ยวแสงให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

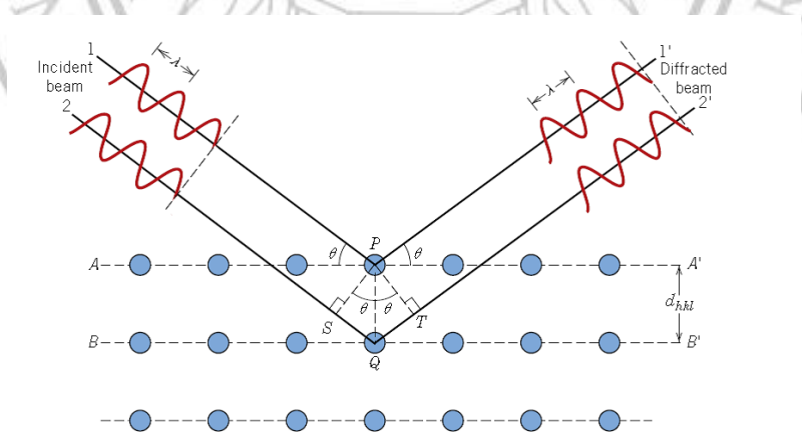
ในปัจจุบันไทเทเนียมไดออกไซด์อนุภาคนาโนยังคงเป็นสารกึ่งตัวนำที่ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงมีประสิทธิภาพรวมสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 2.1 ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดย้อมไวแสง

สารกึ่งตัวนำ	สีย้อมไวแสง	J_{sc}	V_{OC}	η(%)	ความเข้มของแสง (mW/cm^2)
TiO_2	N719	12.0	0.60	7.1	100 (AM1.5)
TiO_2	Black dye	20.5	0.72	10.4	100 (AM1.5)
TiO_2	N3	18.0	0.72	10.0	100 (AM1.5)
TiO_2	A natural cyanin - dye	1.5	0.40	0.56	100 (AM1.5)
SnO_2/ZnO	N3	22.8	0.67	8.0	90 direct sunlight
ZnO	Mercurochrome	7.4	0.52	2.5	99 (AM1.5)
Nb_2O_5	N3	4.9	0.63	2.0	100 (AM1.5)
ZnO	N3	4.2	0.46	2.0	56

6. การวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์

การวิเคราะห์โครงสร้างของผงและฟิล์มไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray Diffraction: XRD) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการศึกษาโครงสร้างผลึก การระบุเฟสของผลึก และระยะห่างของอะตอม ซึ่งการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ถูกกำหนดโดยใช้สมการของแบรกก์ ที่เกี่ยวข้องกับความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับมุมการเลี้ยวเบนและระยะห่างของแลตทิซในโครงสร้างผลึก



ภาพที่ 2.11 การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์โดยระนาบอะตอม

ที่มา: Baron, 2020

เทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ถูกนำมาใช้ในการวิคราะห์เฟส ความเป็นผลึก ขนาดผลึก และเงื่อนไขแลตทิชต่าง ๆ ในการระบุเฟสจะถูกนำมาเทียบกับฐานข้อมูลมาตรฐานจากศูนย์ข้อมูลการเลี้ยวเบนระหว่างประเทศ (ICDD) โดยเทียบแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์กับไฟล์มาตรฐาน (Joint Committee for Power Diffraction Standard: JCPDS) สำหรับเฟสของไทเทเนียมไดออกไซด์ คือ แอนาเทส รูไทล์ และบรูคไคล์ ซึ่งมีแบบ JCPDS มาตรฐานคือ 21-1272 (แอนาเทส) 21-1276 (รูไทล์) และ 65-2448 (บรูคไคท์)

7. ประสิทธิภาพควอนตัมของเซลล์แสงอาทิตย์

ค่าประสิทธิภาพควอนตัม (Quantum Efficiency: QE) หรือค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า (Incident Photon to Current Efficiency: IPCE) ของเซลล์แสงอาทิตย์แสดงถึงปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่เซลล์ผลิตได้ เมื่อมีการฉายรังสีโฟตอนที่ความยาวคลื่นหนึ่ง ๆ ดังนั้นประสิทธิภาพควอนตัมของเซลล์แสงอาทิตย์โดยรวมจึงหมายถึง ปริมาณกระแสไฟฟ้าตลอดทั้งสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์นั้นผลิตได้เมื่อสัมผัสกับแสงอาทิตย์นั้นเอง ค่า IPCE บางครั้งเรียกว่า ค่าประสิทธิภาพควอนตัมภายนอก สามารถได้จากสูตร

$$\text{IPCE}(\lambda) = \frac{1240 \times J_{sc}\ (\text{A/cm}^2)}{\lambda(\text{nm}) \times I_{inc}\ (\text{W/cm}^2)}$$

ความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบถึงผิวโลก สามารถอธิบายได้ในรูปของมวลอากาศ (Air Mass: AM) โดยค่า AM เท่ากับ $1/\cos\theta_2$ ซึ่ง θ_2 คือมุม zenith เช่น เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ตรงศีรษะพอดี มีค่า θ_2 เท่ากับ 0° ดังนั้น จึงมี AM เท่ากับ 1.0 สำหรับความเข้มแสงอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศกำหนดให้เป็น AM 0.0 สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จะนิยมทดสอบความเข้มของแสงที่ AM 1.5 ซึ่งมีความเข้มแสงเท่ากับ 1000 W/m^2 สเปกตรัมของแสงอาทิตย์ที่ AM 0.0 และ 1.5

8. กราฟคุณลักษณะทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ประดิษฐ์ได้สามารถพิจารณาได้หลายลักษณะ เช่น ประสิทธิภาพของการสะท้อนแสงประสิทธิภาพของทางอุณหพลศาสตร์ ประสิทธิภาพในการนำกระแสไฟฟ้า และประสิทธิภาพโดยรวมของเซลล์แสงอาทิตย์ (η_{global}) เป็นต้น ซึ่งประสิทธิภาพโดยรวมของเซลล์แสงอาทิตย์หาได้จาก อัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าด้านออกต่อกำลังแสงอาทิตย์ด้านเข้า (I_{inc}) ดังสมการ

$$\eta_{global} = \frac{J_{sc} \times V_{oc} \times FF}{I_{inc}}$$

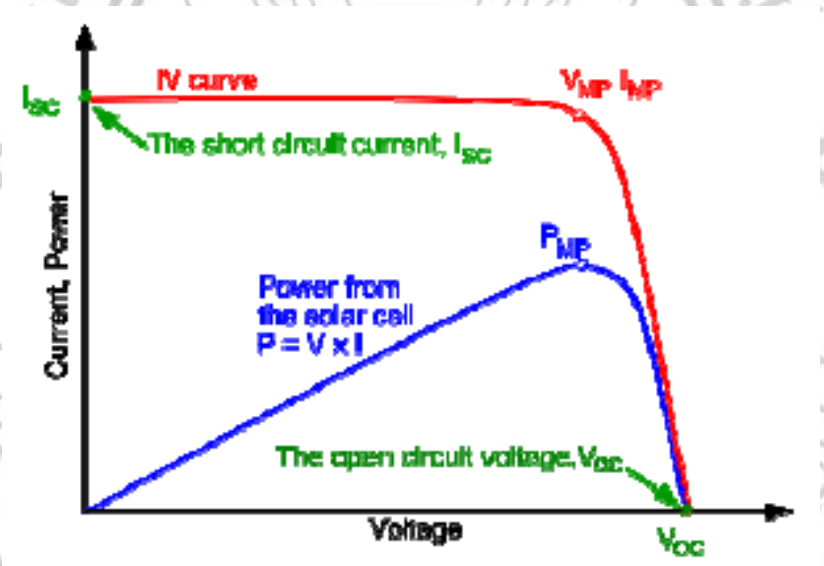
เมื่อ J_{SC} คือ ค่ากระแสลัดวงจร (Short Circuit Current; mA/cm^2)

V_{OC} คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าลัดวงจร (Open Circuit Voltage; V)

FF คือ ค่าฟิลล์แฟคเตอร์

I_{inc} คือ ความเข้มแสงที่ตกกระทบต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ขั้วไฟฟ้าแอโนด (W/cm^2)

ในทางปฏิบัติเราสามารถหาประสิทธิภาพโดยรวมของเซลล์แสงอาทิตย์ได้จากกราฟคุณลักษณะทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (I-V curve) ดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 กราฟคุณลักษณะทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

ค่าฟิลล์แฟคเตอร์ (FF) คือ อัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อผลคูณระหว่างกระแสลัดวงจรกับค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร ซึ่งสามารถดูได้จากกราฟคุณลักษณะทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (IV- curve)

$$FF = \frac{P_{max}}{j_{sc} \times V_{oc}}$$

ชุดกิจกรรม

ชุดกิจกรรมเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาอย่างหนึ่งที่รวบรวมสื่อ กระบวนการ และกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อเป็นสื่อกลางระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ให้เกิดการเรียนรู้แก่ผู้เรียนตามจุดประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ จุดเด่นของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ สนองวัตถุประสงค์ของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่เน้นการฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์และประยุกต์ความรู้มาใช้ป้องกันและแก้ไขปัญหา ทำให้สามารถแก้ปัญหาทางการศึกษาเกี่ยวกับการเรียนการสอนได้ เป็นการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น ใฝ่รู้ ใฝ่เรียนอย่างต่อเนื่องผสมผสานสาระการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนและสมดุลกัน ปลูกฝังคุณธรรมค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เป็น คำใหม่ยังไม่มีนักการศึกษาท่านใดให้ความหมายไว้ แต่มีผู้ให้ความหมายของคำบางคำที่มีลักษณะและความหมายใกล้เคียงกัน คือ ชุดการสอนหรือชุดการเรียนการสอน ชุดการสอนเป็นคำในภาษาอังกฤษที่เรียกชื่อต่างกัน เช่น Learning Package Instruction Package หรือ Instruction Kits ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่าน ได้ให้ความหมายของชุดการสอนหรือชุดกิจกรรมไว้ดังนี้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2537, น. 113 –114) ได้ให้ความหมายของ ชุดการสอนไว้ว่า เป็นสื่อผสมประเภทหนึ่งซึ่งมีจุดมุ่งหมายเฉพาะเรื่องที่จะสอน มีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาหน่วยการเรียนหรือหัวเรื่อง และวัตถุประสงค์ เพื่อช่วยให้มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537, น. 225) ชุดการสอน หมายถึง การรวบรวมสื่อการสอนอย่างสมบูรณ์ตามแบบแผนที่วางไว้ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการสอน ชุดการสอนเป็นระบบสื่อประสมสำเร็จรูปเพื่อให้ครูใช้ในการสอน มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียน คู่มือครู เนื้อหา รายการสื่อการสอน และเอกสารอ้างอิง

วรกิต วัดข้าวหลาม (2540, น. 15) ชุดการสอน หมายถึง ชุดสื่อประสมที่ผลิตขึ้นมาอย่างมีระบบมีความสมบูรณ์เบ็ดเสร็จในตัวเองโดยมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาประสบการณ์ที่สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วาสา พรมสุรินทร์ (2540, น. 11) กล่าวว่า ชุดการสอน หมายถึง การนำเอาสื่อการสอนหลาย ๆ อย่างมาสัมพันธ์กันอย่างมีระบบ เพื่อถ่ายทอดเนื้อหาสาระในลักษณะที่สื่อแต่ละชนิดส่งเสริมสนับสนุนซึ่งกันและกัน และบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

สุนีย์ เปมะประสิทธิ์ (2543, น. 2 – 3) กล่าวว่า ชุดกิจกรรม เป็นสื่อแนวใหม่ที่มุ่งสนับสนุนการปฏิรูปการศึกษาไทย และการพัฒนชุดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับผู้สอนเป็นคู่มือ

เพื่อให้ครูใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการจัดกิจกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2543, น. 91) ได้อธิบายว่า ชุดการสอนคือ ชุดการเรียนมาจากคำว่า ชุดการสอน (Instructional Package) หรือชุดการเรียนรู้ (Learning Package) เดิมใช้คำว่า ชุดการสอน เพราะเป็นสื่อที่ครูนำมาใช้ประกอบการสอน แต่มาแนวคิดในการยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางมีอิทธิพลมากขึ้น การเรียนรู้ที่ดีควรให้ผู้เรียนได้เรียนเอง จึงมีผู้นิยมเรียกชุดการสอนเป็นชุดการเรียน หรือชุดการเรียนการสอน

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า ชุดการสอนหรือชุดกิจกรรม คือ การนำเอาสื่อประสมที่มีการวางแผนการผลิตอย่างเป็นระบบ และมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับเนื้อหาวิชามาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละหน่วย เพื่อถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์แก่นักเรียน ช่วยให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้รายงานจะเรียกว่า “ชุดกิจกรรมการเรียนรู้” (ทัศนวรรณ รามณรงค์, 2557)

สรศักดิ์ แพรคำ (2545) กล่าวว่า การจัดสื่อการเรียนการสอนเป็นชุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดอยู่ในรูปแบบของชุดการสอน ทั้งที่เป็นชุดการสอนประกอบการบรรยาย ชุดการสอนแบบกิจกรรมกลุ่ม ชุดการสอนรายบุคคลและชุดการสอนทางไกล จะให้ประโยชน์แก่ผู้สอนและผู้เรียนหลายประการ ดังนี้

1. ช่วยให้ผู้สอนและผู้เรียนได้รับความสะดวกในการใช้ เพราะสามารถที่จะหยิบไปใช้ได้ทันทีชุดละเรื่องสำหรับการสอนแต่ละครั้ง

2. ทำให้ผู้สอนมีความพร้อมอยู่ตลอดเวลาแม้จะเลิกสอนไปเป็นเวลานาน เมื่อกลับมาสอนใหม่ก็เพียงพอศึกษาแผนการเรียนการสอน คู่มือและทบทวนก็สามารถจะสอนได้เพราะในชุดการสอนบอกสื่อต่าง ๆ ไว้พร้อมแล้ว

3. ชุดสื่อประสม จะช่วยให้การเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเพราะมีสื่อในรูปแบบต่าง ๆ ที่ช่วยถ่ายทอดเนื้อหาสาระที่ซับซ้อนและมีความเป็นรูปธรรม เช่น การทำงานภายในเครื่องจักร อวัยวะของ ร่างกาย การขยายพันธุ์ของสัตว์ชั้นต่ำ เป็นต้น ซึ่งสอนได้ดีด้วยการบรรยายไม่ได้

4. ทำให้การเรียนการสอนของผู้เรียนเป็นอิสระจากอารมณ์ของผู้สอน ไม่ว่าผู้สอนจะอารมณ์ดีหรือไม่อย่างไร ชุดการสอนก็จะช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้ต่อไปโดยไม่หยุดชะงัก เพราะไม่ต้องฟังคำอธิบายจากผู้สอนอยู่ตลอดเวลา

5. ทำให้การเรียนเป็นอิสระจากบุคลิกภาพของผู้สอนแม้ผู้สอนจะพูดไม่เก่งแต่ชุดการสอนก็จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. ในกรณีผู้สอนอื่นสอนแทน ผู้เรียนก็จะสามารถเรียนจากชุดการสอนได้ดีเท่ากับเรียนจากผู้สอนที่สอนเป็นประจำ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2532) ได้บัญญัติศัพท์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จหรือความสามารถในการกระทำใด ๆ ที่ต้องอาศัยทักษะหรือมิฉะนั้นก็ต้องอาศัยความรอบรู้ในวิชาใดวิชาหนึ่งโดยเฉพาะ

ไพศาล หวังพาณิช (2523) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและประสบการณ์เรียนรู้ที่เกิดจากการฝึกอบรมหรือจากการสอน จึงเป็นการตรวจสอบความสามารถหรือความสัมฤทธิ์ผลของบุคคลว่าเรียนรู้แล้วเท่าใด มีความสามารถชนิดใด

สรุปแนวคิดของนักการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดังนี้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความสามารถของบุคคล ที่ได้รับตากการเรียนการสอน การฝึกอบรมทำให้บุคคลได้รับประสบการณ์การเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพทางสมอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ปรับปรุงหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ให้เอื้อต่อการพัฒนาความสามารถนักเรียน โดยยึดจุดประสงค์ดังนี้ (กรมวิชาการ, 2546)

1) เพื่อให้เกิดความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีขั้นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์

2) เพื่อให้เกิดความเข้าใจในบักษณะขอบเขต และวงจำกัดของวิทยาศาสตร์

3) เพื่อให้เกิดทักษะในการศึกษาค้นคว้าด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

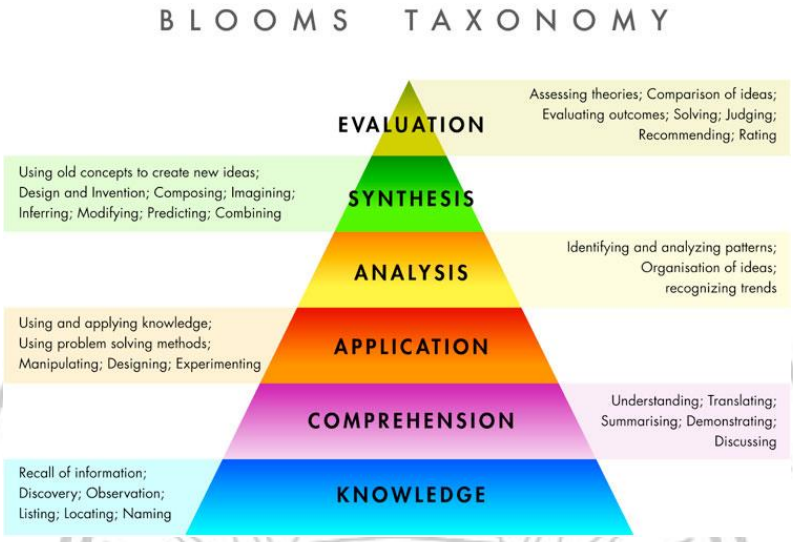
4) เพื่อให้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

5) เพื่อให้เกิดความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและอิทธิพลของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อมวลมนุษย์และสภาพแวดล้อม

6) เพื่อสามารถนำความรู้ ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ประโยชน์ต่อสังคมและพัฒนาคุณภาพชีวิต

บลูม (Bloom, 1976) เชื่อว่า การเรียนการสอนที่จะประสบความสำเร็จและมีประสิทธิภาพนั้น ผู้สอนจะต้องกำหนดจุดมุ่งหมายให้ชัดเจน และได้แบ่งประเภทของพฤติกรรมโดยอาศัยทฤษฎีการเรียนรู้และจิตวิทยาพื้นฐานว่า มนุษย์จะเกิดการเรียนรู้ใน 3 ด้าน คือ

ด้านสติปัญญา ด้านร่างกายและด้านจิตใจ และน าหลักการนี้จำแนกเป็นจุดมุ่งหมายทางการศึกษา เรียกว่า Taxonomy of Educational Objectives ได้จำแนกจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ออกเป็น 3 ด้าน คือ



ภาพที่ 2.13 Blooms Taxonomy

ที่มา: Bloom, 1976

1. พุทธิพิสัย (Cognitive Domain)

พฤติกรรมด้านสมองเป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับสติปัญญา ความคิด ความสามารถในการคิดเรื่องราวต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งพฤติกรรมทางพุทธิพิสัย 6 ระดับ ได้แก่

1.1 ความรู้ (Knowledge) เป็นความสามารถในการจดจำแนกประสบการณ์ต่าง ๆ และระลึกเรื่องราวนั้น ๆ ออกมาได้ถูกต้องแม่นยำ

1.2 ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถบ่งบอกใจความสำคัญของเรื่องราวโดยการแปลความหลัก ตีความได้ สรุปใจความสำคัญได้

1.3 การนำความรู้ไปประยุกต์ (Application) เป็นความสามารถในการนำหลักการ กฎเกณฑ์และวิธีดำเนินการต่าง ๆ ของเรื่องที่ได้รู้มานำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

1.4 การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวที่สมบูรณ์ให้กระจายออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้อย่างชัดเจน

1.5 การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกันโดยปรับปรุงของเก่าให้ดีขึ้นและมีคุณภาพสูงขึ้น

1.6 การประเมินค่า (Evaluation) เป็นความสามารถในการวินิจฉัยหรือตัดสินกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดลงไปการประเมินเกี่ยวข้องกับการใช้เกณฑ์คือ มาตรฐานในการวัดที่กำหนดไว้

2. จิตพิสัย (Affective Domain) (พฤติกรรมด้านจิตใจ)

ค่านิยม ความรู้สึก ความซาบซึ้ง ทัศนคติ ความเชื่อ ความสนใจและคุณธรรม พฤติกรรมด้านนี้อาจไม่เกิดขึ้นทันที ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และสอดแทรกสิ่งที่ดีงามอยู่ตลอดเวลา จะทำให้พฤติกรรมของผู้เรียนเปลี่ยนไปในแนวทางที่พึงประสงค์ได้ จะประกอบด้วยพฤติกรรมย่อย ๆ 5 ระดับ ได้แก่

1) การรับรู้

2) การตอบสนอง

3) การเกิดค่านิยม

4) การจัดระบบ

5) บุคลิกภาพ

3. ทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) (พฤติกรรมด้านกล้ามเนื้อประสาท)

พฤติกรรมที่บ่งถึงความสามารถในการปฏิบัติงานได้อย่างคล่องแคล่วชำนาญ ซึ่งแสดงออกมาได้โดยตรงโดยมีเวลาและคุณภาพของงานเป็นตัวชี้ระดับของทักษะ ประกอบด้วย 5 ขั้น ดังนี้

1) การรับรู้

2) กระทำตามแบบ

3) การหาความถูกต้อง

4) การกระทำอย่างต่อเนื่องหลังจากตัดสินใจ

5) การกระทำได้อย่างเป็นธรรมชาติ

2. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ต้องวัดผลทั้งทางด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการวัดผลทำให้สามารถประเมินความรู้และพฤติกรรมของผู้เรียนได้ และช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้ ความเข้าใจ ทักษะและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ตามความมุ่งหมายและจุดประสงค์ของหลักสูตร เพื่อสะดวกในการประเมินผลสามารถจำแนกพฤติกรรมในการวัดผลออกเป็น 4 พฤติกรรม (ประวิตร ชูศิลป์, 2524)

1) ด้านความรู้ – ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึก นำสิ่งที่เรียนรู้มาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ มโนมติ หลักการ กฎ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2) ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบายความหมาย ขยายความ ตีความ และการแปลความหมายโดยอาศัยข้อเท็จจริง ข้อตกลง คำศัพท์ มโนมติ หลักการ กฎ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

3) ด้านการนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำ ความรู้ และนำ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ที่แตกต่างจากที่เคยเรียนรู้มาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

4) ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสืบเสาะหาความรู้ โดยผ่านการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบจนเกิดความชำนาญ สามารถเลือกใช้กิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ดวงนภา สุวรรณภักดี (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสังเคราะห์ไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี จากการใช้ลวดไททาเนียม เป็นสารกึ่งตัวนำไฟฟ้าจากเครื่องจ่ายไฟตรง (DC Power Supply) โดยปล่อยกระแสไฟฟ้าขนาด 10 V ผ่านขั้วแคโทดและขั้วแอโนด จุ่มลงในสารละลายอิเล็กโตรไลต์ที่ประกอบด้วย KCl 0.1M และกรดซิตริกความเข้มข้น 0.1M โดยในการทดลองใช้เวลา 10, 20, 30 นาที ตามลำดับจากการทดลอง จากนั้นนำสารอิเล็กโตรไลต์ที่ได้จากการทดลองไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible Spectrometer พบว่าได้ขอบการดูดซับแสงของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่ 325, 300 และ 315 นาโนเมตร ตามลำดับ สำหรับผลการตรวจสอบ UV-vis ช่วงขอบการดูดซับแสงที่ได้ต่ำกว่า 350 นาโนเมตร ซึ่งเป็นหลักฐานของโครงสร้าง อนาเทสไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท

ธนัชพร ภูบัวดวง และกัญญาพัชร สมจิตร์ (2564) ศึกษาการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง โดยการสังเคราะไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทร่วมกับสารสกัดใบหูกวาง พบว่ามีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 300-350 นาโนเมตร มีโครงสร้างแบบผลึกมุมตกกระทบที่สอดคล้องกับโพแทสเซียมไททาเนตและไทเทเนียมไดออกไซด์ควนตัมดอท (อะนาเทส) ผสมอยู่เล็กน้อย จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ที่ประกอบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์สกัดจากใบหูกวางมีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 400-500 นาโนเมตร อยู่ในช่วงแคโรทีนอยด์ มีประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้กำลังแสงที่ตกกระทบ 221.58 วัตต์ มีค่าประมาณร้อยละ 0.544

วรนันธ์ เหล็กเพชร (2561) ศึกษาวิธีการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีไฮโดรเทอร์มอล (Hydrothermal) ที่ 200 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นศึกษาโครงสร้างและสัณฐานของผงและแป้งเปียกไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เตรียมได้ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ๊กซ์ (XRD) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ผลการวิจัยพบว่าผลและฟิล์มที่เตรียมได้มีเฟสเป็นอะนาเทส (Anatase Phase) ที่บริสุทธิ์มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 20-30 นาโนเมตร มีลักษณะเป็นกลม มีพื้นผิวเป็นรูพรุน กระบวนการเคลือบด้วยมือ (Doctor Blade) ถูกนำมาใช้ในการเตรียมฟิล์มไทเทเนียมไดออกไซด์และแพลทินัมอิเล็กโทรด จากนั้นศึกษาอิทธิพลของจำนวนครั้งของการเคลือบที่ส่งผลต่อความหนาของชั้นฟิล์มและผลของการเติมเกลือแอมโมเนียม จากนั้นวัดประสิทธิภาพการแปลงพลังงานโดยของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ประดิษฐ์ได้

จำนงค์ บุญลอย และสุธิชัย ชัยสิทธิ์ศักดิ์ (2558) ได้ศึกษาการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดย้อมไวแสง โดยเทคนิคการสกีน โดยการเคลือบฟิล์มอนุภาคนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์บนกระจกนำไฟฟ้า ด้วยเทคนิคการสกรีนเพื่อใช้เป็นขั้วไฟฟ้าไททาเนียมไดออกไซด์และขั้วไฟฟ้าแพลททินัมที่ทำงานในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (DSSC) จากการทดสอบประสิทธิภาพรูปร่างของชั้นฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยเทคนิค SEM วัดหาค่าความหนาของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยเทคนิคสกรีน และการวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดย้อมไวแสง พบว่าเมื่อผ่านการทดสอบภายใต้แสงอาทิตย์ AM 1.5 ประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความหนาของฟิล์มเพิ่มมากขึ้น จึงสรุปได้ว่าความหนาของฟิล์มไทเทเนียมไดออกไซด์ มีผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

คฑาวุธ โลหะเวช (2559) ทำการสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์แคดเมียมซัลไฟด์ภายใต้รังสีไมโครเวฟที่เปอร์เซนต์การปล่อยกำลังของรังสีไมโครเวฟ 100 เปอร์เซนต์ ที่กำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ ระยะเวลา 60 วินาที และ180 วินาทีโดยใช้สารควบคุมขนาดอนุภาคคือ พอลิเมอร์โพลีไวนิลไพโรลิโดน กรดซิตริก และใช้ร่วมกันระหว่างพอลิเมอร์โพลีไวนิลไพโรลิโดนและกรดซิตริก อนุภาคที่สังเคราะห์ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ลักษณะอนุภาคและองค์ประกอบธาตุเชิงพลังงานด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่านและเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงานด้วยรังสีเอกซ์ และวัดขนาดอนุภาคของสาร ผลการวิจัยพบว่า การสังเคราะห์ที่ควบคุมขนาดอนุภาคด้วยพอลิเมอร์โพลีไวนิลไพโรลิโดน จะมีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 4 - 6 นาโนเมตร และมีอัตราส่วน (โมล) การแทนที่แคดเมียมด้วยซิงค์สูงที่สุดเท่ากับ 0.6:0.4:0.8 (ซิงค์:แคดเมียม:ซัลเฟอร์) อนุภาคนาโนซิงค์แคดเมียมซัลไฟด์ที่สังเคราะห์ได้ จะถูกนำมาศึกษาถึงผลการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงโดยเปรียบเทียบตำแหน่งการเคลือบอนุภาคนาโนซิงค์แคดเมียมซัลไฟด์ ลงด้านบนกระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบผิวกระจกด้วยฟิล์มบางทินออกไซด์เจือด้วยฟลูออรีนที่

แตกต่างกันผลการวิจัยพบว่า อนุภาคนาโนซิงค์แคดเมียมซัลไฟด์ที่เคลือบลงตำแหน่งด้านบนผิวของกระจกนำไฟฟ้าที่เคลือบผิวกระจกด้วยฟิล์มบางทินออกไซด์เจือด้วยฟลูออรีนสาหรับทำหน้าที่เป็นชั้นส่งผ่านอิเลคตรอน ซึ่งเป็นสารผสมระหว่างไททาเนียมออกไซด์และอนุภาคนาโนซิงค์แคดเมียมซัลไฟด์ (อัตราส่วน 50 ต่อ 50) มีเปอร์เซนต์ประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่ากับ 5.22 เปอร์เซนต์ โดยมีค่าตัวแปรความสามารถทางไฟฟ้าต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าวงจรเปิด ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจร และค่าฟิลล์แฟกเตอร์ เป็นตัวกำหนดเปอร์เซนต์ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสง ความปลอดภัยทางด้านสิ่งแวดล้อมจากผลการวิจัยจะเห็นว่า ปริมาณของแคดเมียมที่ใช้ในการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงลดลงอย่างมีนัยสำคัญและสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงได้สูงถึง 45 เปอร์เซนต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์อ้างอิง

วิรัตน์ เจริญบุญ (2552) ได้ทำการศึกษาเรื่องเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกนาโนเมล็ดสี โดยใช้สีสกัดจากสาหร่ายสไปรูลินา ซึ่งมีลักษณะสีเขียวเป็นตัวดูดกลืนแสง ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์สูงสุดที่ได้เท่ากับ 0.016% โดยใช้เวลาในการย้อมสี 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้สีย้อมมาตรฐานN719 เป็นตัวดูดกลืนแสง

กาญติมา กุลหมวก และคนอื่น ๆ (2557) การศึกษาเซลล์แสงอาทิตย์แบบสีย้อมไวแสงธรรมชาติจากไม้จันแดงโดยสกัดด้วยอะซีโตนและสกัดไขมันพบว่าสีย้อมจากไม้จันแดงประกอบด้วยรงควัตถุ Santalin ซึ่งให้สีแดงจะดูดกลืนแสงได้ดีที่ค่า pH 4.8 (ค่า pH เดิม) มีความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 3.46 มิลลิแอมป์ต่อตารางเซนติเมตร ความต่างศักย์ 0.45 โวลต์ ค่าฟิลแฟกเตอร์ 0.60 และมีค่าประสิทธิภาพร้อยละ 0.94

สุภาพร สีสิงห์ (2558) ประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงโดยใช้สีย้อมจากธรรมชาติที่สกัดจากเปลือกมะเกลือเลือดเป็นตัวดูดกลืนแสง พบว่า ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสีย้อม โดยที่ความเข้มข้น 8 กรัมต่อปริมาณเอทานอล 20 มิลลิลิตร ได้ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าลัดวงจรของเซลล์แสงอาทิตย์ 0.10 mA/cm^2 และประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 0.05 อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อใช้สีย้อมจากเปลือกมะเกลือเลือดเป็นตัวดูดกลืนแสง ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ได้ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สีย้อมมาตรฐาน N719 เป็นตัวดูดกลืนแสง การที่มีประสิทธิภาพต่ำอาจจะเกิดจากการไม่เสถียรของสีย้อมจากธรรมชาติและการยึดเกาะกับผลึกนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์

ศิริชัย เรืองเดช (2562) ศึกษาเรื่องการปลูกควอนตัมดอตโมเลกุลและการประยุกต์ใช้ในเซลล์แสงอาทิตย์ ผลกระทบของการแทรกควอนตัมดอตโมเลกุลเป็นชั้นทำงานในโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่าง ๆ ทั้งแบบ Schottky แบบหัวต่อเหมือน (Homo-junction) และแบบหัวต่อ

ต่างชนิด (Hetero-junction) ด้วยเครื่องปลูกผลึกจากลำโมเลกุล (Molecular Beam Epitaxial: MBE) แบบสารตั้งต้นเป็นของแข็ง กระบวนการปลูกควอนตัมดอตที่ใช้เป็นแบบจัดเรียงตัวเองในโหมด Stranski-Krastanow (SK) ชั้นทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำการศึกษามีทั้งชนิด ควอนตัมดอต, ควอนตัมดอตโมเลกุล และควอนตัมดอตโมเลกุลแบบหนาแน่นสูง โครงสร้างแบบควอนตัมดอตโมเลกุลปลูกด้วยเทคนิคการปลูกกลบและปลูกซ้ำ (thin-capping-and-regrowth Processes) ในขณะที่โครงสร้างควอนตัมดอตโมเลกุลแบบหนาแน่นสูงปลูกด้วยเทคนิคการปลูกกลบและปลูกซ้ำหลาย ๆ ครั้ง (Repetitive thin-Capping-and-regrowth Processes) โดยทำการทดสอบเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้ความเข้มแสง 100 mW/cm^2 (AM1) ผลการศึกษาพบว่า เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีโครงสร้างควอนตัมดอตโมเลกุลแบบหนาแน่นสูงให้ผลที่สอดคล้องกับทฤษฎี Intermediate Band ซึ่งกล่าวว่า จำนวนควอนตัมดอตที่เหมาะสมต่อพื้นที่ทำให้เกิดแถบพลังงานภายในช่องว่างพลังงาน ส่งผลให้ค่ากระแสลัดวงจรเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากการดูดกลืนแสงที่ย่านความยาวคลื่นยาวได้มากขึ้น

ทริโคลิ และคนอื่น ๆ (Tricoli et.al, 2012) ใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์อนุภาคนาโนที่มีโครงสร้างรูพรุนสูงเพื่อใช้เป็นฟิล์มสำหรับขั้วไปไฟฟ้าแอโนด โดยวิธีการสังเคราะห์ด้วยเปลวไฟและการทับถมของละอองอนุภาคไทเทเนียม พบว่าเมื่อฟิล์มมีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงขึ้น เป็นตัวแปรที่สำคัญต่อประสิทธิภาพการแปลงพลังงาน การสะสมไอที่อุณหภูมิต่ำสามารถทำให้ฟิล์มมีความพรุนสูงมาก แต่สมบัติการยึดติดฟิล์มมีค่าต่ำเมื่อแช่อยู่ในสีย้อมไวแสงหรืออยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยมีประสิทธิภาพการแปลงพลังงานเท่ากับ 0.08% แต่เมื่อนำไปเผาความพรุนของฟิล์มจะลดลงแต่เสถียรภาพเชิงกลดีขึ้นและมีพื้นผิวขนาดใหญ่เหมาะสำหรับดูดซับสีย้อมไวแสง นอกจากนี้ประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อเพิ่มความหนาของฟิล์ม แสดงให้เห็นว่าความหนาของฟิล์มรูพรุนสามารถลดการสูญเสียโครงสร้างโดยรวม มีผลทำให้สมบัติดูดกลืนแสงที่เพิ่มขึ้น

โอเรแกน และเกรสเซล (O'Regan and Grätzel, 1991) ได้พัฒนาเซลล์ให้มีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 7 และในปี ค.ศ. 1993 มีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 10 ในปัจจุบันศาสตราจารย์เกรสเซล (Grätzel) ได้พัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้าสูงถึงร้อยละ 11.18 โดยใช้สารกึ่งตัวนำเป็นผลึกนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) และสีย้อมไวแสงเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะรูทิเนียมและลิแกนด์กลุ่มพิริดีน (Ru-pyridine Complex)

ห่าว (Hao et al., 2006) ได้ศึกษาข้าวเหนียวดำ (Black Rice) ดอกปาริฉัตร ดอกโรซ่าแซนทินา (Rosa Xanthina) พริกและสาหร่ายทะเลมาสกัดด้วยแอลกอฮอล์แล้วทำให้สีย้อมบริสุทธิ์ขึ้นด้วย โครมาโทกราฟีนำสีย้อมมาทดลองทำเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ได้ผลว่าสีย้อมจากข้าวเหนียวดำดีที่สุดเนื่องจากข้าวเหนียวดำมีแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งยึดเกาะฟิล์ม

ไทเทเนียมไดออกไซด์ได้ดี แอนโทไซยานิน ซึ่งพบได้ง่ายในดอกไม้และผลไม้ที่มีสีเข้มและคงทนในสภาพกรดสมบัติในการยึดเกาะอนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์เกิดจากหมู่ไฮดรอกซีในโมเลกุล

ยิลดิซ (Yildiz, 2019) ศึกษาสารสีสกัดโดยใช้ลูกหม่อน รากแมนเดิล และ Eosin-y พบว่าผลของวัฏจักรการเคลือบที่แตกต่างกันและการสกัดสีต่างกัน โดยตรวจสอบประสิทธิภาพของ DSSCs ค่า Jsc, Voc และ η สารสกัดจากใบหม่อนสีดำตอบสนองกับแสงได้ดีที่สุดซึ่ง เพราะมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มคาร์บอนิลและไฮดรอกซิลของแอนโทไซยานิน โมเลกุลบนสารสกัดจากใบหม่อนสีดำและพื้นผิวของฟิล์มไทเทเนียมไดออกไซด์ดังนั้นประสิทธิภาพที่ดีที่สุดคือ ใบหม่อนสีดำร้อยละ 1.3

จิรพรรณ์ ทะเขียว (2543) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือผู้สอน ผลการวิจัยพบว่า ทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมกับการสอนโดยคู่มือผู้สอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

เนื้อทอง นายี่ (2544) ได้ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับการสอนโดยครูเป็นผู้สอน ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสนใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับการสอนโดยครูเป็นผู้สอนแตกต่างกัน

มณีรัตน์ เกตุไสว (2540) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการทดลองที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้านมโนมติทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ได้มโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่ได้รับการสอนด้วยการจัดกิจกรรมทดลองที่ผู้เรียนออกแบบการทดลองและปฏิบัติการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้พร้อมทั้งเลือกรูปแบบการบันทึกข้อมูลจากการทดลองแตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการสอนด้วยการจัดกิจกรรมการทดลองตามคู่มือผู้สอน

ศจี อนันตโสภาจิตร์ (2540) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยกิจกรรมมุมวิทยาศาสตร์ กับการสอนที่ไม่ได้จัดด้วยกิจกรรมมุมวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนด้วยกิจกรรมมุมวิทยาศาสตร์กลุ่มควบคุมได้รับการสอนโดยไม่ได้จัดกิจกรรมมุมวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทงการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน

จิรพรรณ ทะเขียว (2543) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ทางทะเลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือผู้สอน ผลการศึกษาพบว่าทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ทางทะเลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ทางทะเลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นอร์แมน (Norman, 1992) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างแบบจำลองที่เป็นระบบ (Systematic Modeling) กับวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning Cycle) ผลปรากฏว่า ผู้เรียนที่เรียนโดยผู้สอนเป็นผู้สอนแบบจำลองที่เป็นระบบมีผลสัมฤทธิ์ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่า นักเรียนที่เรียนโดยผู้สอนเป็นผู้สอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาผลของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสังเคราะห์ด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมีเพื่อยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แบ่งออกเป็น 4 ตอน คือตอนที่ 1 ศึกษาการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี ตอนที่ 2 ศึกษาและเปรียบเทียบผลของการสกัดสีของพืชในท้องถิ่นแต่ละชนิด ตอนที่ 3 ศึกษากระบวนการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง และตอนที่ 4 ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการปฏิบัติผลของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อยกระดับการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดของงานวิจัย ดังนี้

เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการทำวิจัย

1. สารเคมี

1) กรดซิตริก (Citric Acid Monohydrate: $C_6H_8O_7$)

2) โพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide: KOH) 85%

3) เอทานอล (Ethanol: C_2H_5OH)

4) น้ำปราศจากไอออน (Deionized Water: DI)

5) กาวลาเท็กซ์ (latex Adhesives)

6) ผงคาร์บอน (Carbon Black)

7) กรดอะซิตริก (Acetic Acid: CH_3COOH)

8) สารลดแรงตึงผิว (Surfactant)

9) อะคริโลไนไตรล์ (Acrylonitrile)

10) เอทิลีนคาร์บอเนต (Ethylene Carbonate)

11) ไอโอดีน (Iodine: I)

12) โพแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium Iodide: KI)

2. วัสดุอุปกรณ์

1) ลวดไททาเนียมบริสุทธิ์ 99% (Titanium Wire)

2) กระจกนำไฟฟ้าโปร่งแสง (Fluorine Doped Tin Oxide Coated Glass: FTO)

3) กระดาษทรายขัดไม้เบอร์ 2 (Sandpaper)

4) เยื่อโพลิเอทิลีน (Polyethylene Separator)

5) แผ่นทองแดง (Copper Sheet)

6) แผ่นอะลูมิเนียม (Aluminium Sheet)

7) โกร่งบด (Mortar)

8) จานเพาะเชื้อ (Petri Dish)

9) บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร (Beaker)

10) แท่งแก้วคนสาร (Stirring Rod)

11) ขวดแก้วเก็บสารขนาด 25 มิลลิลิตร (Reagent Bottle)

12) กระบอกฉีดขนาด 5 มิลลิเมตร (Syringe)

13) หลอดวัดปริมาตร ขนาด 50 มิลลิลิตร (Volumetric Pipets)

14) ไส้กรองความละเอียด 0.45 ไมโครเมตร (Filter)

15) กระบอกตวง (Cylinder)

16) หลอดทดลองฝาเกลียว (Tube Screw Cap)

17) กระดาษกรอง (Filter Paper)

18) ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask)

19) กรวยกรองแก้ว (Glass Funnel)

20) ขวดสีชา (Amber Glass Bottle)

21) เทปพันสายไฟ (PVC Electrical Insulation Tape)

22) อลูมิเนียมฟลอยล์ (Aluminum Foil Coated Insulation)

3. เครื่องมือ

1) เครื่องทำความสะอาดความถี่สูง (Ultrasonic Cleaner)

2) เครื่องจ่ายไฟกระแสตรง (Dc Power Supply)

3) เครื่องวิเคราะห์สมบัติทางแสงของสาร (UV – Vis Spectrophotometer)

4) เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยงเบนของรังสีเอกซ์ (X – ray Diffraction; XRD)

5) เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle Furnace)

6) เครื่องกวนสาร (Hotplate Stirrer)

7) เครื่องวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า (Multimeter)

8) ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)

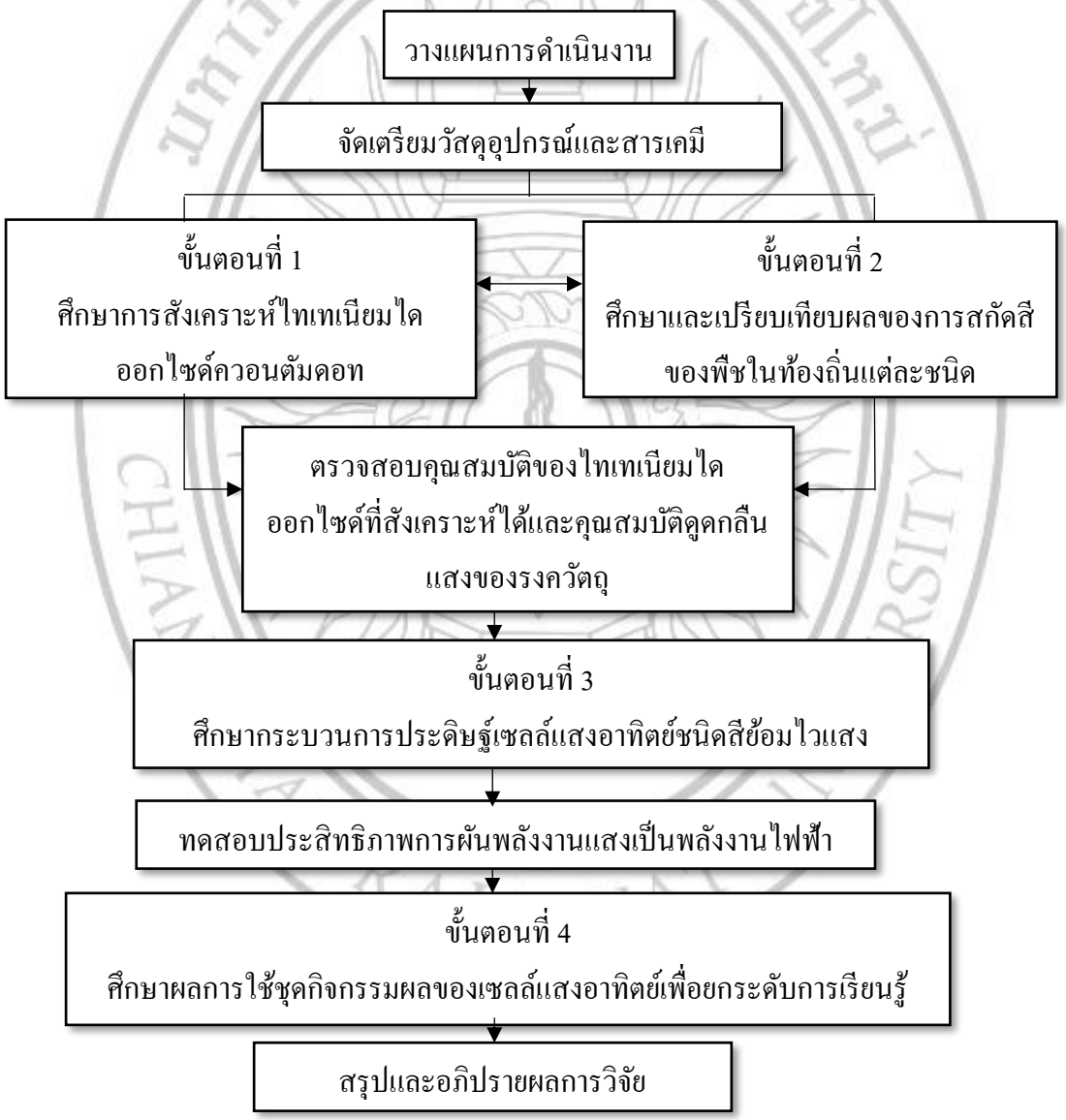
9) เครื่องชั่งสาร (Balance)

10) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พลังงาน

11) ชุดกิจกรรมการปฏิบัติเรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

12) แบบทดสอบวัดสามารถและกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหาทางวิทยาศาสตร์

แผนการดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 3.1 แผนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี

ตอนที่ 2 ศึกษาและเปรียบเทียบผลของการสกัดสีของพืชในท้องถิ่นแต่ละชนิด

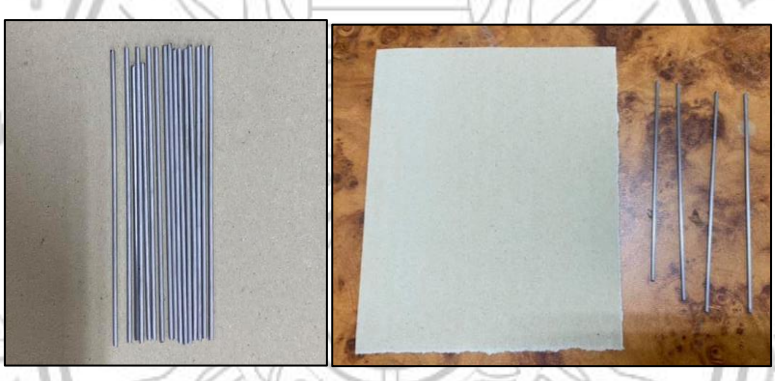
ตอนที่ 3 ศึกษากระบวนการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

ตอนที่ 4 ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการปฏิบัติผลของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อยกระดับการเรียนรู้

รายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี

1) เตรียมลวดไทเทเนียม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 มิลลิเมตร ขัดด้วยกระดาษทราย และนำมาตัดให้มีขนาด 5 เซนติเมตร ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ลวดไทเทเนียมขนาด 5 เซนติเมตรและกระดาษทรายขัดไม้

2) ทำความสะอาดลวดด้วยเอทานอล ใส่เอทานอลลงในหลอดทดลอง 1/2 ของหลอด หรือให้ท่วมตัวลวด นำบีกเกอร์ที่มีน้ำปราศจากไอออนใส่ลงในเครื่องล้างความถี่สูง ใช้วิธี Sonification Method ทำความสะอาด เป็นเวลา 1 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียล ดังภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3 ทำความสะอาดลวดด้วยเครื่องทำความสะอาดความถี่สูง

3) เตรียมสารละลายอิเล็กโตรไลต์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ไททาเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท ซึ่งประกอบด้วยกรดซิตริก (Citric acid) และโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ต่อปริมาณน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ดังแสดงอัตราส่วนในตารางที่ 3.1 และดังแสดงในภาพที่ 3.4

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของสารละลายอิเล็กโตรไลต์

sample	Citric acid (M)	Potassium hydroxide (M)
1	0.5	2
2	0.5	3
3	0.5	4
4	0.5	5
5	0.5	6

สูตรคำนวณปริมาณสารในหน่วยกรัม (g)

$$M = \frac{10 \times \%assay \times g}{Mw \times V} \qquad (3.1)$$

โดย M คือ ความเข้มข้น (M)

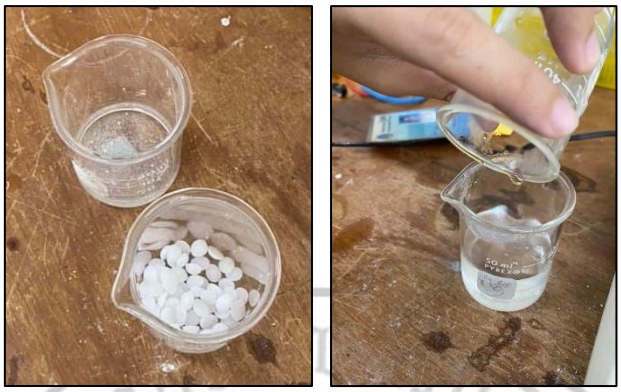
g คือ น้ำหนักของสารละลาย (g)

Mw คือ มวลโมเลกุลของสารละลาย (g/mol)

C คือ ความเข้มข้นของสารละลาย (mol)

V คือ ปริมาณของตัวทำละลาย (cm3)

%assay คือ ปริมาณความบริสุทธิ์ของสารใน 100 กรัม



ภาพที่ 3.4 การเตรียมสารละลายกรดซิตริกและโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์

4) สังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท โดยใช้วิธีทางไฟฟ้าเคมี (Electrochemical) โดยนำลวดไทเทเนียมที่ได้จากการทำความสะอาด ต่อปลายแต่ละแท่งเข้ากับขั้วบวกและขั้วลบ จุ่มในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ปล่อยกระแสไฟฟ้าจากเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่ 20 โวลล์ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เพื่อเปรียบเทียบปริมาณควอนตัมดอทที่เกิดขึ้นในแต่ละอัตราส่วน ดังแสดงในภาพที่ 3.5

ภาพที่ 3.5 การสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี

5) กรองสารละลายอิเล็กทรอไลต์ที่ได้จากการสังเคราะห์ ด้วยไส้กรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร จากนั้นเก็บใส่ขวดทดลองขนาด 25 มิลลิลิตร ดังแสดงในภาพที่ 3.6

ภาพที่ 3.6 สารละลายอิเล็กโทรไลต์ในขวดเก็บสารขนาด 25 มิลลิลิตร

6) ทดสอบคุณสมบัติทางแสงของสารอิเล็กโตรไลต์ที่ได้จากการสังเคราะห์ ด้วยใช้แสงจากเลเซอร์ดูการสะท้อนของแสงของอนุภาคและวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-VIS Spectrophotometer) ดังแสดงในภาพที่ 3.7 จากนั้นนำผลที่ได้จากการวัดการดูดกลืนของคลื่นแสงในความยาวคลื่นของสารแต่ละอัตราส่วนมาวาดกราฟเพื่อดูค่าการดูดกลืนแสง

(ก) (ข)

ภาพที่ 3.7 (ก) ทดสอบคุณสมบัติการสะท้อนจากการใช้แสงเลเซอร์ (ข) วัดค่าการดูดกลืนแสงจากเครื่องวิเคราะห์สมบัติทางแสงของสาร

7) นำสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ได้ใส่ลงในจานเพาะเชื้อและปิดด้วยผ้าขาวบางป้องกันการระเหยของอนุภาคและฝุ่นละอองตกลงในสาร อบด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียลเป็นเวลา 3 วันดังแสดงในภาพที่ 3.8 จนสารละลายที่ได้แห้งตกผลึกเป็นของแข็ง เพื่อเตรียมไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสำหรับวิเคราะห์โครงสร้างแบบผลึกของสารที่ได้จากการสังเคราะห์

ภาพที่ 3.8 การเตรียมละลายอิเล็กโทรไลต์เข้าอบด้วยตู้อบลมร้อน

8) นำสารที่ได้จากการอบ มาบดให้ละเอียดเป็นผง โดยใช้โกร่งบดสาร ดังแสดงในภาพที่ 3.9 จากนั้นนำไปวิเคราะห์ผลด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยงเบนของรังสีเอกซ์ (X – ray Diffraction: XRD) แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบการเลี้ยวเบน

ภาพที่ 3.9 นำสารที่ได้จากการอบจนแห้งมาบดละเอียดให้เป็นผง

ตอนที่ 2 ศึกษาและเปรียบเทียบผลของการสกัดสีของพืชในท้องถิ่นแต่ละชนิด

1) เตรียมพืชในท้องถิ่น คือ ทองกวาว อัญชัน และหูกวาง นำไปล้างให้สะอาดและเช็ดทำความสะอาดให้แห้ง ดังแสดงในภาพที่ 3.10 (ก) จากนั้นหั่นพืชแต่ละชนิดให้เป็นฝอยประมาณ 10 กรัม จากนั้นนำไปบดให้ละเอียดในโกร่งบดอีกครั้ง ดังแสดงในภาพที่ 3.10 (ข)

(ก) (ข)

ภาพที่ 3.10 (ก) พืชในท้องถิ่น (ข) บดละเอียดจากการหั่นเป็นฝอยด้วยโกร่งบด

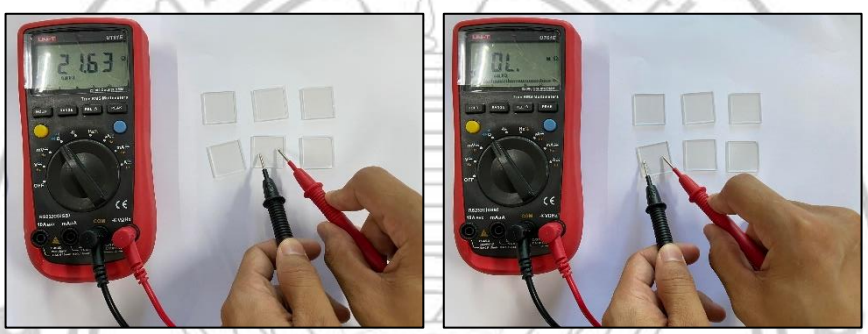
2) นำพืชที่ได้จากการหั่นไปบดละเอียดเติมเอทานอลประมาณ 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มเพื่อสกัดสีด้วยเอทานอล ต้มให้เดือดจนได้สีความเข้มข้นตามต้องการ ดังแสดงในภาพที่ 3.11 จากนั้นนำสารสีที่สกัดได้กรองเพื่อนำกากพืชออกด้วยกระดาษกรอง ใส่ในขวดสีชาเก็บไว้ที่มืดมิดชิด

ภาพที่ 3.11 กรองสารสีที่สกัดด้วยเอทานอลโดยใช้กระดาษกรอง

3) นำสารสีที่ได้จากการกรอง ทดสอบวัดคุณสมบัติทางแสงของสารสกัดรงควัตถุของพืชที่สกัดได้ ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-VIS Spectrophotometer) นำผลที่ได้วาดกราฟและวิเคราะห์ผล

ตอนที่ 3 ศึกษากระบวนการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

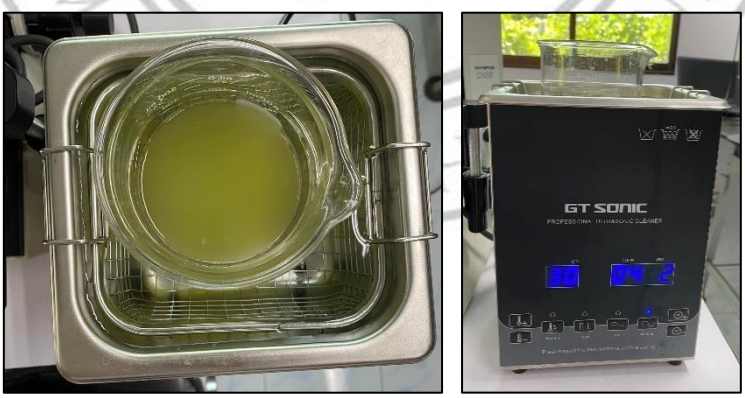
1) ตัดกระจกนำไฟฟ้าโปร่งแสง เป็นกระจกที่เคลือบด้วยฟลูออรีนทิลออกไซด์ (Fluorine Tin Oxide; FTO) ให้มีขนาด 2.5 x 2.5 เซนติเมตร โดยตัดด้านที่ไม่นำไฟฟ้า เพื่อป้องกันไม่ให้ด้านนำไฟฟ้าเป็นรอย จากนั้นตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ของแผ่นกระจกเพื่อที่ใช้ด้านนำไฟฟ้า โดยใช้มัลติมิเตอร์แตะลงไปที่ผิวของแผ่นกระจก ด้านนำไฟฟ้าจะแสดงตัวเลขความต้านทานในหน่วยโอห์ม ส่วนอีกด้านต้องเป็น OL (Overload) นำไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 3.12



(ก) (ข)

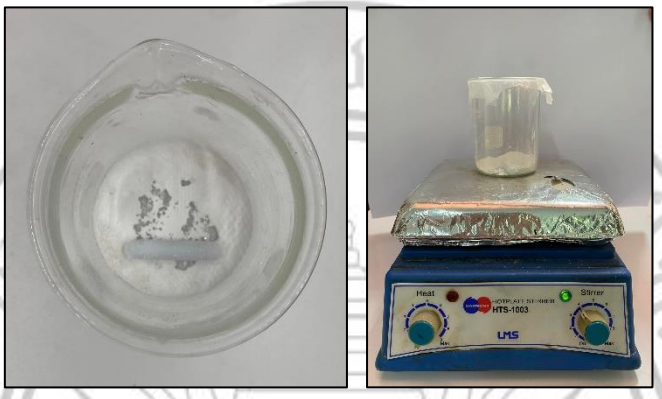
ภาพที่ 3.12 (ก) วัดค่าความต้านทานกระจก FTO ด้านที่ไม่นำไฟฟ้า (มีความต้านทาน)
(ข) วัดค่าความต้านทานกระจก FTO ด้านที่นำไฟฟ้า (ไม่มีความต้านทาน)

2) นำกระจกมาทำความสะอาดด้วยเอทานอล ด้วยเครื่องทำความสะอาดความถี่สูง (Ultrasonic Cleaner) ใส่สบู่และเอทานอลแล้วนำเข้าเครื่อง เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียล ดังแสดงในภาพที่ 3.13 หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง ทิ้งไว้จนแห้ง



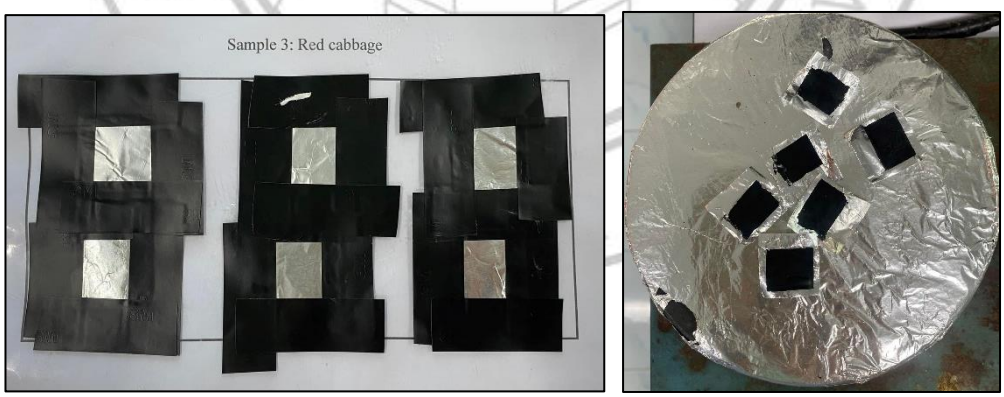
ภาพที่ 3.13 ทำความสะอาดกระจกด้วยเครื่องทำความสะอาดความถี่สูง

3) ชั่งสารไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่สังเคราะห์ได้ 5 กรัม ผสมกรดอะซิติก 5% 10 มิลลิลิตร และสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) 0.5 มิลลิลิตรแล้วนำไปหมุนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 3.14 เพื่อลดขนาดอนุภาค จากนั้นเก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิทเพื่อป้องกันการระเหยของอนุภาคนาโน



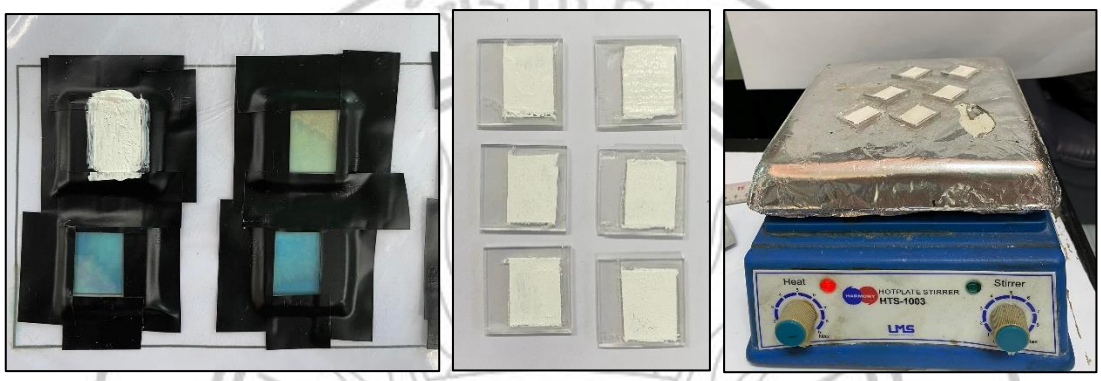
ภาพที่ 3.14 หมุนสารไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก

4) การเตรียมเคาน์เตอร์อิเล็คโทด (Counter – electrode) ซึ่งทำหน้าที่ถ่ายโอนอิเล็กตรอนที่มาจากภายนอกให้กลับเข้าสู่สารละลายอิเล็กโตรไลต์ (Electrolyte Solution) โดยตัดแผ่นฟลอยด์ให้มีขนาดเท่ากับกระจกคือ 2.5 x 2.5 เซนติเมตร ติดเทปริมขอบของแผ่นให้เหลือช่องว่างตรงกลาง หลังจากนั้นใช้กาว 5 กรัม ผสมผงคาร์บอน 1 กรัม และเอทานอล 5 มิลลิลิตร คนให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วนำมาสกรีนลงตรงกลางช่องที่เว้นว่างไว้บนกระดาษฟรอยด์ให้เต็มช่อง ดึงเทปออก นำไปเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 3.15



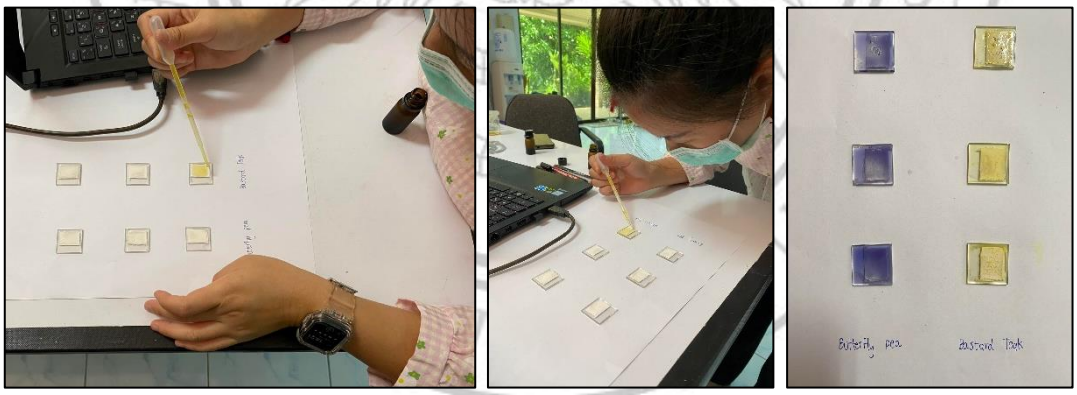
ภาพที่ 3.15 เตรียมเคาเตอร์อิเล็กโทดใช้แผ่นฟลอยด์สกรีนคาร์บอนแล้วนำไปเผา

5) เตรียม TiO_2 Paste โดยนำไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่ลดขนาดอนุภาคจากการกวนด้วยเครื่องแม่เหล็กแล้วลงบนกระจกนำไฟฟ้าที่เตรียมไว้ โดยติดเทปริมขอบของกระจก เว้นที่ว่างไว้ตรงกลางก่อนนำลงไปสกรีนบนกระจก การสกรีนให้ใช้แผ่นสไลด์บาง เกลี่ยให้ชั้นหนาของการเคลือบเท่ากัน ดังแสดงในภาพที่ 3.16 จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 1 ชั่วโมง



ภาพที่ 3.16 การเตรียม TiO_2 Paste โดยการสกรีนลงบนกระจกและจากนั้นนำไปเผา

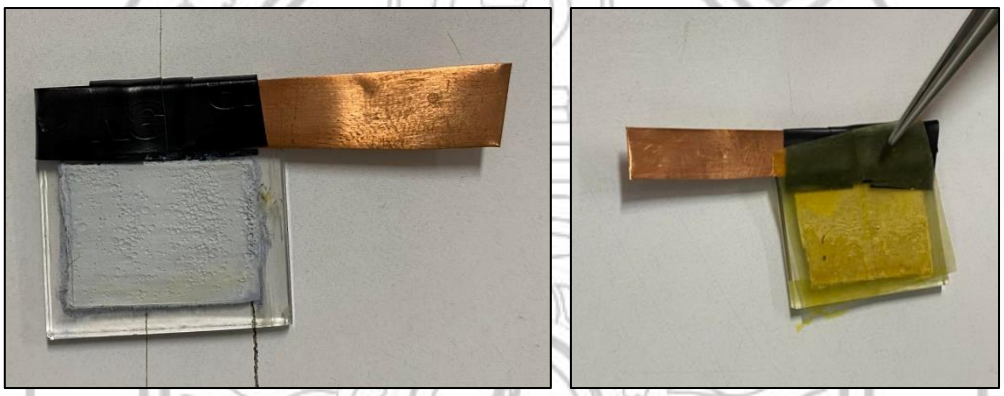
6) หยดสีจากสารสกัดสีจากพืชที่เตรียมไว้ลงบนด้านหน้าของไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบกระจกไว้ ณ อุณหภูมิห้อง หยดสารสีจำนวน 8-10 หยด รอให้แห้ง แล้วทำซ้ำ 3 ครั้ง ดังแสดงในภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 ตัวอย่างการหยดสีย้อมไวแสงที่ TiO_2 Paste

7) เตรียมอิเล็กโทรไลท์โดยนำ อะคริโลไนไตรล์ (Acrylonitrile) 80 มิลลิลิตร เอทิลีนคาร์บอเนต (Ethylene Carbonate) 20 มิลลิลิตร ไอโอดีน (Iodine: I) 0.84 กรัมและโพแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium Iodide: KI) 4.32 กรัม มาผสมคนเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

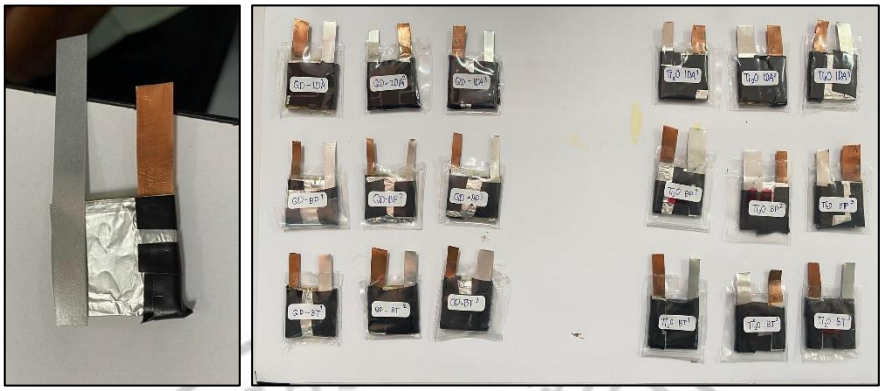
8) เตรียมการประกอบเซลล์ นำแผ่นทองแดงและแผ่นอะลูมิเนียมหนา 0.02 มิลลิเมตร มาตัดให้ได้ขนาด 0.5x7 เซนติเมตร เตรียมเยื่อโพลิเอทิลีน (Polyethylene Separator) ตัดขนาด 2.5 x 2.5 เซนติเมตรเท่ากับกระจก จากนั้นนำแผ่นทองแดงติดด้วยเทปกับกระจกด้านที่เว้นวางไว้ด้านข้าง ดังแสดงในภาพที่ 3.18 (ก) นำเยื่อโพลิเอทิลีนที่เตรียมไว้จุ่มลงในอิเล็คโทรไลท์ แล้วนำไปวางไว้บนกระจกด้านที่มีไทเทเนียมไดออกไซด์เคลือบอยู่ ดังแสดงในภาพที่ 3.18 (ข)



(ก) (ข)

ภาพที่ 3.18 (ก) แผ่นทองแดงติดด้วยเทปกาวด้านข้างกระจก (ข) เยื่อโพลิเอทิลีนจุ่มลงในอิเล็คโทรไลท์วางไว้บนไทเทเนียมไดออกไซด์

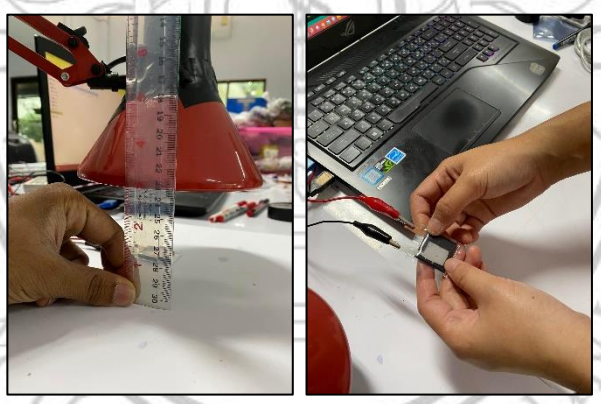
9) นำเคาเตอร์อิเล็คโทดมาประกบกับเยื่อโพลิเอทิลีน โดยให้ด้านคาร์บอนเข้าข้างในสัมผัสกับไทเทเนียมได้ออกไซด์ จากนั้นนำแผ่นอะลูมิเนียมติดไว้ด้านข้างกับช่องว่างที่กระจกเว้นไว้อีกด้านหนึ่งของเซลล์ ดังแสดงในภาพที่ 3.19 (ก) สุดท้ายนำเซลล์ที่ประกอบเสร็จแล้วไปเคลือบพลาสติกโดยรอบ จะได้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท ดังแสดงในภาพที่ 3.19 (ข)



(ก) (ข)

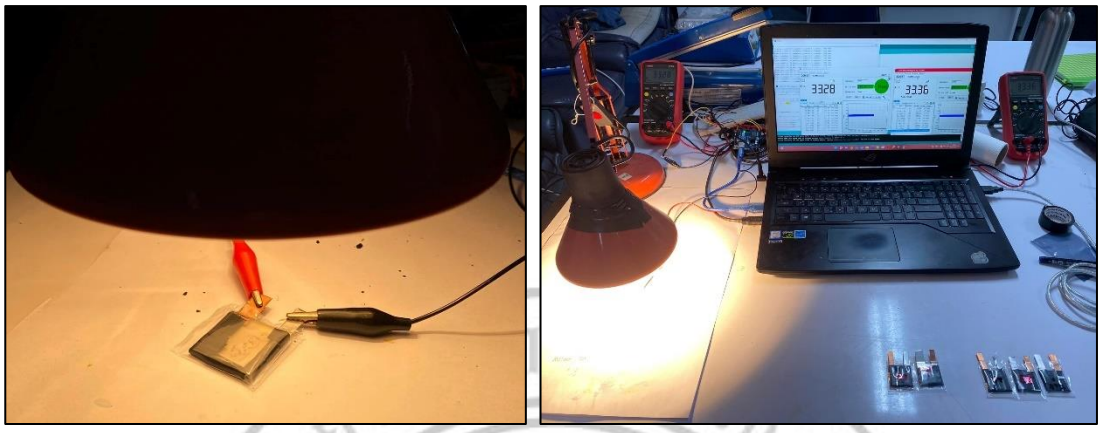
ภาพที่ 3.19 (ก) เคาเตอร์อิเล็คโทดประกบกับเยื่อโพลิเอทิลีน ให้แผ่นอะลูมิเนียมติดด้านข้าง (ข) เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท

10) นำเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทไปทดสอบประสิทธิภาพ โดยให้แสงสีเหลือง 19 วัตต์ต่อเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.20 และใช้มัลติมิเตอร์ดิจิตอลที่มีความต้านทานตัวแปร 10 กิโลโอห์ม



ภาพที่ 3.20 เตรียมอุปกรณ์เพื่อให้แสงแก่เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

11) บันทึกผลที่ได้ทุกขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 3.21 เพื่อหาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (%η) , ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกระแสที่เกิดจากแสง (Photocurrent Density) หรือความเข้มของกระแสต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (mA/cm^2) แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไป (Voltage) และกระแสไฟฟ้า (Current)



ภาพที่ 3.21 ทดสอบประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงและทำการวัด I-V Curve จะได้กราฟจากการวิเคราะห์ซึ่งสมรรถนะของเซลล์แสงอาทิตย์พิจารณาได้จาก

1) ค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (V_{oc})

2) ค่าความเข้มกระแสลัดวงจร (I_{sc})

3) ค่า Fill Factor (F.F.) โดยคิดจาก

$$FF = \frac{I_{max} \times V_{max}}{I_{sc} \times V_{oc}} \qquad (3.1)$$

4) ประสิทธิภาพ (Efficency, η) สามารถคำนวณได้จาก

$$\eta = \frac{I_{max} \times V_{max}}{P_{in}} = \frac{J_{SC} \times V_{OC} \times FF}{P_{in}} = \frac{P_{max}}{P_{in}} \qquad (3.2)$$

เมื่อ J_{SC} คือ ค่ากระแสลัดวงจร (Short Circuit Current: mA/cm^2)

V_{OC} คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร (Open Circuit Voltage: V)

FF คือ ค่าฟิลล์แฟคเตอร์

P_{in} คือ ความเข้มแสงที่ตกกระทบต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ขั้วไฟฟ้าแอโนด (W/cm^2)

ตอนที่ 4 ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการปฏิบัติผลของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงเพื่อยกระดับการเรียนรู้

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัย ได้ดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการทำวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนนุชนาถอนุสรณ์ ตำบลป่างิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย สังกัด สำนักงานการศึกษาเอกชน จำนวน 2 ห้องเรียน แบ่งเป็นดังนี้

ห้องเรียนที่ 1 จำนวนผู้เรียน 33 คน ห้องเรียนที่ 2 จำนวนผู้เรียน 29 คน

รวมผู้เรียนทั้งหมด 62 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนนุชนาถอนุสรณ์ ตำบลป่างิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย สังกัด สำนักงานการศึกษาเอกชน จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งได้รับการเลือกอย่างเจาะจง คือ ห้องเรียนที่ 1 จำนวนผู้เรียน 33 คน

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว

ตารางที่ 3.2 แบบแผนการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง	สอบก่อนเรียน	ทดลอง	สอบหลังเรียน
E	T_1	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E แทน กลุ่มตัวอย่างที่เรียนโดยชุดกิจกรรมการปฏิบัติวิทยาศาสตร์

T_1 แทน การสอบก่อนเรียน (Pretest)

X แทน การสอนโดยชุดกิจกรรมการปฏิบัติวิทยาศาสตร์

T_2 แทน การสอบหลังเรียน (Posttest)

ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรมการปฏิบัติวิทยาศาสตร์

1. ศึกษาหลักสูตรการศึกษาชั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง) สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 คู่มือการใช้หลักสูตร คู่มือครู และหนังเรียนแบบเรียนวิทยาศาสตร์ของกระทรวงศึกษาธิการ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.1 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 6 ชั่วโมง/คาบเรียน ดังแสดงในภาพที่ 3.22

แผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1

เรื่อง พลังงาน **เวลา** 8 ชั่วโมง

รหัสวิชา ว32102 **รายวิชา** วิทยาศาสตร์กายภาพ (ฟิสิกส์)

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 **ภาคเรียนที่** 2

---

1. แผนที่ 1 **เรื่อง** พลังงานในชีวิตประจำวัน **เวลา** 4 **ชั่วโมง**

สอนวันที่ 4 เดือน เมษายน พ.ศ. 2565

2. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงานพลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 2.3 ม.5/2 สืบค้นข้อมูลและอธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงาน โดยเน้นด้านประสิทธิภาพและความคุ้มค่าด้านค่าใช้จ่าย

3. สาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้แกนกลาง

การนำพลังงานทดแทนมาใช้เป็นการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการด้านพลังงาน เช่น การเปลี่ยนพลังงานนิวเคลียร์เป็นพลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยเซลล์สุริยะ

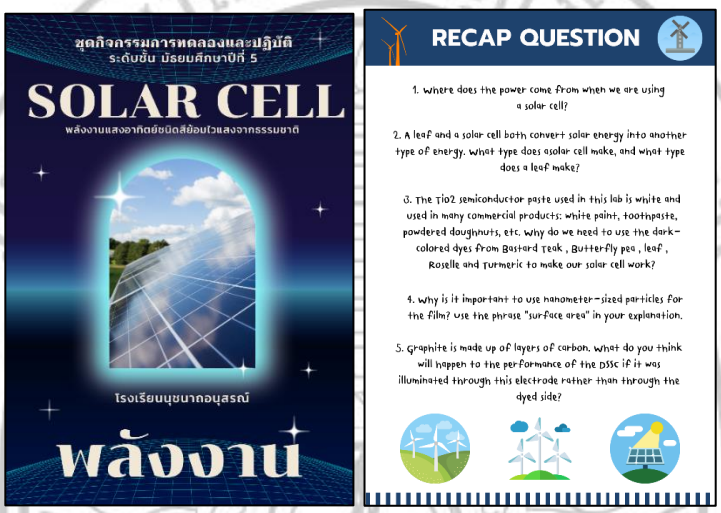
ภาพที่ 3.22 แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องพลังงาน

2. คู่มือการใช้ชุดกิจกรรมการปฏิบัติ มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตร คู่มือครู ในด้านมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง สาระการเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ เพื่อนำไปสร้างคู่มือครูประกอบการสอนชุดกิจกรรม

2.2 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้แต่ละชุดกิจกรรมการปฏิบัติ

2.3 สร้างชุดกิจกรรมการปฏิบัติ เรื่อง “เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง” เพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ดังแสดงในภาพที่ 3.23



ภาพที่ 3.23 ชุดกิจกรรมการปฏิบัติ เรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติ

3. นำชุดกิจกรรมการปฏิบัติไปให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

4. นำชุดกิจกรรมการปฏิบัติที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเวียงป่าเป้าวิทยาลัย ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วนำผลที่ได้ไปปรับปรุงเพื่อใช้จริงในกลุ่มตัวอย่าง

5. ดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเพื่อจัดการเรียนการสอน ซึ่งเป็นนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนนุชนาถอนุสรณ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ได้จากการเลือกแบบเจาะจง

6. ทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติเพื่อศึกษาความรู้เดิมของนักเรียน แล้วทำการเก็บข้อมูลที่ได้จากการทำแบบทดสอบไว้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลขั้นต่อไป

7. จัดเตรียมอุปกรณ์ สร้างชุดทดลองเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติ ตรวจสอบข้อบกพร่อง ก่อนดำเนินการจัดการเรียนการสอน

8. นำชุดกิจกรรมการปฏิบัติเรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ ดำเนินการจัดการเรียนการสอนด้วยชุดกิจกรรมการปฏิบัติ โดยเก็บคะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อนำมาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กระทำระหว่างภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โดยใช้เวลา 2 สัปดาห์ รวม 6 ชั่วโมง

9. ทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติเพื่อสรุปคะแนนและนำมาเปรียบเทียบ วิเคราะห์ข้อมูล

10. เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสรุปคะแนน และประเมินขณะการปฏิบัติทดลอง นำมาวิเคราะห์และสรุปผลจากการใช้ชุดกิจกรรมการปฏิบัติทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท หาค่าเฉลี่ย ร้อยละ และค่า t-test เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการปฏิบัติการทดลองระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนของนักเรียน โดยใช้เกณฑ์มาตรฐาน 80/80

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้สถิติและดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนจากสูตร การหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน, การหาค่าร้อยละของคะแนนค่าเฉลี่ยจากแบบทดสอบหลังเรียน การหาสถิติการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่กลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (t-test for Dependent Samples) และการหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการวิจัยตามวิธีที่ได้ดำเนินการในบทที่ 3 โดยได้แบ่งผลการวิจัยและการอภิปรายเป็นทั้งหมด 4 ตอน คือตอนที่ 1 ผลการศึกษาการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี โดยการหาลักษณะเฉพาะทางโครงสร้างจุลภาคของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่เตรียมได้โดยใช้เทคนิคเอ๊กเรย์ดิฟแฟรกชัน (XRD) รวมทั้งผลการหาค่าดูดกลืนแสงจากการใช้เทคนิคการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ในแต่ละอัตราส่วนต่าง ๆ ในการสังเคราะห์ ตอนที่ 2 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบผลของการสกัดสีของพืชในท้องถิ่นแต่ละชนิด โดยเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ในพืชแต่ละชนิด ตอนที่ 3 ผลการศึกษากระบวนการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง และสรุปค่าคุณลักษณะทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์และประสิทธิภาพการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง และตอนที่ 4 ผลการศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการปฏิบัติผลของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อยกระดับการเรียนรู้

ผลศึกษาการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี

ในผลการทดลองตอนนี้ได้ทำการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs) สำหรับใช้เป็นตัวดูดซับสีย้อมไวแสง (Sensitizer) เพื่อการประยุกต์ใช้เป็นขั้วไฟฟ้าแอโนด (Photoanode) ในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกันของปริมาณสารที่สังเคราะห์ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี ซึ่งมีตัวแปรต้นคือ ลวดไทเทเนียมไดออกไซด์ขนาด 1.6 มิลลิเมตร และความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดออกไซด์ ดังแสดงอัตราส่วนในตารางที่ 4.1 และตัวแปรควบคุมคือความเข้มข้นของกรดซิตริก จำนวน 0.5 โมล ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ 20 โวลต์ และระยะเวลาในการสังเคราะห์ 8 ชั่วโมง และมีตัวแปรตามคือ คุณสมบัติของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทและผลการทดสอบคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ค่าโครงสร้างระหว่างผลึกด้วยหลักการเลี้ยวเบนรังสีเอ๊กซ์ (X-ray Diffractometer: XRD) ของ TiO_2 – QDs ที่ผ่านการสังเคราะห์โดยวิธีไฟฟ้าเคมี

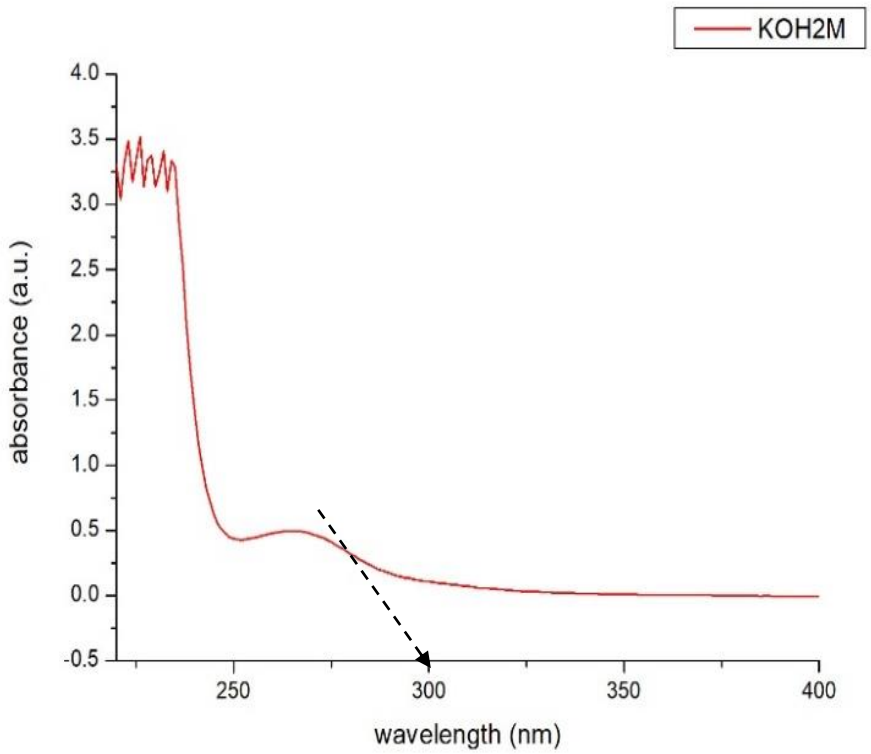
ตารางที่ 4.1 อัตราส่วนสารละลายอิเล็กโตรไลด์และเงื่อนไขที่เหมาะสมของการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท

ตัวอย่าง	ปริมาณสาร		เงื่อนไขที่เหมาะสม	
	Citric acid (M)	Potassium hydroxide (M)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	เวลา (ชั่วโมง)
1	0.5	2	40	8
2	0.5	3	40	8
3	0.5	4	40	8
4	0.5	5	40	8
5	0.5	6	40	8

1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs)

1.1 ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 2 โมล

จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs) ที่ผ่านการสังเคราะห์ โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 2 โมล ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ที่กระแสไฟฟ้า 20 โวลต์ ระยะเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 300 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.1

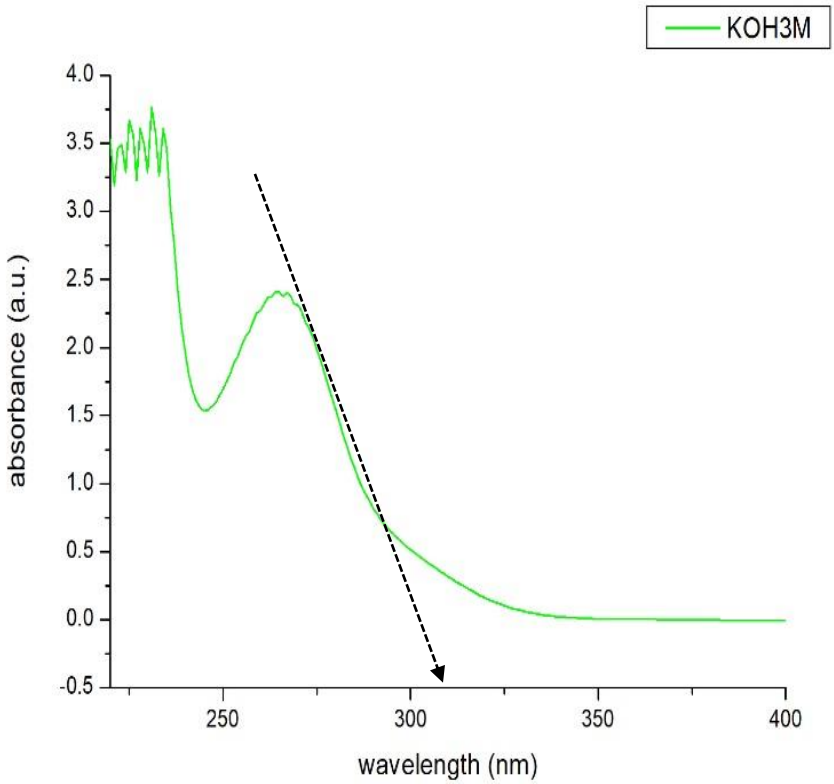


ภาพที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้น KOH 2 โมล

จากภาพที่ 4.1 ค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของ TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิ-ตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 2 โมล พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 300 นาโนเมตร สอดคล้องกับงานวิจัยอ้างอิงของ ธนัชพร ภูบัวดวง (2564) ที่ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 302 นาโนเมตร และสุวรรณภักดี (Suwannapakdee, 2559) ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 300-350 นาโนเมตร

1.2 ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 3 โมล

จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs) ที่ผ่านการสังเคราะห์ โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 3 โมล ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ที่กระแสไฟฟ้า 20 โวลต์ ระยะเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 308 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.2

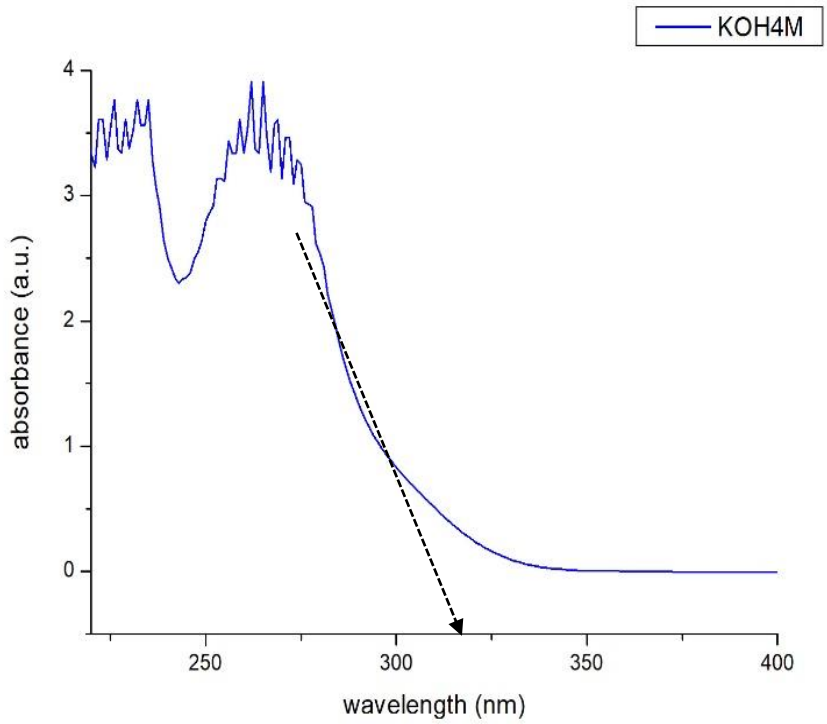


ภาพที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้น KOH 3 โมล

จากภาพที่ 4.2 ค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของ TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิ-ตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 3 โมล พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 308 นาโนเมตร สอดคล้องกับงานวิจัยอ้างอิงของ ธนัชพร ภูบัวดวง (2564) ที่ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 326 นาโนเมตร และสุวรรณภักดี (Suwannapakdee, 2559) ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 300-350 นาโนเมตร

1.3 ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 4 โมล

จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs) ที่ผ่านการสังเคราะห์ โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 4 โมล ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ที่กระแสไฟฟ้า 20 โวลต์ ระยะเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 316 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.3

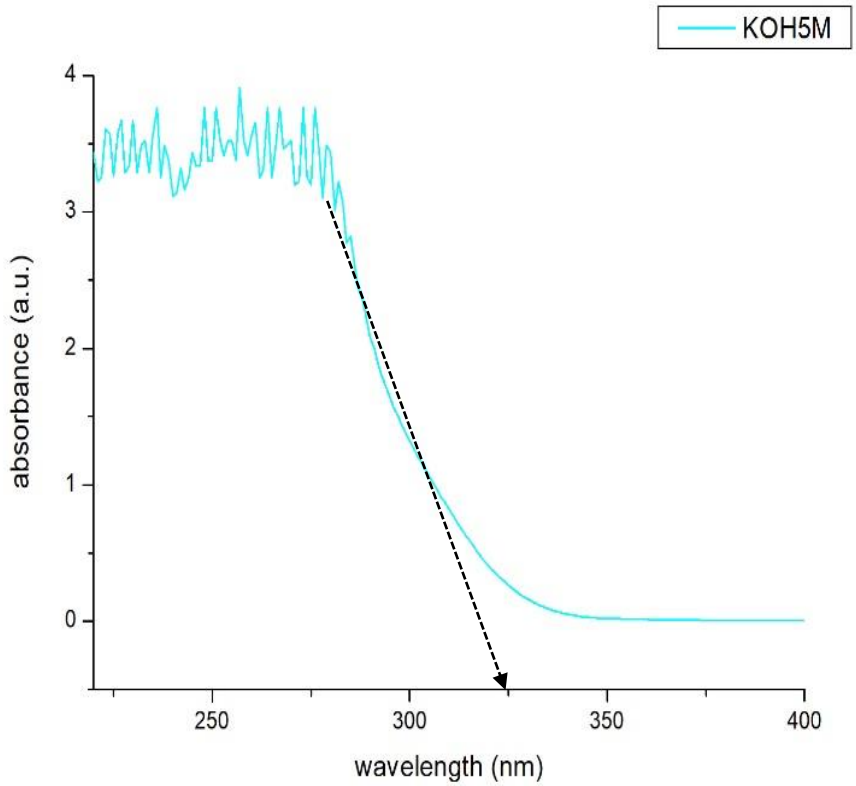


ภาพที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้น KOH 4 โมล

จากภาพที่ 4.3 ค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของ TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิ-ตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 4 โมล พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 316 นาโนเมตร สอดคล้องกับงานวิจัยอ้างอิงของ ธนัชพร ภูบัวดวง (2564) ที่ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 334 นาโนเมตร และสุวรรณภักดี (Suwannapakdee, 2559) ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 300-350 นาโนเมตร

1.4 ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 5 โมล

จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs) ที่ผ่านการสังเคราะห์ โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 5 โมล ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ที่กระแสไฟฟ้า 20 โวลต์ ระยะเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 324 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.4

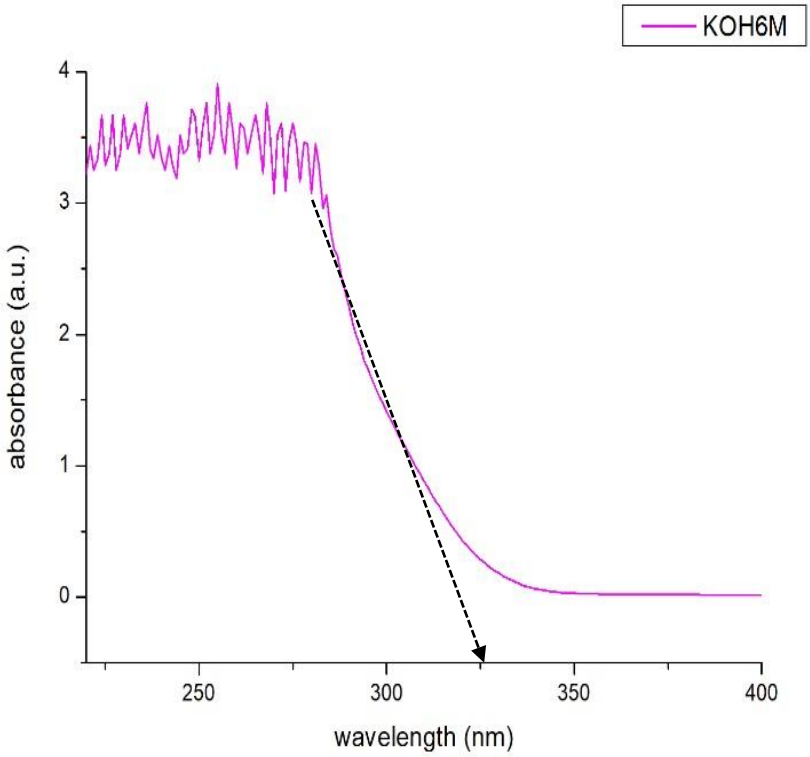


ภาพที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้น KOH 5 โมล

จากภาพที่ 4.4 ค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของ TiO2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิ-ตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 5 โมล พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 324 นาโนเมตร สอดคล้องกับงานวิจัยอ้างอิงของ ธนัชพร (2564) ที่ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 336 นาโนเมตร และสุวรรณภักดี (Suwannapakdee, 2559) ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 300-350 นาโนเมตร

1.5 ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 6 โมล

จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs) ที่ผ่านการสังเคราะห์ โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 6 โมล ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ที่กระแสไฟฟ้า 20 โวลต์ ระยะเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 326 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.5

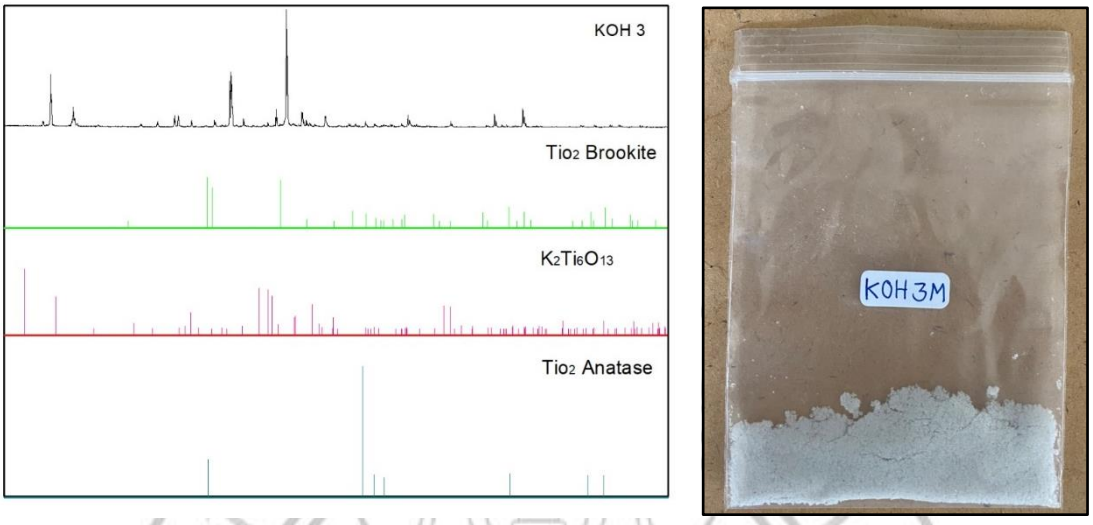


ภาพที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้น KOH 6 โมล

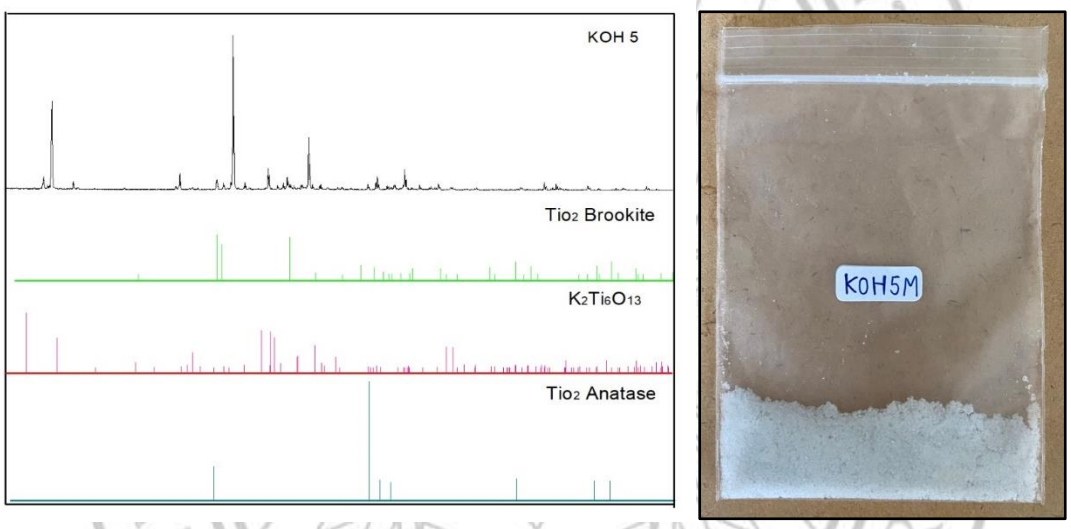
จากภาพที่ 4.5 ค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของ TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิ-ตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 6 โมล พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 326 นาโนเมตร สอดคล้องกับงานวิจัยอ้างอิงของ ธนัชพร ภูบัวดวง (2564) ที่ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 342 นาโนเมตร และสุวรรณภักดี (Suwannapakdee, 2559) ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 300-350 นาโนเมตร

2. ผลการวิเคราะห์ TiO_2 – QDs จากการทดสอบเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD)

ในงานวิจัยนี้ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs) ที่ผ่านการสังเคราะห์โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 3 โมลและ 5 โมล ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ที่กระแสไฟฟ้า 20 โวลต์ ระยะเวลา 8 ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาคด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ๊กซ์เพื่ออธิบายลักษณะทางผลึก ดังแสดงในภาพที่ 4.6



(ก)



(ข)

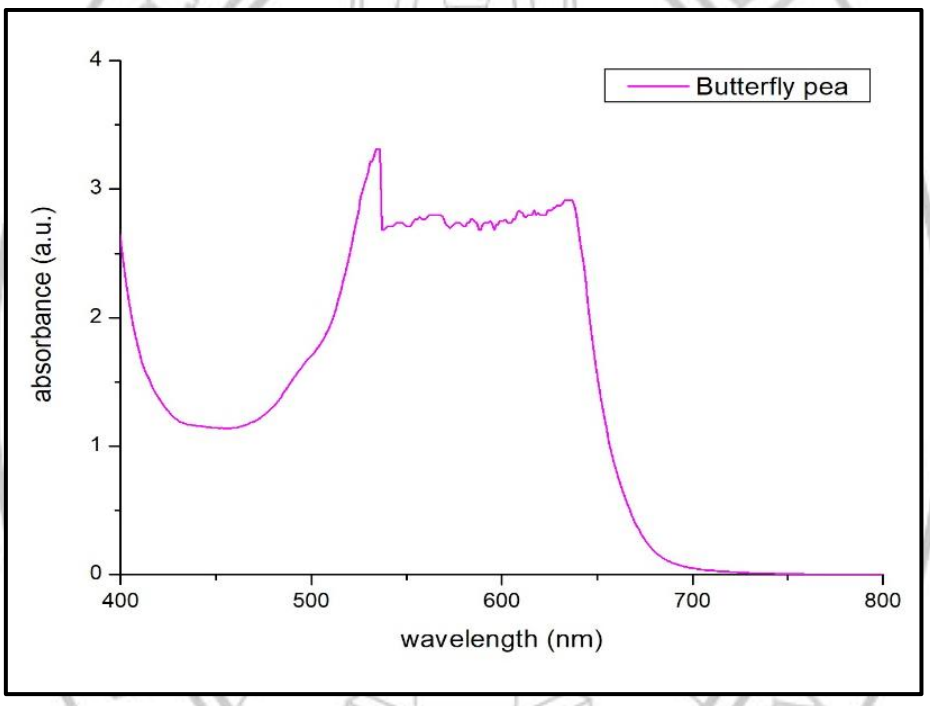
ภาพที่ 4.6 ผงและโครงสร้างแบบผลึกของสารประกอบ TiO_2 – QDs ที่ความเข้มข้นของ KOH 3 โมล (ก) และ KOH 5 โมล (ข)

จากภาพที่ 4.6 การศึกษาโครงสร้างแบบผลึกของสารประกอบ TiO_2 – QDs ที่สังเคราะห์ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี โดยใช้อัตราส่วนกรดซิตริก 0.5 และความเข้มข้นของ KOH 3 โมล และ KOH 5 โมล พบว่าผง TiO_2 – QDs ที่สังเคราะห์ได้มีมุมตกกระทบที่สอดคล้องกับข้อมูลอ้างอิงมาตรฐาน $K_2Ti_6O_{13}$ JCPDs: 99-100-9280, TiO_2 (Anatase) JCPDs: 99-101-9414 และ TiO_2 (Brookite) JCPDs: 99-101-4505

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดรงควัตถุ

1. คุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดจากอัญชัน (Butterfly Pea)

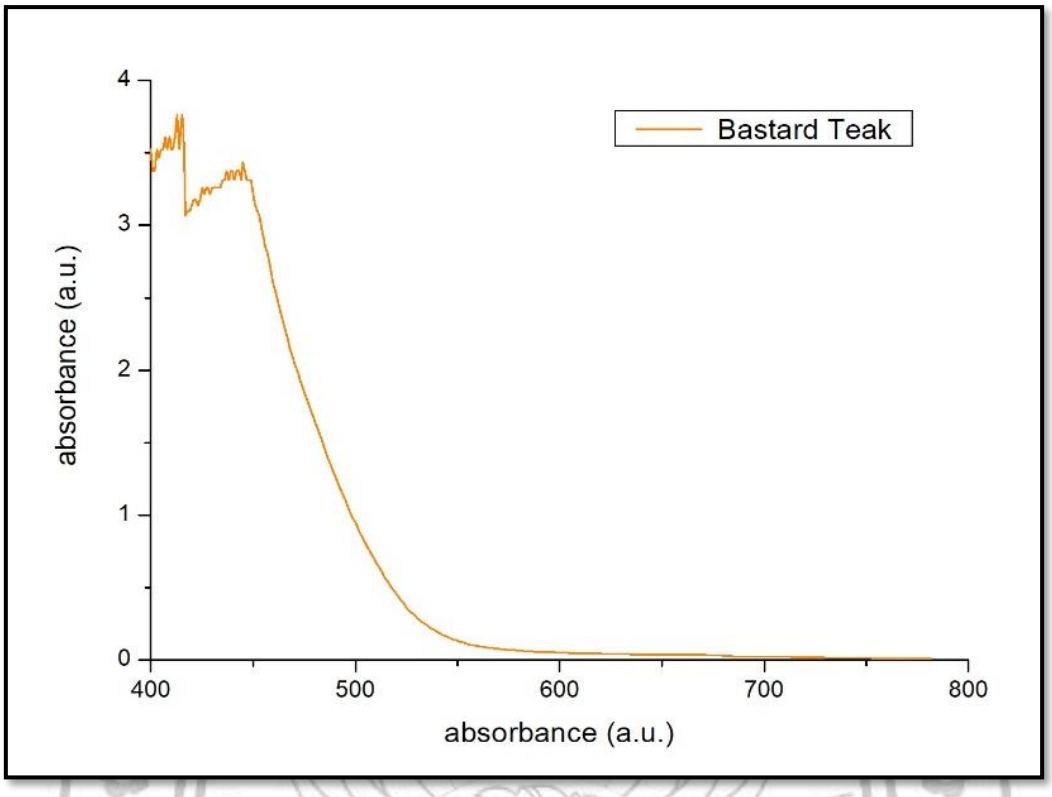
จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดจากอัญชัน พบว่า สารสกัดรงควัตถุจากอัญชันที่ได้ มีค่าความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 520 - 650 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.7 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีที่กล่าวว่า รงควัตถุชนิด Anthocyanin โดยส่วนใหญ่ปรากฏเป็นสีน้ำเงิน-ม่วง มีความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงประมาณ 520-650 นาโนเมตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สถาพร คำหอม (2561) กล่าวว่าสีย้อมที่ได้จากดอกอัญชันแสดงความยาวคลื่นอยู่ในช่วงระหว่าง 520 – 610 นาโนเมตร



ภาพที่ 4.7 การดูดกลืนแสงของสารสกัดรงควัตถุจากดอกอัญชัน

2. คุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดจากทองกวาว (Bastard Teak)

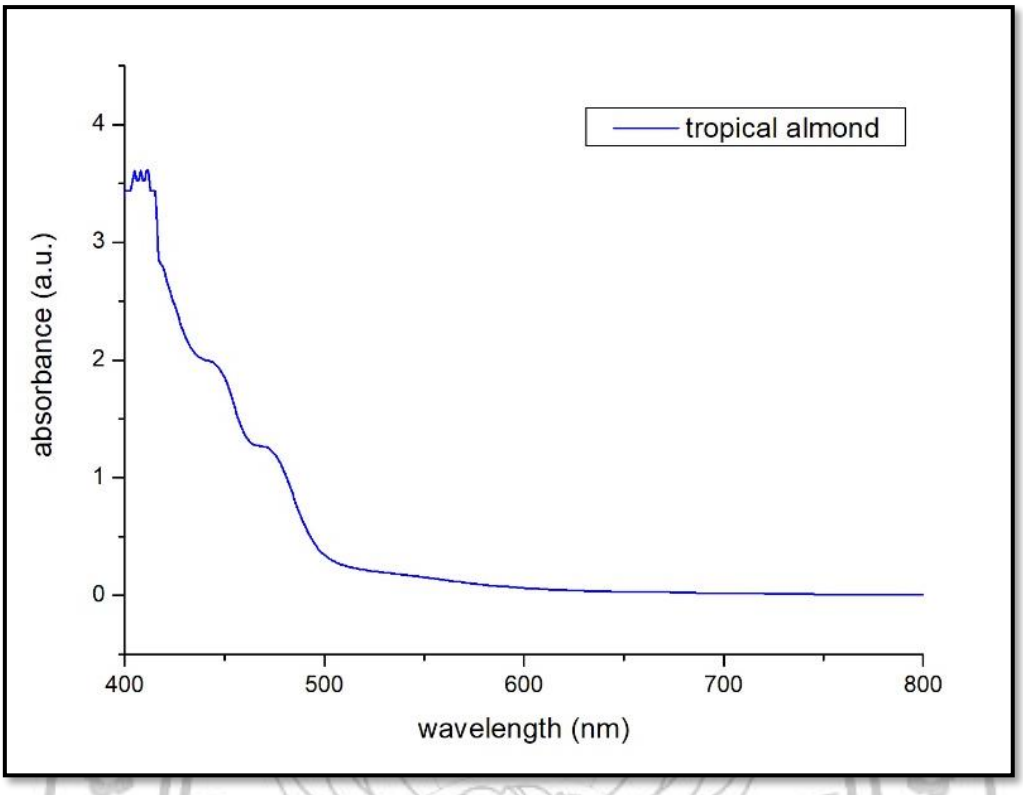
จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดจากทองกวาว พบว่า สารสกัดรงควัตถุจากทองกวาวที่ได้ มีค่าความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 430 - 480 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.8 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีที่กล่าวว่า รงควัตถุชนิด Carotenoid โดยส่วนใหญ่ปรากฏเป็นสีเหลือง-แดง มีความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงประมาณ 400-550 นาโนเมตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของอุสติน (Ustin, 2018) กล่าวว่าสีย้อมที่ได้จากรงควัตถุชนิด Carotenoid ความยาวคลื่นอยู่ในช่วงระหว่าง 400-550 นาโนเมตรและค่าความยาวคลื่นสูงสุดคือ 450 นาโนเมตร



ภาพที่ 4.8 การดูดกลืนแสงของสารสกัดรงควัตถุจากทองกวาว

3. คุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดจากใบหูกวาง (Tropical Almond)

จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดจากหูกวาง พบว่า สารสกัดรงควัตถุจากใบหูกวางที่ได้ มีค่าความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400 - 500 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.9 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีที่กล่าวว่า รงควัตถุชนิด Carotenoid โดยส่วนใหญ่ปรากฏเป็นสีเหลือง - แดง มีความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงประมาณ 400 - 550 นาโนเมตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนัชพร ภูบัวดวง (2564) กล่าวได้สีย้อมที่ได้จากหูกวาง แสดงความยาวคลื่นอยู่ในช่วงระหว่าง 400 - 550 นาโนเมตร



ภาพที่ 4.9 การดูดกลืนแสงของสารสกัดรงควัตถุจากใบหูกวาง

ผลการศึกษากระบวนการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

จากการศึกษากระบวนการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยประกอบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2-QDs) ร่วมกับการสกัดสีจากพืช 3 ชนิด คือ อัญชัน หูกวาง ทองกวาว บนกระจกนำไฟฟ้า FTO และทำการทดสอบประสิทธิภาพด้วยการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ใช้ความสว่างจากหลอดไฟ ขนาด 19 วัตต์ต่อตารางเมตร เพื่อทดสอบในห้องทดลอง ภาพที่ 4.10 แสดงให้เห็นถึงลักษณะโดยทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่เป็นต้นแบบของงานวิจัยนี้ หลังจากประดิษฐ์เสร็จเรียบร้อย

(ก)

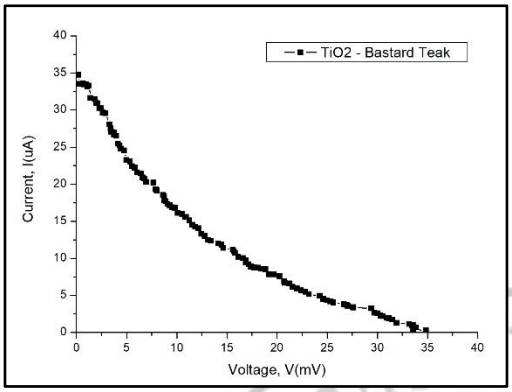
(ข)

ภาพที่ 4.10 (ก) ลักษณะโดยทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่เป็นต้นแบบงานวิจัยนี้ (ข) การทดสอบประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

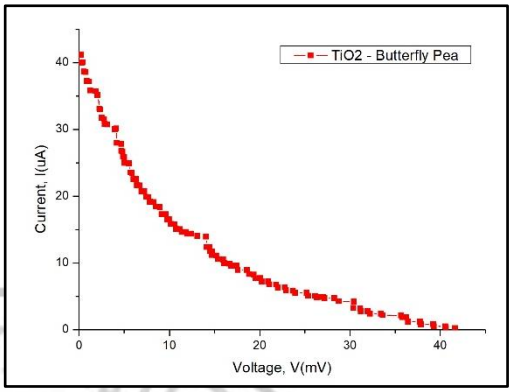
ตารางที่ 4.2 ผลค่าทางไฟฟ้าและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (เงื่อนไขในการสกัด)	I_{sc} (μA)	V_{oc} (mV)	P_{max} (μW)	FF (%)	η (%)
ผงไทเทียมไดออกไซด์สกัดสีจากดอกทองกวาว	34.74	34.86	0.18	45.23	0.0095
ผงไทเทียมไดออกไซด์สกัดสีจากดอกอัญชัน	41.17	41.63	0.18	43.22	0.0129
ผงไทเทียมไดออกไซด์สกัดสีจากใบหูกวาง	58.02	45.86	0.35	39.30	0.0182
ไทเทียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2-QDs) สกัดสีจากดอกทองกวาว	122.65	124.24	0.57	18.46	0.0444
ไทเทียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2-QDs) สกัดสีจากดอกอัญชัน	131.99	109.01	1.03	36.11	0.0899
ไทเทียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2-QDs) สกัดสีจากใบหูกวาง	412.80	268.97	5.60	26.47	0.4577

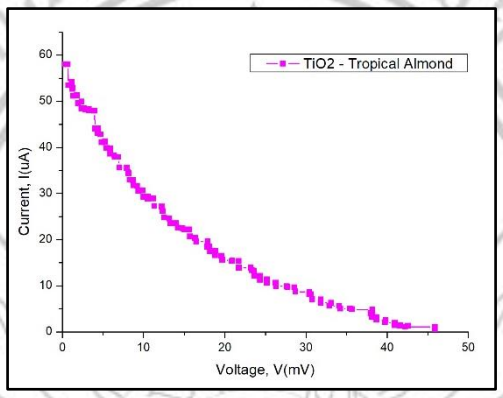
จากตารางที่ 4.2 แสดงผลค่าทางไฟฟ้าและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ทางผู้วิจัยเปรียบผลค่าที่ได้จากการประดิษฐ์โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือประกอบโดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ผง ซึ่งเป็นสารมาตรฐานที่ใช้เป็นปกติ และ ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น พบว่า ผลค่าทางไฟฟ้าของไททาเนียมไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ขึ้นมีค่ามากกว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ผงในรูปแบบปกติ แสดงให้เห็นว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ขึ้นสามารถให้ค่าทางไฟฟ้าได้ดีกว่าในรูปแบบทั่วไป และเมื่อเปรียบเทียบไทเทเนียมได้ออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอททั้งคู่ให้ผลสารสกัดสีจากทองกวางกับอัญชันมีค่าใกล้เคียงกันแต่สารสกัดสีจากหูกวางมีค่าทางไฟฟ้าได้มากที่สุด และค่าประสิทธิภาพการแปลงผันพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ที่มากที่สุดคือเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากหูกวางร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2-QDs) ที่มีค่า I_{sc} = 412.80 μA, V_{oc} = 268.97 mV, Pmax = 5.6 μW และประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้ามีค่า η = 0.46 %



(ก)



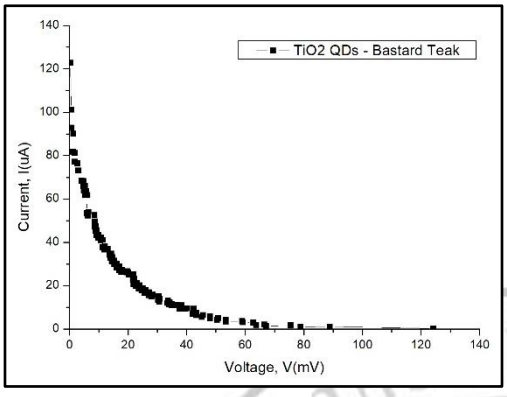
(ข)



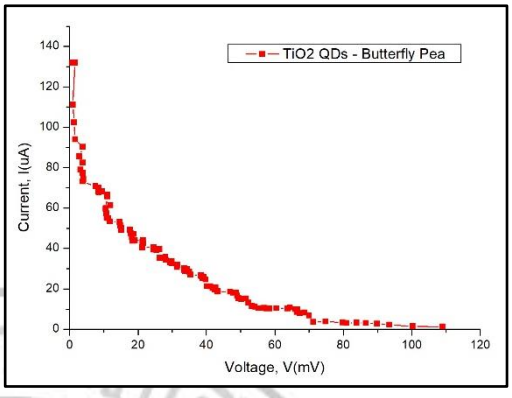
(ค)

ภาพที่ 4.11 (ก) กราฟ I-V Curve ของ DSSCs ร่วมกับ TiO_2 ผงสกัดสีจากทองกวาว (ข) กราฟ I-V Curve ของ DSSCs ร่วมกับ TiO_2 ผงสกัดสีจากอัญชัน (ค) กราฟ I-V Curve ของ DSSCs ร่วมกับ TiO_2 ผงสกัดสีจากหูกวาง

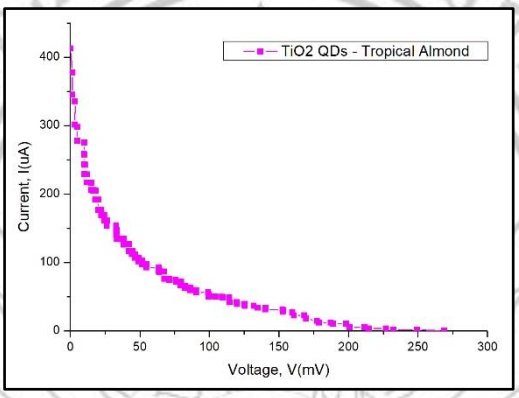
จากภาพที่ 4.11 แสดงกราฟ I-V Curve ผลการสอบประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดย้อมไวแสงที่ประกอบจากขั้ว TiO_2 ผง ทดสอบประสิทธิภาพภายใต้แสงที่ตกกระทบ ค่าการส่องสว่าง 19 W/m^2 (ก) ร่วมกับสารสกัดสีจากทองกวาว พบว่ามีค่า I_{max} = 11.15 μA, V_{max} = 15.61 mV, P_{max} = 0.18 μW มีค่าประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า η = 0.0095 % (ข) ร่วมกับสารสกัดสีจากอัญชัน พบว่ามีค่า I_{max} = 9.59 μA, V_{max} = 17.44 mV, P_{max} = 0.17 μW มีค่าประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า η = 0.0129 % (ค) ร่วมกับสารสกัดสีจากหูกวาง พบว่ามีค่า I_{max} = 19.68 μA, V_{max} = 17.89 mV, P_{max} = 0.35 μW มีค่าประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า η = 0.0182 %



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.12 (ก) กราฟ I-V Curve ของ DSSCs ร่วมกับ TiO_2 – QDs สกัดสีจากทองกวาว (ข) กราฟ I-V Curve ของ DSSCs ร่วมกับ TiO_2 – QDs สกัดสีจากอัญชัน (ค) กราฟ I-V Curve ของ DSSCs ร่วมกับ TiO_2 – QDs สกัดสีจากหูกวาง

จากภาพที่ 4.12 แสดงกราฟ I-V Curve ผลการสอบประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดย้อมไวแสงที่ประกอบจากขั้ว TiO_2 – QDs ทดสอบประสิทธิภาพภายใต้แสงที่ตกกระทบ ค่าการส่องสว่าง 19 W/m^2 (ก) ร่วมกับสารสกัดสีจากทองกวาว พบว่ามีค่า I_{max} = 25.39 μA, V_{max} = 21.82 mV, P_{max} = 0.57 μW มีค่าประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า η = 0.0444 % (ข) ร่วมกับสารสกัดสีจากอัญชัน พบว่ามีค่า I_{max} = 25.97 μA, V_{max} = 39.18 mV, P_{max} = 1.03 μW มีค่าประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า η = 0.0899 % (ค) ร่วมกับสารสกัดสีจากหูกวาง พบว่ามีค่า I_{max} = 92.73 μA, V_{max} = 63.87 mV, P_{max} = 5.60 μW มีค่าประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า η = 0.457 %

ผลการศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการปฏิบัติผลของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อยกระดับการเรียนรู้

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาชุดกิจกรรมการปฏิบัติเรื่องเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง โดยนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนนุชนาถอนุสรณ์ ตำบลป่างิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย สังกัด สำนักงานการศึกษาเอกชน จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งได้รับการเลือกอย่างเจาะจง คือ ห้องเรียนที่ 1 จำนวนผู้เรียน 33 คน เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลการสร้างชุดกิจกรรมการปฏิบัติ การทำงานร่วมกัน และตระหนักถึงการใช้พลังงาน แสดงผลการวิจัยดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการปฏิบัติเรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังตารางที่ 4.3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นข้อสอบแบบปรนัย จำนวน 20 ข้อ รวม 20 คะแนน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 33 คน โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากข้อสอบแบบปรนัย โดยใช้ค่าทางสถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งรายละเอียดดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบผลต่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน-หลังเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนนุชนาถอนุสรณ์ จังหวัดเชียงราย

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	ร้อยละ	S.D.	t-test
ก่อนเรียน	20	6.94	34.70	2.49	24.59
หลังเรียน	20	16.09	80.45	2.08	

2. ผลการสร้างชุดกิจกรรมการปฏิบัติเรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.10/80.45 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพ 80/80 ดังตารางที่ 4.4 ผู้วิจัยได้จัดทำแผนการเรียนทั้งหมด 6 ชั่วโมง โดยแบ่งเป็น 6 แผนการจัดการเรียนรู้สำหรับใช้ชุดกิจกรรมรวมทั้งทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยตารางจะแสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และประสิทธิภาพ E_1/E_2

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการปฏิบัติเรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนนุชนาถอนุสรณ์ จังหวัดเชียงราย

แผนการจัดการเรียนรู้	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	ร้อยละ	S.D.	E_1/E_2
1	33	20	6.94	34.70	2.49	
2	33	10	8.39	83.90	0.95	
3	33	10	8.27	82.70	0.93	
4	33	10	8.30	83.00	0.87	
5	33	10	7.88	78.80	0.81	
6	33	20	16.09	80.45	2.08	
(E_1)	**33**	**40**	**32.84**	**82.10**	**0.90**	**82.10**
(E_2)	**33**	**20**	**16.09**	**80.45**	**2.08**	**80.45**

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการวิจัยตามวิธีที่ได้ดำเนินการในบทที่ 3 โดยได้แบ่งผลการวิจัยและการอภิปรายเป็นทั้งหมด 4 ตอน คือตอนที่ 1 ผลการศึกษาการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี โดยการหาลักษณะเฉพาะทางโครงสร้างจุลภาคของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่เตรียมได้โดยใช้เทคนิคเอ๊กเรย์ดิฟแฟรกชัน (XRD) รวมทั้งผลการหาค่าดูดกลืนแสงจากการใช้เทคนิคการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ในแต่ละอัตราส่วนต่าง ๆ ในการสังเคราะห์ ตอนที่ 2 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบผลของการสกัดสีของพืชในท้องถิ่นแต่ละชนิด โดยเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ในพืชแต่ละชนิด ตอนที่ 3 ผลการศึกษากระบวนการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง และสรุปค่าคุณลักษณะทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์และประสิทธิภาพการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง และตอนที่ 4 ผลการศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการปฏิบัติผลของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อยกระดับการเรียนรู้

ผลศึกษาการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี

ในผลการทดลองตอนนี้ได้ทำการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs) สำหรับใช้เป็นตัวดูดซับสีย้อมไวแสง (Sensitizer) เพื่อการประยุกต์ใช้เป็นขั้วไฟฟ้าแอโนด (Photoanode) ในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกันของปริมาณสารที่สังเคราะห์ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี ซึ่งมีตัวแปรต้นคือ ลวดไทเทเนียมไดออกไซด์ขนาด 1.6 มิลลิเมตร และความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดออกไซด์ ดังแสดงอัตราส่วนในตารางที่ 4.1 และตัวแปรควบคุมคือความเข้มข้นของกรดซิตริก จำนวน 0.5 โมล ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ 20 โวลต์ และระยะเวลาในการสังเคราะห์ 8 ชั่วโมง และมีตัวแปรตามคือ คุณสมบัติของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทและผลการทดสอบคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ค่าโครงสร้างระหว่างผลึกด้วยหลักการเลี้ยวเบนรังสีเอ๊กซ์ (X-ray Diffractometer: XRD) ของ TiO_2 – QDs ที่ผ่านการสังเคราะห์โดยวิธีไฟฟ้าเคมี

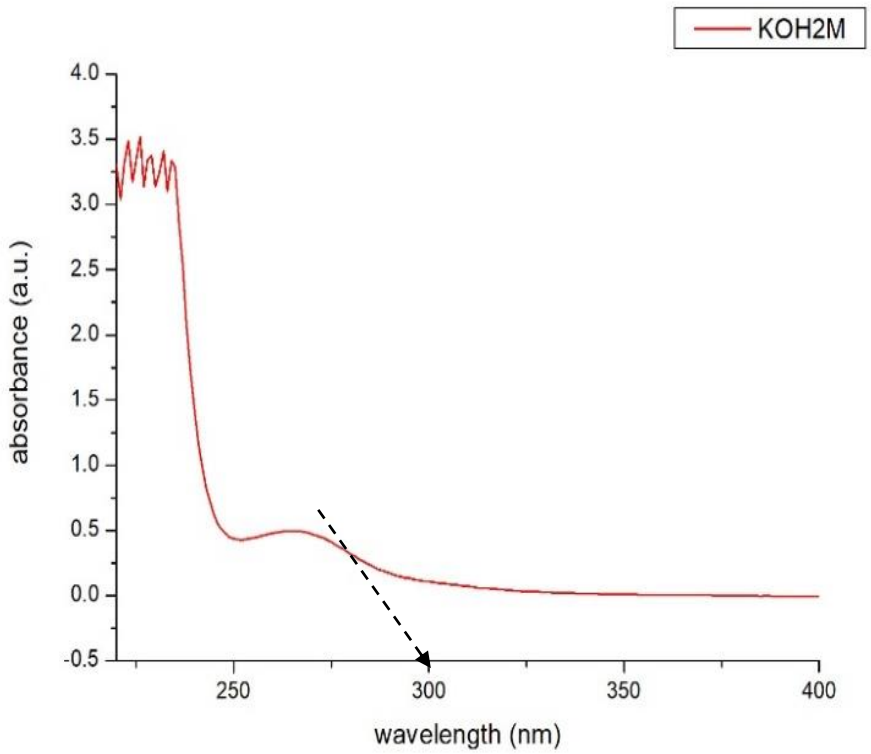
ตารางที่ 4.1 อัตราส่วนสารละลายอิเล็กโตรไลด์และเงื่อนไขที่เหมาะสมของการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท

ตัวอย่าง	ปริมาณสาร		เงื่อนไขที่เหมาะสม	
	Citric acid (M)	Potassium hydroxide (M)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	เวลา (ชั่วโมง)
1	0.5	2	40	8
2	0.5	3	40	8
3	0.5	4	40	8
4	0.5	5	40	8
5	0.5	6	40	8

1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs)

1.1 ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 2 โมล

จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs) ที่ผ่านการสังเคราะห์ โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 2 โมล ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ที่กระแสไฟฟ้า 20 โวลต์ ระยะเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 300 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.1

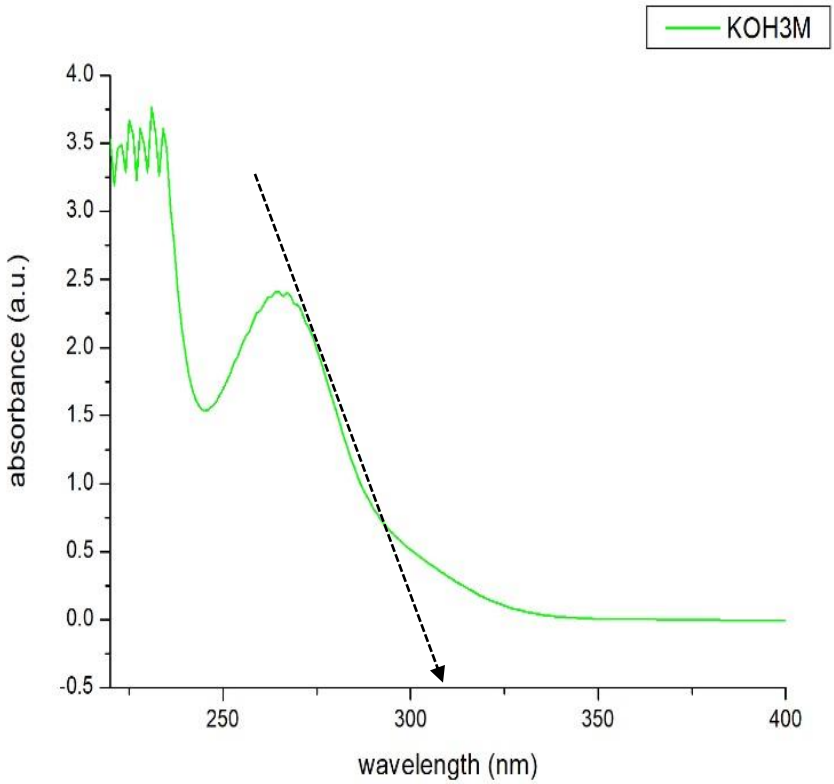


ภาพที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้น KOH 2 โมล

จากภาพที่ 4.1 ค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของ TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิ-ตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 2 โมล พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 300 นาโนเมตร สอดคล้องกับงานวิจัยอ้างอิงของ ธนัชพร ภูบัวดวง (2564) ที่ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 302 นาโนเมตร และสุวรรณภักดี (Suwannapakdee, 2559) ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 300-350 นาโนเมตร

1.2 ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 3 โมล

จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs) ที่ผ่านการสังเคราะห์ โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 3 โมล ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ที่กระแสไฟฟ้า 20 โวลต์ ระยะเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 308 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.2

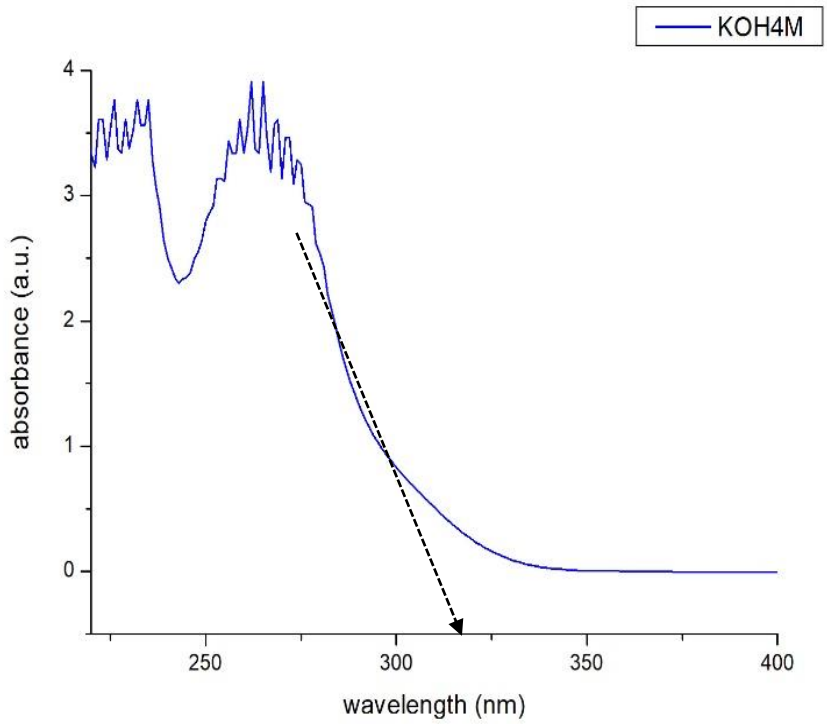


ภาพที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้น KOH 3 โมล

จากภาพที่ 4.2 ค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของ TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิ-ตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 3 โมล พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 308 นาโนเมตร สอดคล้องกับงานวิจัยอ้างอิงของ ธนัชพร ภูบัวดวง (2564) ที่ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 326 นาโนเมตร และสุวรรณภักดี (Suwannapakdee, 2559) ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 300-350 นาโนเมตร

1.3 ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 4 โมล

จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs) ที่ผ่านการสังเคราะห์ โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 4 โมล ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ที่กระแสไฟฟ้า 20 โวลต์ ระยะเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 316 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.3

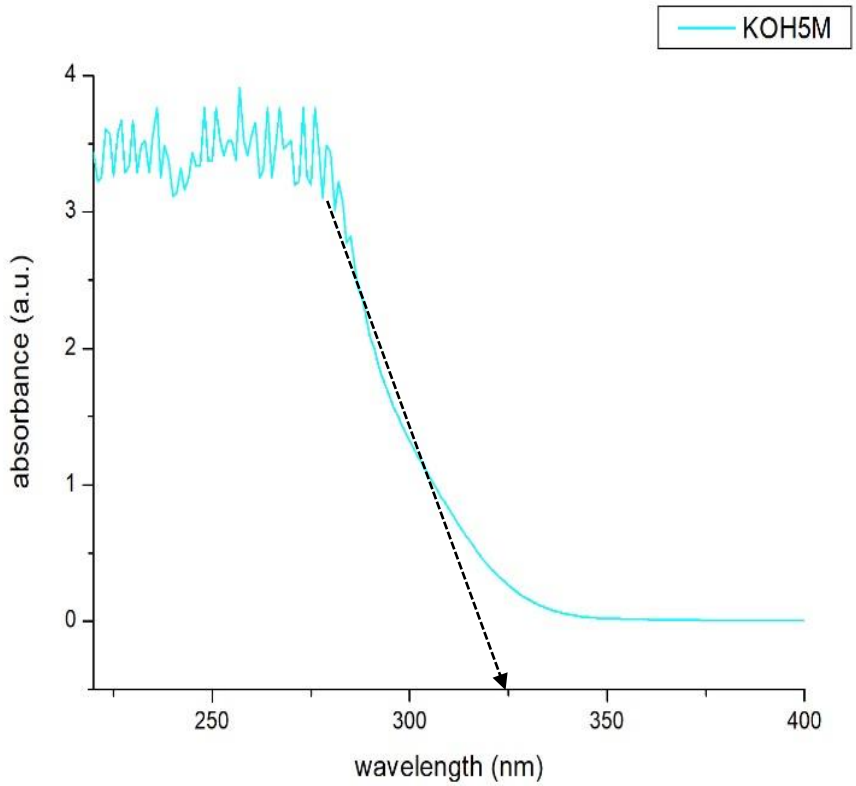


ภาพที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้น KOH 4 โมล

จากภาพที่ 4.3 ค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของ TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิ-ตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 4 โมล พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 316 นาโนเมตร สอดคล้องกับงานวิจัยอ้างอิงของ ธนัชพร ภูบัวดวง (2564) ที่ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 334 นาโนเมตร และสุวรรณภักดี (Suwannapakdee, 2559) ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 300-350 นาโนเมตร

1.4 ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 5 โมล

จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs) ที่ผ่านการสังเคราะห์ โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 5 โมล ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ที่กระแสไฟฟ้า 20 โวลต์ ระยะเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 324 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.4

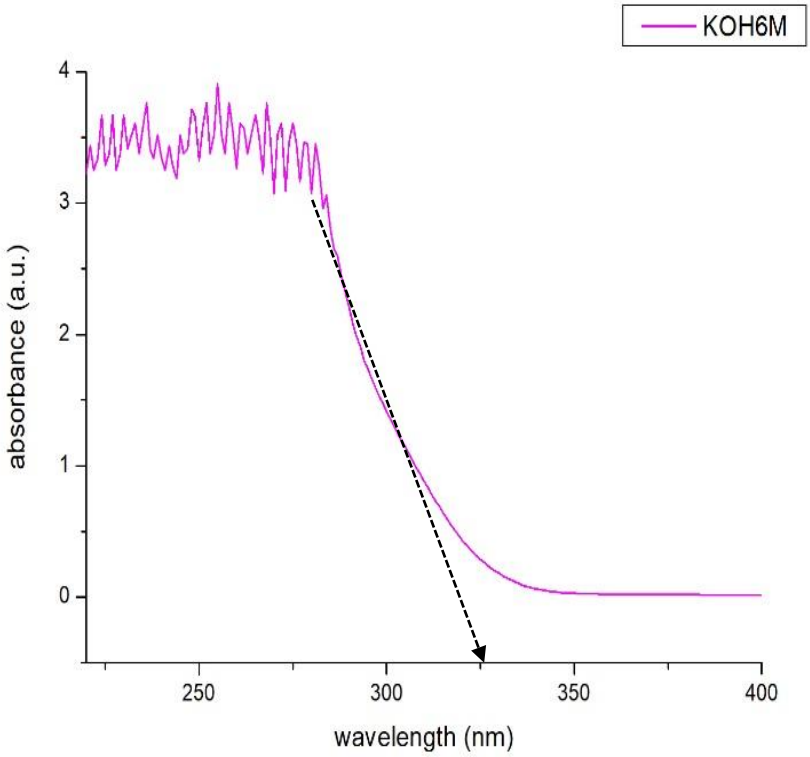


ภาพที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้น KOH 5 โมล

จากภาพที่ 4.4 ค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของ TiO2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิ-ตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 5 โมล พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 324 นาโนเมตร สอดคล้องกับงานวิจัยอ้างอิงของ ธนัชพร (2564) ที่ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 336 นาโนเมตร และสุวรรณภักดี (Suwannapakdee, 2559) ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 300-350 นาโนเมตร

1.5 ใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 6 โมล

จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs) ที่ผ่านการสังเคราะห์ โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 6 โมล ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ที่กระแสไฟฟ้า 20 โวลต์ ระยะเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 326 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.5

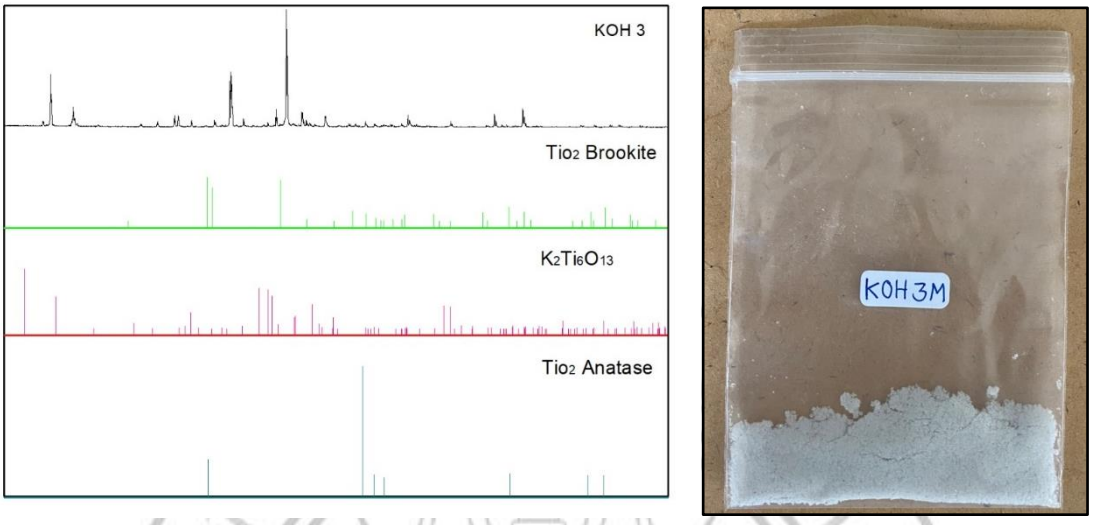


ภาพที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสง TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้น KOH 6 โมล

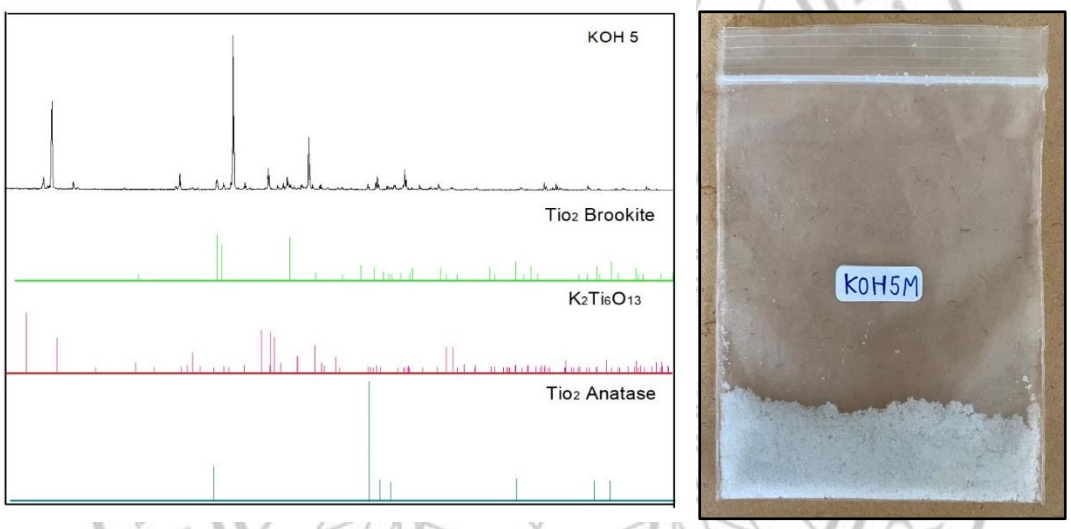
จากภาพที่ 4.5 ค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของ TiO_2 – QDs โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิ-ตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 6 โมล พบว่าดูดกลืนแสงมีค่าประมาณ 326 นาโนเมตร สอดคล้องกับงานวิจัยอ้างอิงของ ธนัชพร ภูบัวดวง (2564) ที่ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 342 นาโนเมตร และสุวรรณภักดี (Suwannapakdee, 2559) ผลการวิจัยกล่าวว่า TiO_2 – QDs มีค่าอยู่ช่วงประมาณ 300-350 นาโนเมตร

2. ผลการวิเคราะห์ TiO_2 – QDs จากการทดสอบเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD)

ในงานวิจัยนี้ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs) ที่ผ่านการสังเคราะห์โดยใช้ความเข้มข้นกรดซิตริก 0.5 โมล ผสมกับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 3 โมลและ 5 โมล ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ที่กระแสไฟฟ้า 20 โวลต์ ระยะเวลา 8 ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาคด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ๊กซ์เพื่ออธิบายลักษณะทางผลึก ดังแสดงในภาพที่ 4.6



(ก)



(ข)

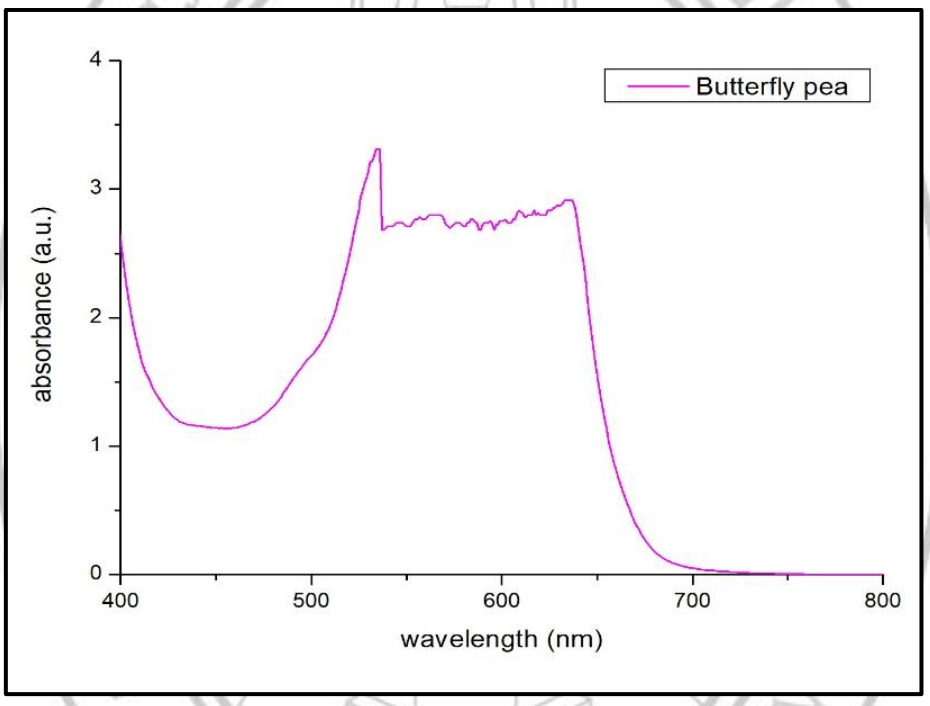
ภาพที่ 4.6 ผงและโครงสร้างแบบผลึกของสารประกอบ TiO_2 – QDs ที่ความเข้มข้นของ KOH 3 โมล (ก) และ KOH 5 โมล (ข)

จากภาพที่ 4.6 การศึกษาโครงสร้างแบบผลึกของสารประกอบ TiO_2 – QDs ที่สังเคราะห์ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี โดยใช้อัตราส่วนกรดซิตริก 0.5 และความเข้มข้นของ KOH 3 โมล และ KOH 5 โมล พบว่าผง TiO_2 – QDs ที่สังเคราะห์ได้มีมุมตกกระทบที่สอดคล้องกับข้อมูลอ้างอิงมาตรฐาน $K_2Ti_6O_{13}$ JCPDs: 99-100-9280, TiO_2 (Anatase) JCPDs: 99-101-9414 และ TiO_2 (Brookite) JCPDs: 99-101-4505

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดรงควัตถุ

1. คุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดจากอัญชัน (Butterfly Pea)

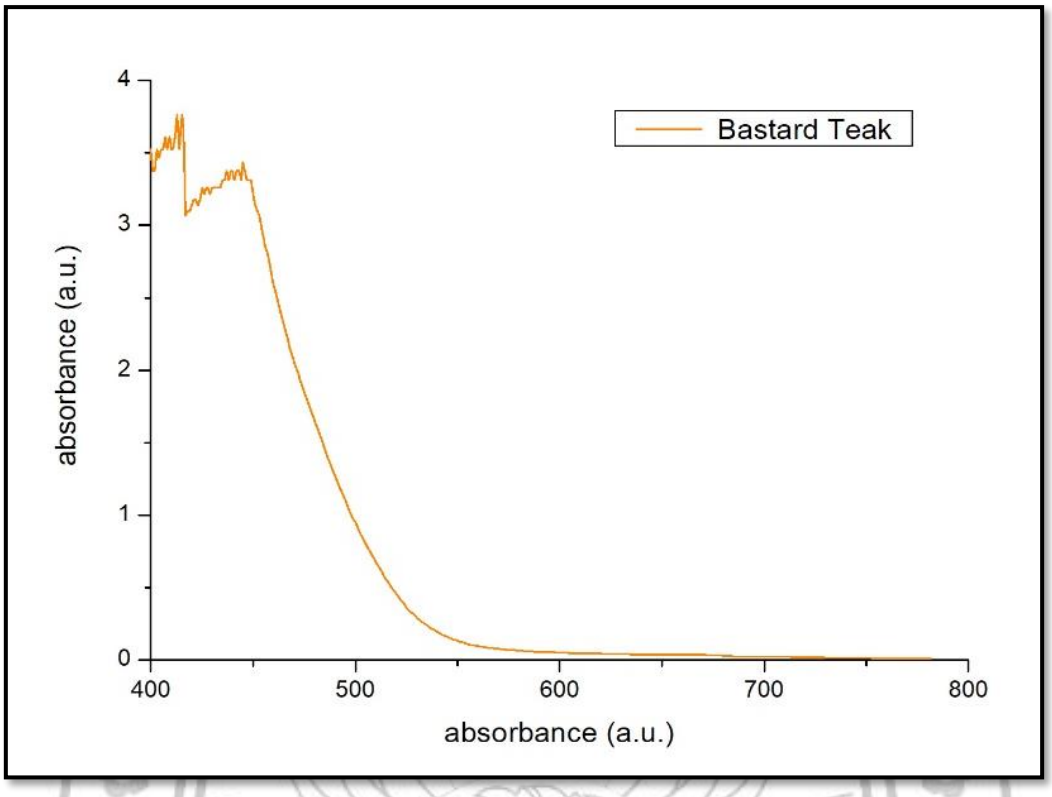
จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดจากอัญชัน พบว่า สารสกัดรงควัตถุจากอัญชันที่ได้ มีค่าความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 520 - 650 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.7 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีที่กล่าวว่า รงควัตถุชนิด Anthocyanin โดยส่วนใหญ่ปรากฏเป็นสีน้ำเงิน-ม่วง มีความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงประมาณ 520-650 นาโนเมตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สถาพร คำหอม (2561) กล่าวว่าสีย้อมที่ได้จากดอกอัญชันแสดงความยาวคลื่นอยู่ในช่วงระหว่าง 520 – 610 นาโนเมตร



ภาพที่ 4.7 การดูดกลืนแสงของสารสกัดรงควัตถุจากดอกอัญชัน

2. คุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดจากทองกวาว (Bastard Teak)

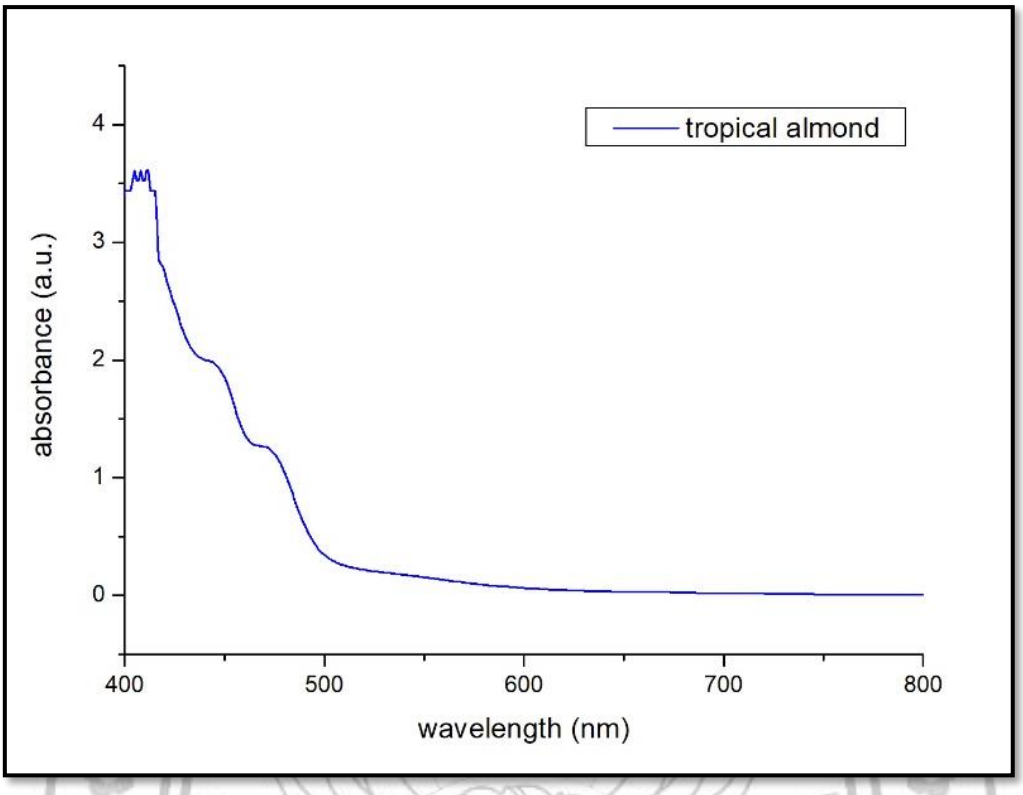
จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดจากทองกวาว พบว่า สารสกัดรงควัตถุจากทองกวาวที่ได้ มีค่าความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 430 - 480 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.8 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีที่กล่าวว่า รงควัตถุชนิด Carotenoid โดยส่วนใหญ่ปรากฏเป็นสีเหลือง-แดง มีความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงประมาณ 400-550 นาโนเมตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของอุสติน (Ustin, 2018) กล่าวว่าสีย้อมที่ได้จากรงควัตถุชนิด Carotenoid ความยาวคลื่นอยู่ในช่วงระหว่าง 400-550 นาโนเมตรและค่าความยาวคลื่นสูงสุดคือ 450 นาโนเมตร



ภาพที่ 4.8 การดูดกลืนแสงของสารสกัดรงควัตถุจากทองกวาว

3. คุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดจากใบหูกวาง (Tropical Almond)

จากการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดจากหูกวาง พบว่า สารสกัดรงควัตถุจากใบหูกวางที่ได้ มีค่าความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400 - 500 นาโนเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.9 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีที่กล่าวว่า รงควัตถุชนิด Carotenoid โดยส่วนใหญ่ปรากฏเป็นสีเหลือง - แดง มีความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงประมาณ 400 - 550 นาโนเมตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนัชพร ภูบัวดวง (2564) กล่าวได้สีย้อมที่ได้จากหูกวาง แสดงความยาวคลื่นอยู่ในช่วงระหว่าง 400 - 550 นาโนเมตร



ภาพที่ 4.9 การดูดกลืนแสงของสารสกัดรงควัตถุจากใบหูกวาง

ผลการศึกษากระบวนการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

จากการศึกษากระบวนการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยประกอบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2-QDs) ร่วมกับการสกัดสีจากพืช 3 ชนิด คือ อัญชัน หูกวาง ทองกวาว บนกระจกนำไฟฟ้า FTO และทำการทดสอบประสิทธิภาพด้วยการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ใช้ความสว่างจากหลอดไฟ ขนาด 19 วัตต์ต่อตารางเมตร เพื่อทดสอบในห้องทดลอง ภาพที่ 4.10 แสดงให้เห็นถึงลักษณะโดยทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่เป็นต้นแบบของงานวิจัยนี้ หลังจากประดิษฐ์เสร็จเรียบร้อย

(ก)

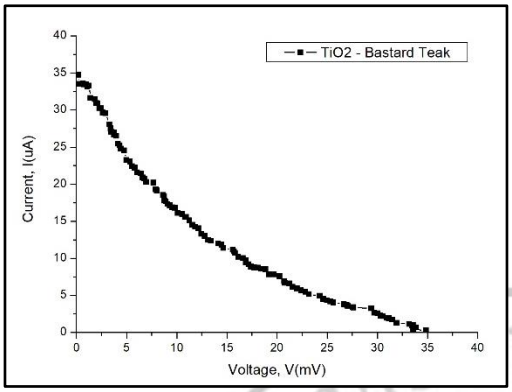
(ข)

ภาพที่ 4.10 (ก) ลักษณะโดยทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่เป็นต้นแบบงานวิจัยนี้ (ข) การทดสอบประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

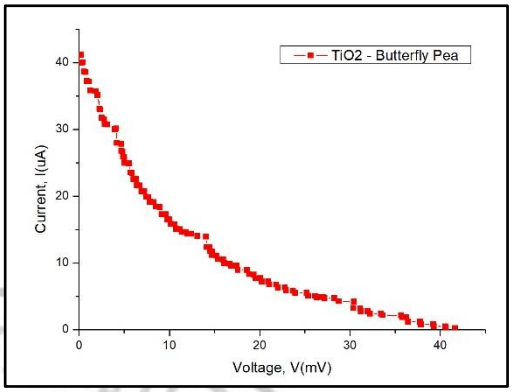
ตารางที่ 4.2 ผลค่าทางไฟฟ้าและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (เงื่อนไขในการสกัด)	I_{sc} (μA)	V_{oc} (mV)	P_{max} (μW)	FF (%)	η (%)
ผงไทเทียมไดออกไซด์สกัดสีจากดอกทองกวาว	34.74	34.86	0.18	45.23	0.0095
ผงไทเทียมไดออกไซด์สกัดสีจากดอกอัญชัน	41.17	41.63	0.18	43.22	0.0129
ผงไทเทียมไดออกไซด์สกัดสีจากใบหูกวาง	58.02	45.86	0.35	39.30	0.0182
ไทเทียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2-QDs) สกัดสีจากดอกทองกวาว	122.65	124.24	0.57	18.46	0.0444
ไทเทียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2-QDs) สกัดสีจากดอกอัญชัน	131.99	109.01	1.03	36.11	0.0899
ไทเทียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2-QDs) สกัดสีจากใบหูกวาง	412.80	268.97	5.60	26.47	0.4577

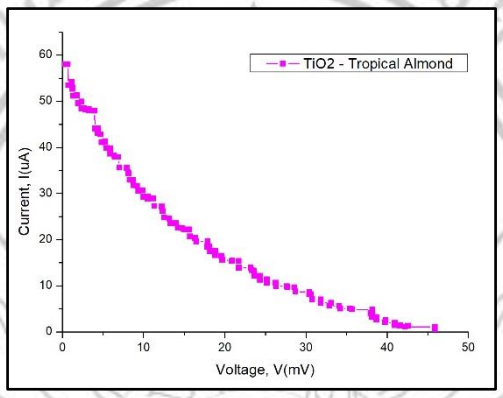
จากตารางที่ 4.2 แสดงผลค่าทางไฟฟ้าและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ทางผู้วิจัยเปรียบผลค่าที่ได้จากการประดิษฐ์โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือประกอบโดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ผง ซึ่งเป็นสารมาตรฐานที่ใช้เป็นปกติ และ ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น พบว่า ผลค่าทางไฟฟ้าของไททาเนียมไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ขึ้นมีค่ามากกว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ผงในรูปแบบปกติ แสดงให้เห็นว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ขึ้นสามารถให้ค่าทางไฟฟ้าได้ดีกว่าในรูปแบบทั่วไป และเมื่อเปรียบเทียบไทเทเนียมได้ออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอททั้งคู่ให้ผลสารสกัดสีจากทองกวางกับอัญชันมีค่าใกล้เคียงกันแต่สารสกัดสีจากหูกวางมีค่าทางไฟฟ้าได้มากที่สุด และค่าประสิทธิภาพการแปลงผันพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ที่มากที่สุดคือเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากหูกวางร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2-QDs) ที่มีค่า I_{sc} = 412.80 μA, V_{oc} = 268.97 mV, Pmax = 5.6 μW และประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้ามีค่า η = 0.46 %



(ก)



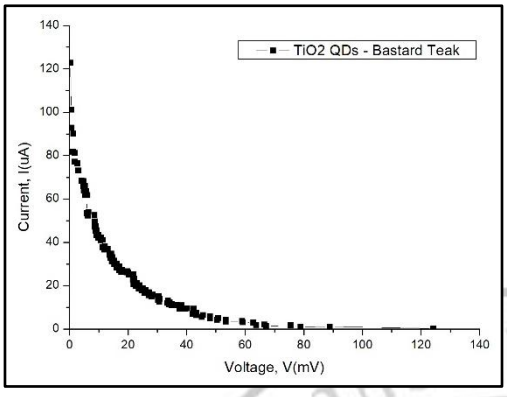
(ข)



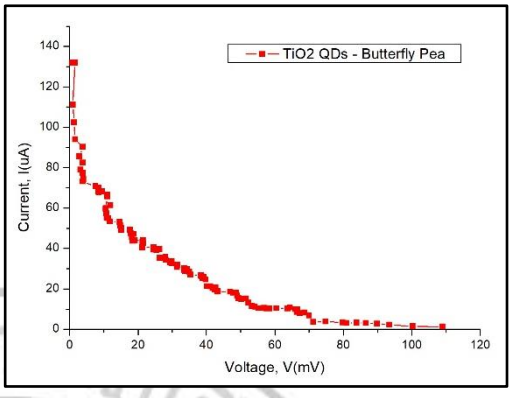
(ค)

ภาพที่ 4.11 (ก) กราฟ I-V Curve ของ DSSCs ร่วมกับ TiO_2 ผงสกัดสีจากทองกวาว (ข) กราฟ I-V Curve ของ DSSCs ร่วมกับ TiO_2 ผงสกัดสีจากอัญชัน (ค) กราฟ I-V Curve ของ DSSCs ร่วมกับ TiO_2 ผงสกัดสีจากหูกวาง

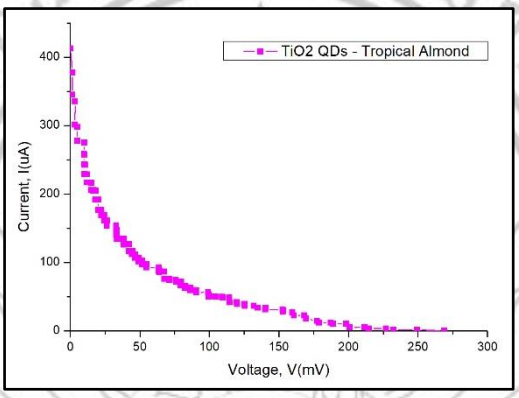
จากภาพที่ 4.11 แสดงกราฟ I-V Curve ผลการสอบประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดย้อมไวแสงที่ประกอบจากขั้ว TiO_2 ผง ทดสอบประสิทธิภาพภายใต้แสงที่ตกกระทบ ค่าการส่องสว่าง 19 W/m^2 (ก) ร่วมกับสารสกัดสีจากทองกวาว พบว่ามีค่า I_{max} = 11.15 μA, V_{max} = 15.61 mV, P_{max} = 0.18 μW มีค่าประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า η = 0.0095 % (ข) ร่วมกับสารสกัดสีจากอัญชัน พบว่ามีค่า I_{max} = 9.59 μA, V_{max} = 17.44 mV, P_{max} = 0.17 μW มีค่าประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า η = 0.0129 % (ค) ร่วมกับสารสกัดสีจากหูกวาง พบว่ามีค่า I_{max} = 19.68 μA, V_{max} = 17.89 mV, P_{max} = 0.35 μW มีค่าประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า η = 0.0182 %



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.12 (ก) กราฟ I-V Curve ของ DSSCs ร่วมกับ TiO_2 – QDs สกัดสีจากทองกวาว (ข) กราฟ I-V Curve ของ DSSCs ร่วมกับ TiO_2 – QDs สกัดสีจากอัญชัน (ค) กราฟ I-V Curve ของ DSSCs ร่วมกับ TiO_2 – QDs สกัดสีจากหูกวาง

จากภาพที่ 4.12 แสดงกราฟ I-V Curve ผลการสอบประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดย้อมไวแสงที่ประกอบจากขั้ว TiO_2 – QDs ทดสอบประสิทธิภาพภายใต้แสงที่ตกกระทบ ค่าการส่องสว่าง 19 W/m^2 (ก) ร่วมกับสารสกัดสีจากทองกวาว พบว่ามีค่า I_{max} = 25.39 μA, V_{max} = 21.82 mV, P_{max} = 0.57 μW มีค่าประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า η = 0.0444 % (ข) ร่วมกับสารสกัดสีจากอัญชัน พบว่ามีค่า I_{max} = 25.97 μA, V_{max} = 39.18 mV, P_{max} = 1.03 μW มีค่าประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า η = 0.0899 % (ค) ร่วมกับสารสกัดสีจากหูกวาง พบว่ามีค่า I_{max} = 92.73 μA, V_{max} = 63.87 mV, P_{max} = 5.60 μW มีค่าประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า η = 0.457 %

ผลการศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการปฏิบัติผลของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อยกระดับการเรียนรู้

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาชุดกิจกรรมการปฏิบัติเรื่องเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง โดยนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนนุชนาถอนุสรณ์ ตำบลป่างิ้ว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย สังกัด สำนักงานการศึกษาเอกชน จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งได้รับการเลือกอย่างเจาะจง คือ ห้องเรียนที่ 1 จำนวนผู้เรียน 33 คน เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลการสร้างชุดกิจกรรมการปฏิบัติ การทำงานร่วมกัน และตระหนักถึงการใช้พลังงาน แสดงผลการวิจัยดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการปฏิบัติเรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังตารางที่ 4.3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นข้อสอบแบบปรนัย จำนวน 20 ข้อ รวม 20 คะแนน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 33 คน โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากข้อสอบแบบปรนัย โดยใช้ค่าทางสถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งรายละเอียดดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบผลต่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน-หลังเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนนุชนาถอนุสรณ์ จังหวัดเชียงราย

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	ร้อยละ	S.D.	t-test
ก่อนเรียน	20	6.94	34.70	2.49	24.59
หลังเรียน	20	16.09	80.45	2.08	

2. ผลการสร้างชุดกิจกรรมการปฏิบัติเรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.10/80.45 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพ 80/80 ดังตารางที่ 4.4 ผู้วิจัยได้จัดทำแผนการเรียนทั้งหมด 6 ชั่วโมง โดยแบ่งเป็น 6 แผนการจัดการเรียนรู้สำหรับใช้ชุดกิจกรรมรวมทั้งทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยตารางจะแสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และประสิทธิภาพ E_1/E_2

ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการปฏิบัติเรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนนุชนาถอนุสรณ์ จังหวัดเชียงราย

แผนการจัดการเรียนรู้	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	ร้อยละ	S.D.	E_1/E_2
1	33	20	6.94	34.70	2.49	
2	33	10	8.39	83.90	0.95	
3	33	10	8.27	82.70	0.93	
4	33	10	8.30	83.00	0.87	
5	33	10	7.88	78.80	0.81	
6	33	20	16.09	80.45	2.08	
(E_1)	**33**	**40**	**32.84**	**82.10**	**0.90**	**82.10**
(E_2)	**33**	**20**	**16.09**	**80.45**	**2.08**	**80.45**

บทที่ 5

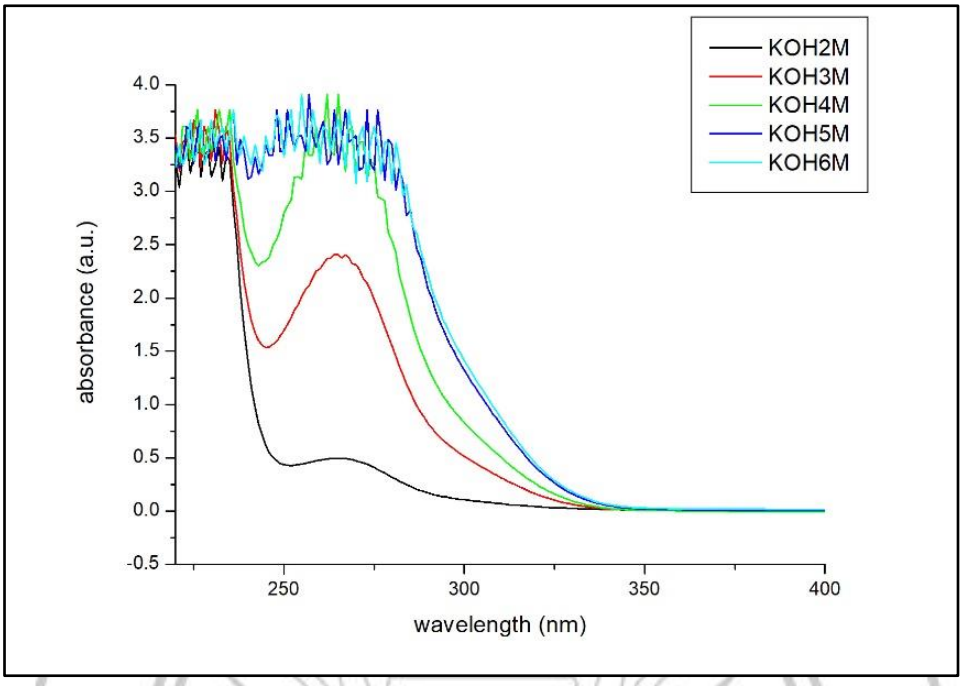
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

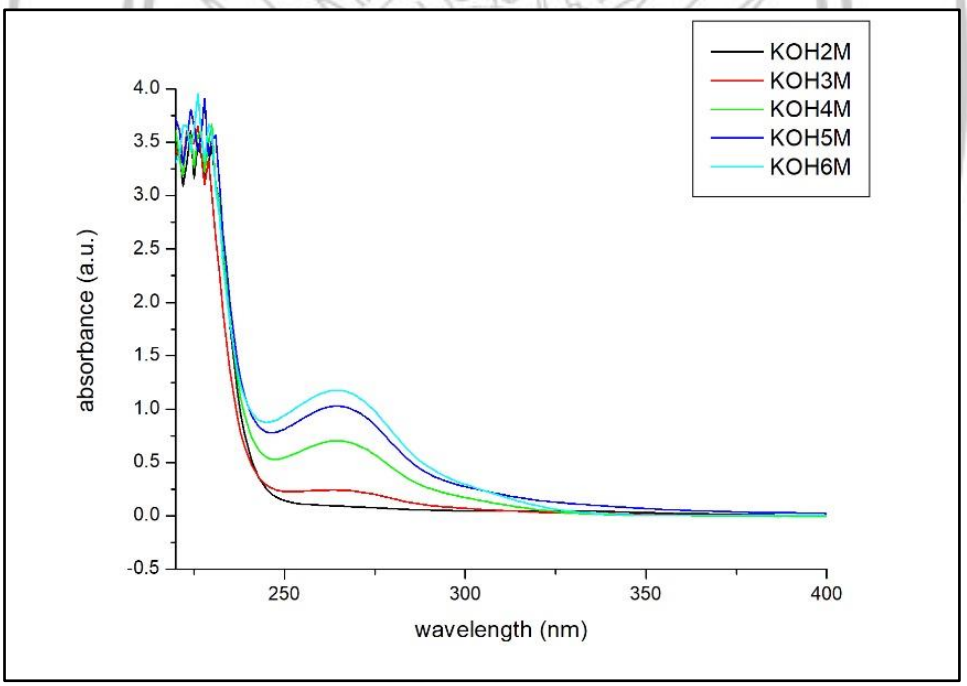
ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสังเคราะห์ด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมี เพื่อยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการหาลักษณะเฉพาะทางโครงสร้างจุลภาคของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่เตรียมได้โดยใช้เทคนิคเอ๊กเรย์ดิฟแฟรกชัน (XRD) รวมทั้งผลการหาค่าดูดกลืนแสงจากการใช้เทคนิคการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ในแต่ละอัตราส่วนต่าง ๆ ในการสังเคราะห์ โดยใช้อัตราส่วนความเข้มข้นของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide: KOH) ที่แตกต่างกันคือ 2, 3, 4, 5 และ 6 โมล ตามลำดับ และควบคุมความเข้มข้นของกรดซิตริก (Citric acid : $C_6H_8O_7$) คือ 0.5 โมล ต่อปริมาณน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่สังเคราะห์ 20 โวลต์ เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชา วิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่องพลังงาน โดยผู้วิจัยแบ่งการสรุปผลการวิจัยทั้งหมด 4 ตอน ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. สรุปผลการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี

ผลการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสงของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs) ที่ผ่านการสังเคราะห์โดยวิธีไฟฟ้าเคมี โดยมีอัตราส่วนความเข้มข้นของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ต่างกัน จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติในการดูดกลืนแสง พบว่าเมื่อเพิ่มค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์จะส่งผลให้มีค่าดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นด้วย โดยมีค่าดูดกลืนแสงเรียงผลตามความเข้มข้นของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ดังนี้ 300, 308, 316, 324 และ 326 นาโนเมตร ดังภาพที่ 5.1 ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงสอดคล้องกับงานวิจัยอ้างอิงของ สุวรรณภักดี (Suwannapakdee, 2559) ที่กล่าวว่า ค่าการดูดกลืนแสงของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทมีค่าประมาณ 300 – 350 นาโนเมตร และมีค่าพีคสูงสุดของสารอยู่ที่ประมาณ 260-270 นาโนเมตร ดังภาพที่ 5.2

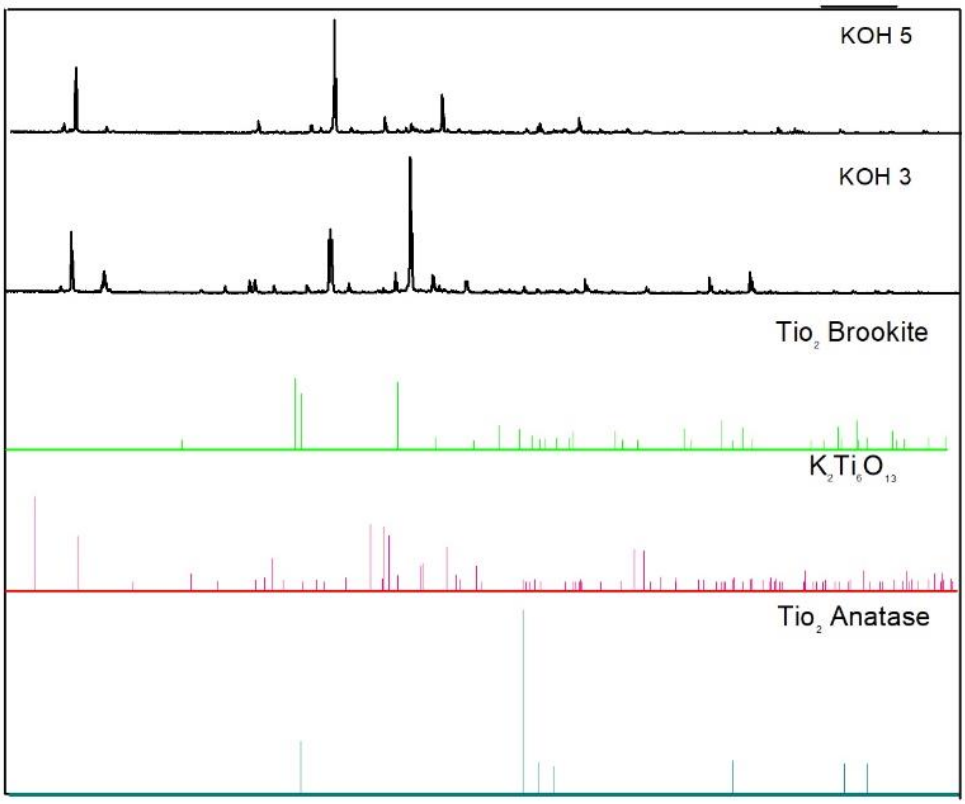


ภาพที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท



ภาพที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงพีคสูงสุดของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท สรุปผลการวิเคราะห์ TiO_2 – QDs โครงสร้างแบบผลึกจากการทดสอบด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD)

ผลจากการวิเคราะห์โครงสร้างแบบผลึก ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของสารประกอบที่เป็นองค์ประกอบของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่สังเคราะห์ได้ โดยผู้วิจัยวิเคราะห์โครงสร้างแบบผลึกของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่สังเคราะห์จากกรดซิตริก 0.5 โมลและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 3 โมลและ 5 โมลตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 5.3 จะเห็นได้ว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้ มีมุมตะกระทบที่สอดคล้องกับข้อมูลมาตรฐาน JCPDs จำนวน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ โพแทสเซียมไททาเนต (Potassium Titanate: $K_2Ti_6O_{13}$), ไทเทเนียมไดออกไซด์ โครงสร้าง Brookite (JCPDs: 99-101-4505) , ไทเทเนียมไดออกไซด์ โครงสร้าง Anatase (JCPDs: 99-101-9414) จึงสันนิษฐานได้ว่า สารที่สังเคราะห์ได้เป็นสาร $K_2Ti_6O_{13}$ มีโครงสร้างแบบ Brookite และ Anatase ที่มีคุณสมบัติเป็นไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท



ภาพที่ 5.3 โครงสร้างแบบผลึกของสารประกอบไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO2 - QDs)

2. สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดรงควัตถุ

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดรงควัตถุจากทองกวาว อัญชัน หูกวาง พบว่าสารสกัดรงควัตถุจากอัญชันที่ได้มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 520 - 650 นาโนเมตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีที่กล่าวว่า รงควัตถุชนิด Anthocyanin โดยส่วนใหญ่ปรากฏเป็นสีน้ำเงิน-ม่วง มีความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงประมาณ 520-650 นาโนเมตร สารสกัดรงควัตถุจากทองกวาวที่ได้มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 430 – 480 นาโนเมตรและสารสกัดรงควัตถุจากหูกวางที่ได้มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 400 – 500 นาโนเมตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีที่กล่าวว่า รงควัตถุชนิด Carotenoid โดยส่วนใหญ่ปรากฏเป็นสีเหลือง - แดง มีความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงประมาณ 400 - 550 นาโนเมตร

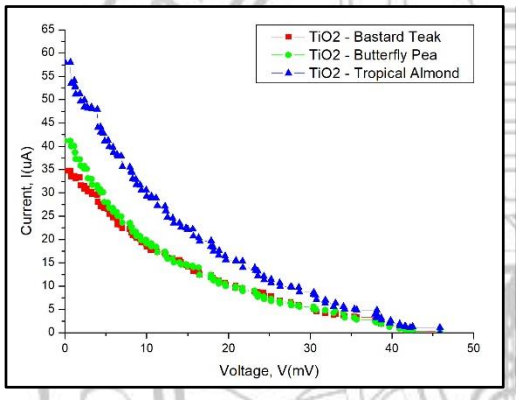
3. สรุปผลการศึกษากระบวนการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

ผลการศึกษากระบวนการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยประกอบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO2- QDs) ร่วมกับการสกัดสีจากพืช 3 ชนิด คือ อัญชัน ใบหูกวาง ทองกวาว พบว่ามีค่าทางไฟฟ้าและประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าดังแสดงในตารางที่ 5.1 ซึ่งในตารางจะแสดงค่าทางไฟฟ้าและเปรียบเทียบค่าที่ได้ระหว่างผงไทเทเนียมไดออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่สกัดสีจากพืชชนิดเดียวกันทั้ง 3 ชนิด

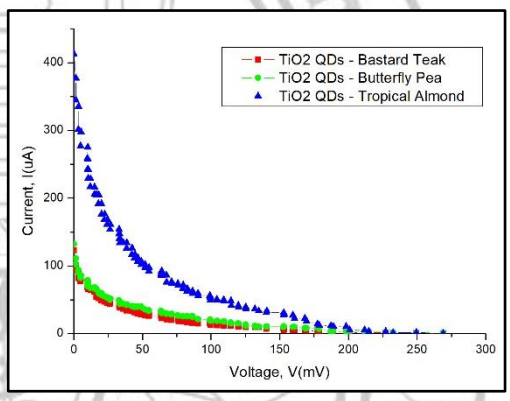
ตารางที่ 5.1 ค่าทางไฟฟ้าและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงเปรียบเทียบระหว่างผงไทเทเนียมไดออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง	I_{sc} (μA)		V_{oc} (mV)		P_{max} (μW)		FF (%)		η (%)	
	TiO_2 อ้างอิง	TiO_2-QDs	TiO_2 อ้างอิง	TiO_2-QDs	TiO_2 อ้างอิง	TiO_2-QDs	TiO_2 อ้างอิง	TiO_2-QDs	TiO_2 อ้างอิง	TiO_2-QDs
สกัดสีจากดอกทองกวาว	34.74	122.65	34.86	124.24	0.18	0.57	45.23	18.46	0.0095	0.0444
สกัดสีจากดอกอัญชัน	41.17	131.99	41.63	109.01	0.18	1.03	43.22	36.11	0.0129	0.0899
สกัดสีจากใบหูกวาง	58.02	412.80	45.86	268.97	0.35	5.60	39.30	26.47	0.0182	0.4577

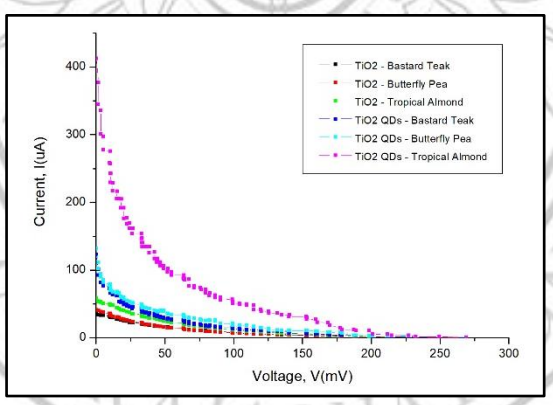
จากตารางแสดงผลค่าทางไฟฟ้าและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ทางผู้วิจัยเปรียบผลค่าที่ได้จากการประดิษฐ์โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือประกอบโดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ผง ซึ่งเป็นสารมาตรฐานที่ใช้เป็นปกติ และ ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่สังเคราะห์ขึ้น พบว่า ค่าประสิทธิภาพการแปลงผันพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้ามากที่สุดคือเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากหูกวางร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2-QDs) ที่มีค่า I_{sc} = 412.80 μA , V_{oc} = 268.97 mV , Pmax = 5.6 μW และประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้ามีค่า η = 0.46 % ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนัชพร ภูบัวดวง (2564) ที่กล่าวว่าค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสกัดจากหูกวางมีค่า η = 0.544 %



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 5.4 (ก) กราฟ I-V Curve เปรียบเทียบเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงร่วมกับ TiO_2 (ข) กราฟ I-V Curve เปรียบเทียบเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงร่วมกับ TiO_2 – QDs (ค) กราฟ I-V Curve เปรียบเทียบเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงสกัดจากพืชแต่ละชนิด

จากภาพที่ 5.4 แสดงกราฟ I-V Curve ผลการสอบประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดย้อมไวแสงที่ประกอบจากขั้ว TiO2 ผง และ TiO2 – QDs พบว่ากราฟของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสกัดสีจากหูกวางมีค่าสูงที่สุด จึงสรุปได้ว่า เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทมีประสิทธิภาพมากกว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ผงที่ใช้โดยทั่วไปรวมทั้งค่าประสิทธิภาพและค่าทางไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ได้มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่สังเคราะห์ขึ้นอีกทั้งแปรผันตรงกับค่าความยาวคลื่นของสารสกัดสีจากพืชร่วมกับสีย้อมอีกด้วย

4. สรุปผลการศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการปฏิบัติผลของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อยกระดับการเรียนรู้

การวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการปฏิบัติเรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงเพื่อยกระดับการเรียนรู้ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการปฏิบัติเรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยคะแนนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 16.09 คิดเป็นร้อยละ 80.45 มีค่า t-test เท่ากับ 24.29 และชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน คือ 82.10/80.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 แสดงให้เหตุว่า ชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะนำใช้ในการจัดกิจกรรมและการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดีขึ้น

ปัจจัยที่ทำให้ชุดกิจกรรมปฏิบัติการทดลองเรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงสามารถยกระดับผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้ เนื่องจากชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้น ได้ดำเนินตามขั้นตอนกระบวนการพัฒนาชุดกิจกรรมที่ถูกต้อง เริ่มตั้งแต่ ศึกษาข้อมูลหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน กำหนดรูปแบบกิจกรรม กำหนดองค์ประกอบการทดลองให้สอดคล้องกับการเรียนการสอน ทดลองปฏิบัติกิจกรรมก่อนการดำเนินการสอนจริง เตรียมการทดลองและตรวจสอบอุปกรณ์ทดลองก่อนดำเนินการสอนทุกชั่วโมง มีการปรับปรุงแก้ไข กำหนดองค์ประกอบโดยอิงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จนส่งผลให้ได้เครื่องมือที่ดี มีคุณภาพ ทั้งด้านเนื้อหาสาระ รูปแบบ กิจกรรมการสอน และแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน ที่สามารถนำไปใช้กับบริบทในโรงเรียน เมื่อนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ส่งผลให้ชุดกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง เรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์กำหนด 80/80 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ ประนอม หมอกระโทก (2545) การพัฒนาชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีการจัดกิจกรรมที่คล้ายกับงานทดลองนี้ ผลงานวิจัยพบว่า ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นใช้ประกอบการเรียน เรื่องอัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง

การตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกมีประสิทธิภาพทางการศึกษา 81.73/80.43 จากผลการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงาน สามารถไปใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนเสริมบทเรียน ยังช่วยกระตุ้นนักเรียนให้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ดึงดูดและเร้าความสนใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดี และสอดคล้องกับงานวิจัย สมัย บัวหยาด (2556) การพัฒนาบทเรียนสื่อประสมเรื่องของไหล รายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า บทเรียนสื่อประสมเรื่อง ของไหล รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว 32202 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพ 82.30/84.38 ทั้งนี้เป็นเพราะการใช้สื่อการสอนที่หลากหลายทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และคะแนนระหว่างเรียนเป็นการทำแบบฝึกหัดท้ายชั่วโมงเพื่อทบทวนความเข้าใจของการจัดการเรียนการสอน ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถซักถามข้อสงสัย ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่คงทน และสามารถทำข้อสอบหลังเรียนได้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ 0.05

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมปฏิบัติการทดลองในการจัดการเรียนรู้ เป็นวิธีสอนอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการสำคัญของวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น เพราะมีการปฏิบัติ ใช้ทักษะการสังเกต การลงมือปฏิบัติได้จริง ทำให้นักเรียนเกิดการคิด เกิดความรู้ความเข้าใจ และทักษะกระบวนการคิดและการทำกิจกรรมได้ดี ผู้เรียนไม่รู้สึกเบื่อหน่ายและปฏิบัติจริงตามความสามารถของตนซึ่งสอดคล้องกับ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2541) กล่าวว่าชุดกิจกรรมสื่อประสมทำให้นักเรียนเกิดความสนใจไม่เบื่อหน่ายเพราะมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งเร้าอยู่ตลอดเวลา นักเรียนได้รับรู้กว้างขวางและเข้าใจบทเรียนดียิ่งขึ้น เป็นการประหยัดเวลาผู้เรียนเกิดความรู้ได้รวดเร็ว เพราะได้เรียนจากสื่อการเรียนการสอนที่แตกต่างกัน อีกทั้งช่วยให้ผู้เรียนได้นำความรู้ในด้านศาสตร์อื่น ๆ มาช่วยผสมผสานจนเกิดเป็นองค์ความรู้ที่นำมาใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเอง (Constructionism) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้สิ่งใหม่ขึ้นกับความรู้เดิมและความเข้าใจที่มีในปัจจุบัน การมีปฏิสัมพันธ์กับสังคม มีการเรียนรู้ มีกิจกรรมที่สอดคล้องกับชีวิต ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยเรื่องผลของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสังเคราะห์ด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมี เพื่อยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายแสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้อนุภาคระดับนาโนควอนตัมดอทสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า อีกทั้งสีย้อมจากพืชธรรมชาติในท้องถิ่นทั่วไปสามารถนำมาประดิษฐ์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงได้ แต่ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่สร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพต่ำมาก

เมื่อเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่น เช่น จากซิลิกอน หรือแม้แต่ใช้สีย้อมสังเคราะห์ซึ่งมีการแปลงพลังงานสูงกว่า ดังนั้นควรมีการศึกษาส่วนประกอบอื่นเพิ่มเติม เช่น ศึกษาสารที่ใช้ในขั้วไฟฟ้าทำงาน ศึกษาสีย้อมโดยอาจจะใช้สีย้อมที่ให้สเปกตัมความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงอยู่ในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นเพื่อเพิ่มค่าการดูดกลืนแสงหรืออาจใช้ความยาวคลื่นที่สูงขึ้นจากแสงที่ตามองเห็น ศึกษาสมบัติของสารละลายอิเล็กทรอไลต์ที่ดีเพื่อที่จะสามารถส่งผ่านอิเล็กตรอนได้ดี สิ่งสำคัญคือการศึกษาวิจัยจะต้องใช้เวลามากพอเพื่อที่จะทำการทดลองที่ได้ซ้ำเพื่อความแม่นยำและมีเครื่องมือที่ทันสมัยประสิทธิภาพสูง นำไปสู่การเข้าใจในหลักการทำงานและสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพให้เพิ่มขึ้น การศึกษากระบวนการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงให้มีความคงทน เสถียร ขนาดใหญ่ขึ้น ราคาถูก และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

บทที่ 5

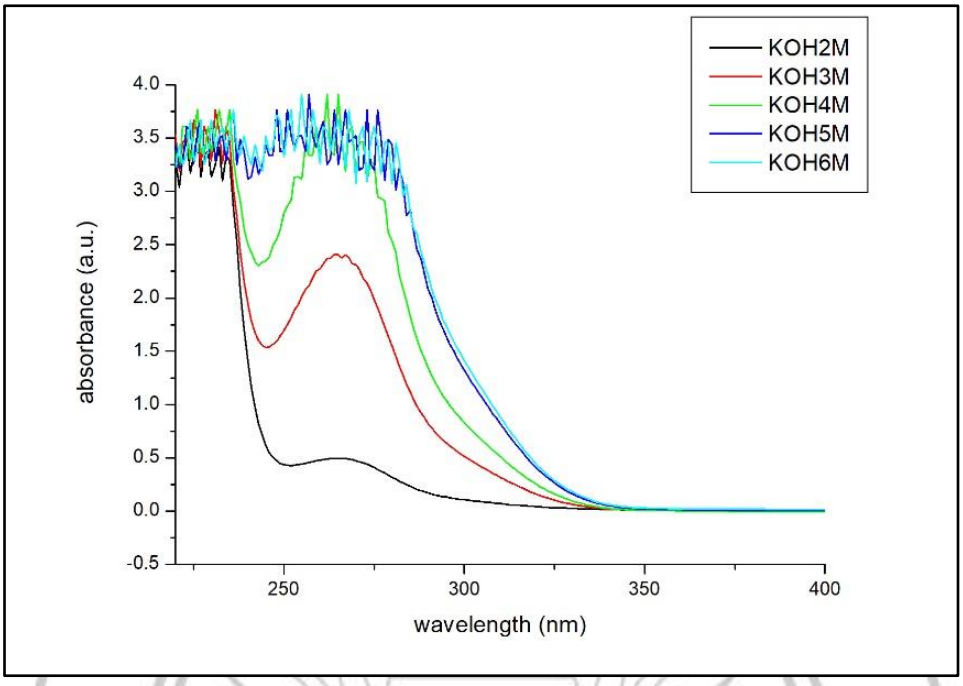
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

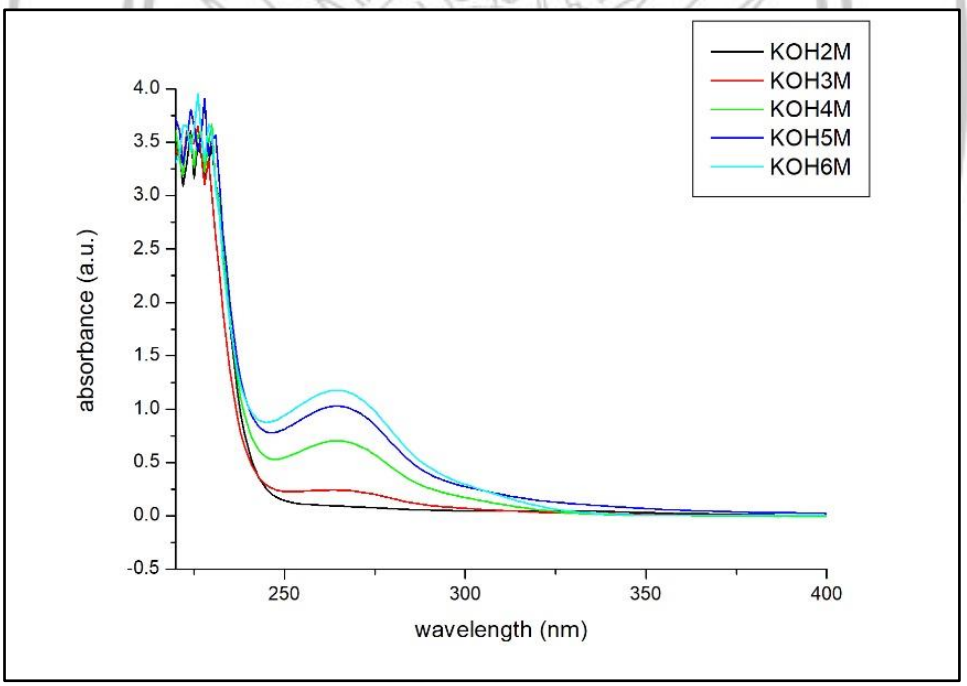
ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสังเคราะห์ด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมี เพื่อยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการหาลักษณะเฉพาะทางโครงสร้างจุลภาคของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่เตรียมได้โดยใช้เทคนิคเอ๊กเรย์ดิฟแฟรกชัน (XRD) รวมทั้งผลการหาค่าดูดกลืนแสงจากการใช้เทคนิคการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ในแต่ละอัตราส่วนต่าง ๆ ในการสังเคราะห์ โดยใช้อัตราส่วนความเข้มข้นของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide: KOH) ที่แตกต่างกันคือ 2, 3, 4, 5 และ 6 โมล ตามลำดับ และควบคุมความเข้มข้นของกรดซิตริก (Citric acid : $C_6H_8O_7$) คือ 0.5 โมล ต่อปริมาณน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่สังเคราะห์ 20 โวลต์ เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชา วิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่องพลังงาน โดยผู้วิจัยแบ่งการสรุปผลการวิจัยทั้งหมด 4 ตอน ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. สรุปผลการสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี

ผลการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสงของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2 – QDs) ที่ผ่านการสังเคราะห์โดยวิธีไฟฟ้าเคมี โดยมีอัตราส่วนความเข้มข้นของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ต่างกัน จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติในการดูดกลืนแสง พบว่าเมื่อเพิ่มค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์จะส่งผลให้มีค่าดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นด้วย โดยมีค่าดูดกลืนแสงเรียงผลตามความเข้มข้นของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ดังนี้ 300, 308, 316, 324 และ 326 นาโนเมตร ดังภาพที่ 5.1 ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงสอดคล้องกับงานวิจัยอ้างอิงของ สุวรรณภักดี (Suwannapakdee, 2559) ที่กล่าวว่า ค่าการดูดกลืนแสงของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทมีค่าประมาณ 300 – 350 นาโนเมตร และมีค่าพีคสูงสุดของสารอยู่ที่ประมาณ 260-270 นาโนเมตร ดังภาพที่ 5.2

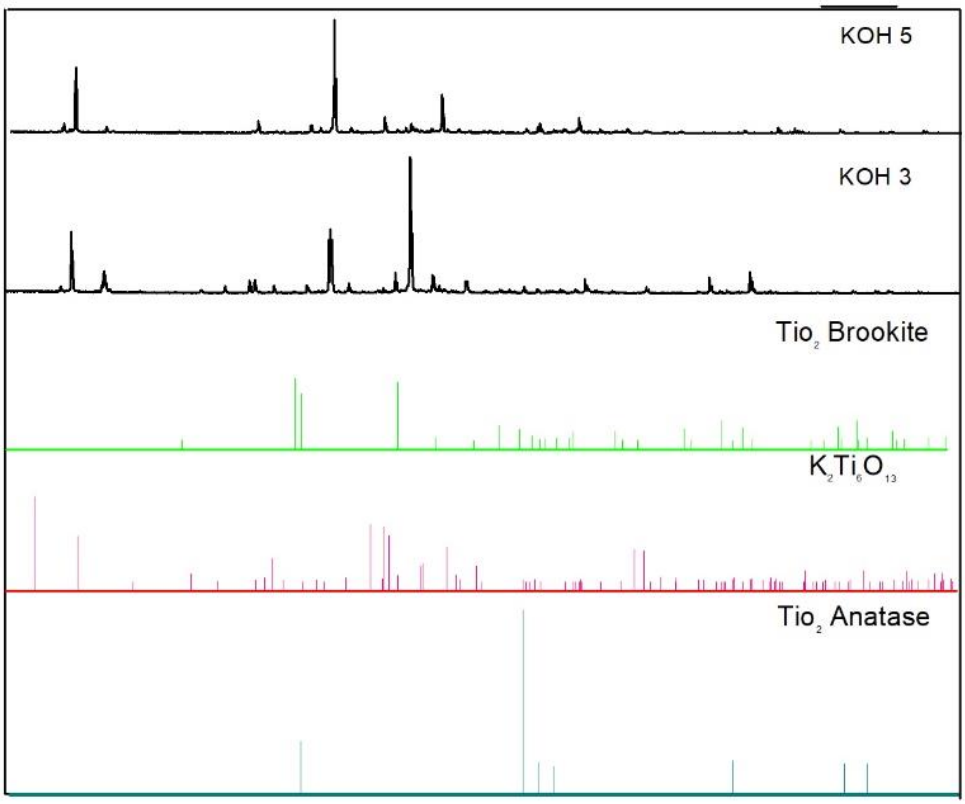


ภาพที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท



ภาพที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงพีคสูงสุดของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท สรุปผลการวิเคราะห์ TiO_2 – QDs โครงสร้างแบบผลึกจากการทดสอบด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD)

ผลจากการวิเคราะห์โครงสร้างแบบผลึก ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของสารประกอบที่เป็นองค์ประกอบของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่สังเคราะห์ได้ โดยผู้วิจัยวิเคราะห์โครงสร้างแบบผลึกของไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่สังเคราะห์จากกรดซิตริก 0.5 โมลและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 3 โมลและ 5 โมลตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 5.3 จะเห็นได้ว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้ มีมุมตะกระทบที่สอดคล้องกับข้อมูลมาตรฐาน JCPDs จำนวน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ โพแทสเซียมไททาเนต (Potassium Titanate: $K_2Ti_6O_{13}$), ไทเทเนียมไดออกไซด์ โครงสร้าง Brookite (JCPDs: 99-101-4505) , ไทเทเนียมไดออกไซด์ โครงสร้าง Anatase (JCPDs: 99-101-9414) จึงสันนิษฐานได้ว่า สารที่สังเคราะห์ได้เป็นสาร $K_2Ti_6O_{13}$ มีโครงสร้างแบบ Brookite และ Anatase ที่มีคุณสมบัติเป็นไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท



ภาพที่ 5.3 โครงสร้างแบบผลึกของสารประกอบไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO2 - QDs)

2. สรุปผลการวิเคราะห์คุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดรงควัตถุ

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติการดูดกลืนแสง (UV-Vis) ของสารสกัดรงควัตถุจากทองกวาว อัญชัน หูกวาง พบว่าสารสกัดรงควัตถุจากอัญชันที่ได้มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 520 - 650 นาโนเมตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีที่กล่าวว่า รงควัตถุชนิด Anthocyanin โดยส่วนใหญ่ปรากฏเป็นสีน้ำเงิน-ม่วง มีความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงประมาณ 520-650 นาโนเมตร สารสกัดรงควัตถุจากทองกวาวที่ได้มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 430 – 480 นาโนเมตรและสารสกัดรงควัตถุจากหูกวางที่ได้มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 400 – 500 นาโนเมตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีที่กล่าวว่า รงควัตถุชนิด Carotenoid โดยส่วนใหญ่ปรากฏเป็นสีเหลือง - แดง มีความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงประมาณ 400 - 550 นาโนเมตร

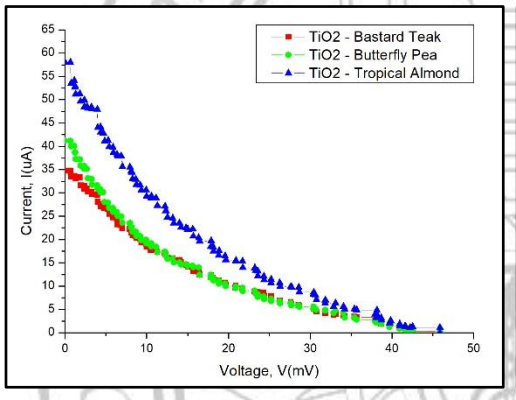
3. สรุปผลการศึกษากระบวนการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง

ผลการศึกษากระบวนการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยประกอบด้วยไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO2- QDs) ร่วมกับการสกัดสีจากพืช 3 ชนิด คือ อัญชัน ใบหูกวาง ทองกวาว พบว่ามีค่าทางไฟฟ้าและประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าดังแสดงในตารางที่ 5.1 ซึ่งในตารางจะแสดงค่าทางไฟฟ้าและเปรียบเทียบค่าที่ได้ระหว่างผงไทเทเนียมไดออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่สกัดสีจากพืชชนิดเดียวกันทั้ง 3 ชนิด

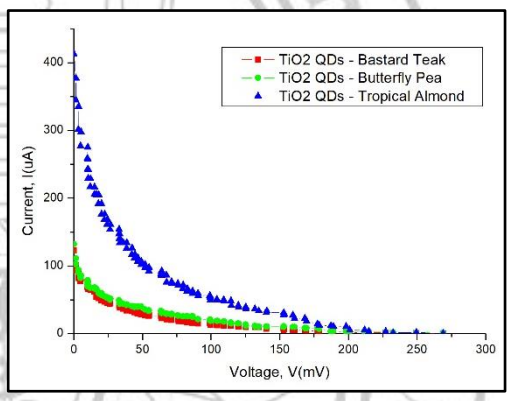
ตารางที่ 5.1 ค่าทางไฟฟ้าและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงเปรียบเทียบระหว่างผงไทเทเนียมไดออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง	I_{sc} (μA)		V_{oc} (mV)		P_{max} (μW)		FF (%)		η (%)	
	TiO_2 อ้างอิง	TiO_2-QDs	TiO_2 อ้างอิง	TiO_2-QDs	TiO_2 อ้างอิง	TiO_2-QDs	TiO_2 อ้างอิง	TiO_2-QDs	TiO_2 อ้างอิง	TiO_2-QDs
สกัดสีจากดอกทองกวาว	34.74	122.65	34.86	124.24	0.18	0.57	45.23	18.46	0.0095	0.0444
สกัดสีจากดอกอัญชัน	41.17	131.99	41.63	109.01	0.18	1.03	43.22	36.11	0.0129	0.0899
สกัดสีจากใบหูกวาง	58.02	412.80	45.86	268.97	0.35	5.60	39.30	26.47	0.0182	0.4577

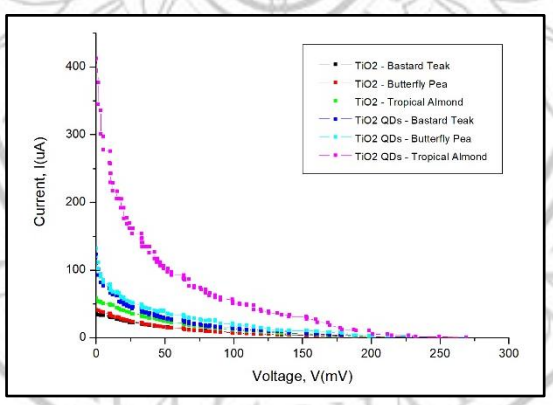
จากตารางแสดงผลค่าทางไฟฟ้าและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ทางผู้วิจัยเปรียบผลค่าที่ได้จากการประดิษฐ์โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือประกอบโดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ผง ซึ่งเป็นสารมาตรฐานที่ใช้เป็นปกติ และ ไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทที่สังเคราะห์ขึ้น พบว่า ค่าประสิทธิภาพการแปลงผันพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้ามากที่สุดคือเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากหูกวางร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอท (TiO_2-QDs) ที่มีค่า I_{sc} = 412.80 μA , V_{oc} = 268.97 mV , Pmax = 5.6 μW และประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้ามีค่า η = 0.46 % ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนัชพร ภูบัวดวง (2564) ที่กล่าวว่าค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสกัดจากหูกวางมีค่า η = 0.544 %



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 5.4 (ก) กราฟ I-V Curve เปรียบเทียบเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงร่วมกับ TiO_2 (ข) กราฟ I-V Curve เปรียบเทียบเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงร่วมกับ TiO_2 – QDs (ค) กราฟ I-V Curve เปรียบเทียบเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงสกัดจากพืชแต่ละชนิด

จากภาพที่ 5.4 แสดงกราฟ I-V Curve ผลการสอบประสิทธิภาพการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดย้อมไวแสงที่ประกอบจากขั้ว TiO2 ผง และ TiO2 – QDs พบว่ากราฟของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสกัดสีจากหูกวางมีค่าสูงที่สุด จึงสรุปได้ว่า เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทมีประสิทธิภาพมากกว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ผงที่ใช้โดยทั่วไปรวมทั้งค่าประสิทธิภาพและค่าทางไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่ได้มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่สังเคราะห์ขึ้นอีกทั้งแปรผันตรงกับค่าความยาวคลื่นของสารสกัดสีจากพืชร่วมกับสีย้อมอีกด้วย

4. สรุปผลการศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการปฏิบัติผลของเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อยกระดับการเรียนรู้

การวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการปฏิบัติเรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงเพื่อยกระดับการเรียนรู้ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการปฏิบัติเรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยคะแนนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 16.09 คิดเป็นร้อยละ 80.45 มีค่า t-test เท่ากับ 24.29 และชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน คือ 82.10/80.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 แสดงให้เหตุว่า ชุดกิจกรรมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะนำใช้ในการจัดกิจกรรมและการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดีขึ้น

ปัจจัยที่ทำให้ชุดกิจกรรมปฏิบัติการทดลองเรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงสามารถยกระดับผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้ เนื่องจากชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้น ได้ดำเนินตามขั้นตอนกระบวนการพัฒนาชุดกิจกรรมที่ถูกต้อง เริ่มตั้งแต่ ศึกษาข้อมูลหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน กำหนดรูปแบบกิจกรรม กำหนดองค์ประกอบการทดลองให้สอดคล้องกับการเรียนการสอน ทดลองปฏิบัติกิจกรรมก่อนการดำเนินการสอนจริง เตรียมการทดลองและตรวจสอบอุปกรณ์ทดลองก่อนดำเนินการสอนทุกชั่วโมง มีการปรับปรุงแก้ไข กำหนดองค์ประกอบโดยอิงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จนส่งผลให้ได้เครื่องมือที่ดี มีคุณภาพ ทั้งด้านเนื้อหาสาระ รูปแบบ กิจกรรมการสอน และแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน ที่สามารถนำไปใช้กับบริบทในโรงเรียน เมื่อนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ส่งผลให้ชุดกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง เรื่อง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์กำหนด 80/80 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ ประนอม หมอกระโทก (2545) การพัฒนาชุดทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่ในแนวตรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีการจัดกิจกรรมที่คล้ายกับงานทดลองนี้ ผลงานวิจัยพบว่า ชุดทดลองที่พัฒนาขึ้นใช้ประกอบการเรียน เรื่องอัตราเร็ว ความเร็ว ความเร่ง

การตกของวัตถุภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกมีประสิทธิภาพทางการศึกษา 81.73/80.43 จากผลการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงาน สามารถไปใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนเสริมบทเรียน ยังช่วยกระตุ้นนักเรียนให้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ดึงดูดและเร้าความสนใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดี และสอดคล้องกับงานวิจัย สมัย บัวหยาด (2556) การพัฒนาบทเรียนสื่อประสมเรื่องของไหล รายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า บทเรียนสื่อประสมเรื่อง ของไหล รายวิชาฟิสิกส์ รหัสวิชา ว 32202 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพ 82.30/84.38 ทั้งนี้เป็นเพราะการใช้สื่อการสอนที่หลากหลายทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และคะแนนระหว่างเรียนเป็นการทำแบบฝึกหัดท้ายชั่วโมงเพื่อทบทวนความเข้าใจของการจัดการเรียนการสอน ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถซักถามข้อสงสัย ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่คงทน และสามารถทำข้อสอบหลังเรียนได้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ 0.05

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมปฏิบัติการทดลองในการจัดการเรียนรู้ เป็นวิธีสอนอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการสำคัญของวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น เพราะมีการปฏิบัติ ใช้ทักษะการสังเกต การลงมือปฏิบัติได้จริง ทำให้นักเรียนเกิดการคิด เกิดความรู้ความเข้าใจ และทักษะกระบวนการคิดและการทำกิจกรรมได้ดี ผู้เรียนไม่รู้สึกเบื่อหน่ายและปฏิบัติจริงตามความสามารถของตนซึ่งสอดคล้องกับ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2541) กล่าวว่าชุดกิจกรรมสื่อประสมทำให้นักเรียนเกิดความสนใจไม่เบื่อหน่ายเพราะมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งเร้าอยู่ตลอดเวลา นักเรียนได้รับรู้กว้างขวางและเข้าใจบทเรียนดียิ่งขึ้น เป็นการประหยัดเวลาผู้เรียนเกิดความรู้ได้รวดเร็ว เพราะได้เรียนจากสื่อการเรียนการสอนที่แตกต่างกัน อีกทั้งช่วยให้ผู้เรียนได้นำความรู้ในด้านศาสตร์อื่น ๆ มาช่วยผสมผสานจนเกิดเป็นองค์ความรู้ที่นำมาใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเอง (Constructionism) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้สิ่งใหม่ขึ้นกับความรู้เดิมและความเข้าใจที่มีในปัจจุบัน การมีปฏิสัมพันธ์กับสังคม มีการเรียนรู้ มีกิจกรรมที่สอดคล้องกับชีวิต ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยเรื่องผลของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงจากธรรมชาติร่วมกับไทเทเนียมไดออกไซด์ควอนตัมดอทสังเคราะห์ด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมี เพื่อยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายแสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้อนุภาคระดับนาโนควอนตัมดอทสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผันพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า อีกทั้งสีย้อมจากพืชธรรมชาติในท้องถิ่นทั่วไปสามารถนำมาประดิษฐ์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงได้ แต่ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่สร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพต่ำมาก

เมื่อเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่น เช่น จากซิลิกอน หรือแม้แต่ใช้สีย้อมสังเคราะห์ซึ่งมีการแปลงพลังงานสูงกว่า ดังนั้นควรมีการศึกษาส่วนประกอบอื่นเพิ่มเติม เช่น ศึกษาสารที่ใช้ในขั้วไฟฟ้าทำงาน ศึกษาสีย้อมโดยอาจจะใช้สีย้อมที่ให้สเปกตัมความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงอยู่ในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นเพื่อเพิ่มค่าการดูดกลืนแสงหรืออาจใช้ความยาวคลื่นที่สูงขึ้นจากแสงที่ตามองเห็น ศึกษาสมบัติของสารละลายอิเล็กทรอไลต์ที่ดีเพื่อที่จะสามารถส่งผ่านอิเล็กตรอนได้ดี สิ่งสำคัญคือการศึกษาวิจัยจะต้องใช้เวลามากพอเพื่อที่จะทำการทดลองที่ได้ซ้ำเพื่อความแม่นยำและมีเครื่องมือที่ทันสมัยประสิทธิภาพสูง นำไปสู่การเข้าใจในหลักการทำงานและสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพให้เพิ่มขึ้น การศึกษากระบวนการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงให้มีความคงทน เสถียร ขนาดใหญ่ขึ้น ราคาถูก และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2558). *ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง การจัดการศึกษาเรียนร่วมหลักสูตรอาชีวศึกษาและมัธยมศึกษาตอนปลาย (ทวิศึกษา).* คณะกรรมาธิการการศึกษาและการกีฬาสภานิติบัญญัติแห่งชาติ.

ก่อ สวัสดิพานิชย์ .(2549). *แนวคิดและทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับการบริหารการศึกษา.* กรุงเทพฯ: สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ.

กัลยกร หอมเพชร. (2552). *ทักษะการบริหารกับผลการบริหารงานของผู้บริหารโรงเรียนผู้นำการเปลี่ยนแปลง.* (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร).

คณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2558). *แนวทางการจัดการศึกษาเรียนร่วมหลักสูตรอาชีวศึกษาและมัธยมศึกษาตอนปลาย (ทวิศึกษา).* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ ส.ศรีวิลัย.

คณะอนุกรรมาธิการการอาชีวศึกษา คณะกรรมาธิการการศึกษาและการกีฬาสภานิติบัญญัติแห่งชาติ. (2560). *การจัดการศึกษารูปแบบทวิศึกษา.* สืบค้นจาก https://www.matichon.co.th/politics/news_537283

ครรชิต มาลัยวงศ์. (2557). *เทคโนโลยีการบริหารการศึกษา.* สืบค้นจาก http://www.drkanchit.com/general_articles/articles/general_24.html

คัมภีร์ สุดแท้. (2553). *การพัฒนารูปแบบการบริหารงานวิชาการสำหรับโรงเรียนขนาดเล็ก. มหาสารคาม.* (ภาควิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม).

คีรีบูน จงวุฒิเวศย์และมาเรียม นิลพันธุ์. (2543). *การศึกษาและการจัดทำคู่มือปฏิบัติงานอาสาสมัครท้องถิ่นในการดูแลรักษามรดกทางศิลปวัฒนธรรม (อส.มศ.).* นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

จันทร เที่ยงภักดิ์. (2549). *สภาพการบริหารงานของผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาบุรีรัมย์ เขต 2. บุรีรัมย์.* (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์).

จันทรานี สงวนนาม. (2551). *ทฤษฎีและแนวปฏิบัติในการบริหารสถานศึกษา.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: บุ๊คพ้อยท์.

จินตนา สุขสมแดน. (2554). *การพัฒนาคู่มือ*. สืบค้นจาก http://jsuksomdan.blogspot.com/2011/02/blog-post_16.html

เฉลิม ศรีผดุง. [ม.ป.ป.]. *การบริหารราชการแบบบูรณาการ*. สืบค้นจาก https://www.excise.go.th/cs/groups/public/documents/document/dwnt/mjg3/~edisp/uatucm287075.pdf

ชาญชัย อาจินสมาจาร. (2545). *การบริหารการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อส่งเสริมกรุงเทพ.

เชี่ยวชาญ ดวงใจดี. (2561). *แนวปฏิบัติในการบริหารจัดการหลักสูตรทวิศึกษาการเรียนร่วมอาชีวศึกษาและมัธยมศึกษาตอนปลาย*. (วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร).

ณัฐกานต์ สุทธิจิตร์. (2562). *แนวทางการแก้ไขปัญหาการจัดการศึกษาแบบทวิศึกษาของโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 9 จังหวัดสุพรรณบุรี*. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา).

ดวงนภา เตปา. (2562). *การพัฒนาคู่มือการบริหารงานวิชาการของโรงเรียนบ้านท้าวบุญเรืองอำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่*. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่).

ธร สุนทรายุทธ. (2550). *การบริหารจัดการความเสี่ยงทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: บริษัท นติกุลพิมพ์ จำกัด.

ธีระ รุญเจริญ. (2546). *การบริหารโรงเรียนยุคปฏิรูปการศึกษา*. กรุงเทพฯ: บริษัทสำนักพิมพ์ข้าวฟ่าง จำกัด.

บุญรัตน์ โตทอง. (ม.ป.ป.). *หลักการจัดการ*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมกรุงเทพฯ.

ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ มาตรฐานการอาชีวศึกษา พ.ศ. 2561. (2561, 18 กันยายน). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่มที่ 135 ตอนพิเศษ, หน้า 4.

ปรัชญนันท์ นิลสุข. (2558). อาชีวศึกษาแบบทวิศึกษา. *วารสารอาชีวก้าวไกล, 1*(3), บทบรรณาธิการ.

ปรัชญา เวสารัชช์. (2554). *หลักการจัดการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2546). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

พัชรพร สันติวิจิตรกุล. (2553). *การพัฒนาคู่มือวิจัยในชั้นเรียนสำหรับครูผู้สอนในโรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดสุราษฎร์ 1 (ดอนสักผดุงวิทย์)*. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี).

พิศูจน์ มีไปล่. (2549). *คู่มือการจัดการเรียนรู้โดยวิธีสตอรี่ไลน์ สำหรับครูโรงเรียนอำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี*. (สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ).

ภัทรากร เฟื่องฟู. (2548). *คู่มือปฏิบัติงานการรับงานการค้าสำหรับครู-อาจารย์วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี*. (สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ประสานมิตร)).

ภาวิดา ธาราศรีสุทธิ และวิบูลย์ โตวณะบุตร. (2542). *หลักและทฤษฎีการบริหารการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

รัตนา จันทร์รวม. (2562). *นวัตกรรมการบริหารโรงเรียนระบบทวิศึกษาตามแนวคิดหลักสูตรการศึกษาเชื่อมโยงสู่อาชีพ*. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, บริหารการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

ราชบัณฑิตสถาน. (2546). *พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542*. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์.

เรืองชัย จรุงศิรวัฒน์. (2554). *เทคนิคการเขียนคู่มือการปฏิบัติงาน*. ขอนแก่น: ศูนย์ผลิตเอกสาร สำนักงานอธิการบดีมหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วัฒนา ฉิมประเสริฐ. (2554). *การพัฒนาคู่มือในการจัดกิจกรรมส่งเสริมระเบียบวินัยของนักเรียนในสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 5*. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี).

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2563). *PDCA*. สืบค้นจาก https://th.wikipedia.org/wiki/PDCA

วิทยาภรณ์ สุขสนธิวงศ์. (2552). *การส่งเสริมการใช้แหล่งเรียนรู้ในชุมชนของผู้บริหารโรงเรียนมัธยมศึกษาตามความคิดเห็นของครู สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานครเขต3*. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารการศึกษาและผู้นำการศึกษา มหาวิทยาลัยสยาม).

วิโรจน์ สารรัตนะ. (2546). *การบริหารการศึกษา: หลักการ ทฤษฎี หน้าที่ ประเด็นและบทวิเคราะห์*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: อักษราพิพัฒน์.

ศศิธร รินทะ. (2554). *การบริหารจัดการศึกษาโรงเรียนในโครงการโรงเรียนมาตรฐานสากล (World Class standard school) กรณีศึกษา โรงเรียนเมืองคงสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เขต 31*. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น).

สมคิด บางโม. (2553). *องค์การและการจัดการ*. กรุงเทพฯ: วิทยาพัฒน์.

สมศักดิ์ คงเที่ยง. (2542). *หลักและทฤษฎีการบริหารการศึกษา*. กรุงเทพฯ: มิตรภาพการพิมพ์และสตูดิโอ.

สาระ ปัทมาพงศา. (2551). *การพัฒนาคู่มือการจัดการเรียนร่วมในโรงเรียนวัดกาญจนาราม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสุราษฎร์ธานี เขต 1.* (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี).

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2549). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545.* กรุงเทพฯ: สกายบุ๊กส์.

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2557). *หลักเกณฑ์และวิธีการในการประเมินมาตรฐานวิชาชีพ.* [ม.ป.พ.]: สำนักงานฯ.

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2558). *ระเบียบกระทรวงศึกษาธิการว่าด้วยการจัดการศึกษาและประเมินผลการเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556.* กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบข้าราชการ. (2557). *คู่มือการปฏิบัติงาน (Work manual).* สืบค้นจาก http://www.km.thaicyberu.go.th

สำนักงานปฏิรูปการศึกษา. (2545). *ปฏิรูปการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542.* กรุงเทพฯ: บุญศิริการพิมพ์.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *รายงานการติดตามและประเมินผลการจัดการศึกษาเรียนร่วมหลักสูตรอาชีวศึกษาและมัธยมศึกษาตอนปลาย (ทวิศึกษา).* กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการ สภาการศึกษา.

สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2563). ห้องเรียนอาชีพ. สืบค้นจาก http://skn-peo.go.th/home/datas/file/1620873378.pdf

สิริกร ประสพสุข. (2555). *การพัฒนาคู่มือการจัดการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้ เพิ่มเติม ภาษาอังกฤษสำหรับครูมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การประถมศึกษา 102 อุบลราชธานี เขต 5.* (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี).

สุนทร โคตรบรรเทา. (2551). *หลักและทฤษฎีการบริหารการศึกษา.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ปัญญาชน.

สุภรณ์ สุภาพงศ์. (2543). กรอบความคิดและข้อเสนอแนะการวิจัยเพื่อการปฏิรูปการเรียนรู้ของสังคมไทย. *วารสารวิชาการ*, 10.

สุมาลัย บุญรักษา และญาณภัทร สีหะมงคล (2562). *การประเมินโครงการจัดการเรียนร่วมหลักสูตรอาชีวศึกษาและมัธยมศึกษาตอนปลาย (ทวิศึกษา) โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 23 จังหวัดสกลนคร*. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม).

สุรชาติ ถึกสถิตย์. (ม.ป.ป.). *ความหมายของการพัฒนาอาชีพ*. https://www.gotoknow.org/posts/288654

สุรพันธ์ ยันต์ทอง. (2533). *การบริหารโรงเรียน นวตกรรม: เทคนิค:* ประสบการณ์. กรุงเทพฯ: กรมการศาสนา.

สุนันท์ ปัทมาคม. (ม.ป.ป.). *การจัดระบบ*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรัสวดี จินดาเนตร. (2553). *การพัฒนาคู่มือการสอนโครงงานคณิตศาสตร์ สำหรับครูในช่วงชั้นที่ 4 โรงเรียนดาราวิทยาลัยจังหวัดเชียงใหม่*. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่).

สุวรรณ์ เพ็ชรสมบัติ. (2554). *การศึกษาสภาพการนำมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐาน ด้านการบริหารและการจัดการศึกษาไปสู่การปฏิบัติในโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาจันทบุรี เขต 2*. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี).

สุวิธิดา จรุงเกียรติกุล. (2011). *องค์ประกอบการเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้*. สืบค้นจาก http://kbs.myreadyweb.com/page-1034.html

เสถียร คามีศักดิ์. (2553). *การเขียนคู่มือปฏิบัติงาน*. สืบค้นจาก http://medinfo.psu.ac.th

แสงรุนีย์ มีพร. (2552). *การวิจัยและพัฒนาคู่มือการจัดการความรู้เพื่อการบริหารจัดการหลักสูตรสถานศึกษา*. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น).

หน่วยศึกษานิเทศก์ และสำนักนโยบายและแผนการอาชีวศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2558). *แนวทางการจัดการศึกษาเรียนร่วมหลักสูตรอาชีวศึกษาและมัธยมศึกษาตอนปลาย*. กรุงเทพฯ: หน่วยศึกษานิเทศก์และสำนักนโยบายและแผนการอาชีวศึกษา.

หน่วยศึกษานิเทศก์ และสำนักนโยบายและแผนการอาชีวศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2560). *แนวทางการจัดการศึกษาเรียนร่วมหลักสูตรอาชีวศึกษาและมัธยมศึกษาตอนปลาย*. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนการอาชีวศึกษา.

อนันท์ งามสะอาด. (2009). *สังคมแห่งการเรียนรู้คืออะไร?*. สืบค้นจาก https://sisatblog.wordpress.com/2009/05/18/soc/

Barnard, C. L. (1962). *Organization and management.* Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Narin. (2563). *กระบวนการบริหาร*. สืบค้นจาก https://narin-narinblogspotcom.blogspot.com/2010/12/blog-post.html

Nitiya Thongfuang. (2012). *การพัฒนาสังคมแห่งการเรียนรู้*. สืบค้นจาก https://www.gotoknow.org/posts/294134

Plook Teacher. (2561). *สังคมแห่งการเรียนรู้ตลอดชีวิต (A lifelong learning society).* สืบค้นจาก https://www.trueplookpanya.com/blog/content/66056/-teaartedu-teaart-teaarttea-

Sergiovanni, T. J. (1992). Educational Governance and Administration. Massachusetts : Allyn& Bacon, 1992.

Simon, A., Herbert, A., Smithburg, D.W., and Thompson, V. A. (1950). *Public Administration.* New York: Alfred Aknopt, 1950.

Tada Ratchagit. (ม.ป.ป.). *POSDC : POLC – ทฤษฎีการจัดการที่สร้างประสิทธิภาพให้กับองค์กร.* สืบค้นจาก https: / / th. hrnote. asia/ orgdevelopment/ 190619- polc- management-oncept/#:~:text=POLCเป็นทฤษฎีการจัดการที่ใส่ใจกระบวนการตั้งแต่เริ่มต้นจนจบ,เริ่มตั้งแต่การวางแผน%20การปฏิบัติการ%20ไปจนถึงการประเมินผล

Tada Ratchagit.. (ม.ป.ป.). *POSDC: หลักการบริหารจัดการยุคคลาสสิกที่ยังคงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพองค์กรได้ดีในยุคปัจจุบัน.* สืบค้นจาก https://th.hrnote.asia/orgdevelopment/190704-posdc-management-concept/

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์

ผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ จำนวน 5 คน ประกอบด้วย

1. ดร.สุดสาย ศรีศักดา
   ตำแหน่ง ผู้อำนวยการศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีวศึกษาภาคเหนือ
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระศักดิ์ อุรัจนานนท์
   ตำแหน่ง รองอธิการบดี ฝ่ายวิชาการและกิจการนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
3. ดร.สมหวัง โชติการ
   ตำแหน่ง ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสันกำแพง
4. นายสมฤทธิ์ โกมิตร
   ตำแหน่ง ผู้อำนวยการสำนักอาชีวศึกษา บัณฑิต สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1
5. ดร.ชมนาด พรมมิจิตร
   ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่

ตัวอย่างหนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์

ที่ อว. ๐๖๑๒.๑๔.๐๑/ว.๒๑๔

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
๒๐๒ ถนนช้างเผือก อ.เมือง
จ.เชียงใหม่ ๕๐๓๐๐

๒๐ เมษายน ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการทำการทำวิทยานิพนธ์

เรียน ดร.สุดสาย ศรีศักดา
ผู้อำนวยการศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีวศึกษาภาคเหนือ

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือในการทำการทำวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ชุด

ด้วยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้ นายวัชรพงศ์ ฝั้นติ๊บ นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา การทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษา เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพ ในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ ๑" โดยมี อาจารย์ ดร.ภูเบศ พวงแก้ว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการทำวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย เห็นว่าท่านเป็นผู้มีประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี โดยนักศึกษาได้ประสานกับท่านแล้ว บัณฑิตวิทยาลัย จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจและให้ความเห็นเกี่ยวกับเครื่องมือในการทำการทำวิทยานิพนธ์ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฏฐ์ พลวัน)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บัณฑิตวิทยาลัย
โทรศัพท์. ๐๙๗-๒๖๓-๙๑๘๑

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามสภาพปัจจุบัน ปัญหาการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

แบบสอบถาม

สภาพปัจจุบัน ปัญหาการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ

ในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

.....

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถาม คณะกรรมการดำเนินโครงการทวิศึกษาของสถานศึกษาในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 ครูผู้สอนสายวิชาชีพที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา ครูผู้สอนสายสามัญที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา ตัวแทนผู้ประกอบอาชีพในชุมชนที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา ผู้ปกครองของนักเรียนที่เข้าศึกษาในโครงการทวิศึกษา นักเรียนที่เข้าศึกษาโครงการทวิศึกษา เกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน ปัญหาการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 แบบสอบถามชุดนี้แบ่งออกเป็น 4 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยใช้แบบตรวจสอบรายการ (Checklist)

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน ปัญหาการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale)

ตอนที่ 3 การดำเนินการส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวภาคเหนือ 1 โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale)

ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 โดยใช้คำถามปลายเปิด

ตอนที่ 5 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับ แนวทางการดำเนินการส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวภาคเหนือ 1

ผู้วิจัยขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถาม โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ช่องว่างที่ตรงกับความจริงหรือความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ข้อมูลที่ได้จากท่านผู้วิจัยจะนำไปวิเคราะห์ในภาพรวม และไม่ส่งผลกระทบใด ๆ ต่อตัวท่าน

ขอขอบพระคุณที่ท่านสละเวลาตอบแบบสอบถามมา ณ โอกาสนี้

นายวัชรพงศ์ ฝั้นติ๊บ
นักศึกษาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

<u>คำชี้แจง</u> โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ตรงตามความเป็นจริง

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2. วุฒิการศึกษาสูงสุด

☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ ปริญญาตรี

☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

3. บทบาทหน้าที่ในโครงการทวิศึกษา

☐ คณะกรรมการโครงการทวิศึกษาของสถานศึกษาในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

☐ ครูผู้สอนสายวิชาชีพที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา

☐ ครูผู้สอนสายสามัญที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา

☐ ตัวแทนผู้ประกอบอาชีพในชุมชนที่การศึกษาโครงการทวิศึกษา

☐ ผู้ปกครองของนักเรียนที่เข้าศึกษาในโครงการทวิศึกษา

☐ นักเรียนที่เข้าศึกษาในโครงการทวิศึกษา

4. ประสบการณ์ในการทำงานตามบทบาทหน้าที่ในโครงการทวิศึกษา

☐ น้อยกว่า 5 ปี ☐ 5 – 10 ปี ☐ 11 – 15 ปี

☐ 16 – 20 ปี ☐ 21 ปีขึ้นไป

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน ปัญหาการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

คำชี้แจง แบบสอบถามตอนนี้เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating scale) โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องของระดับคะแนน ซึ่งตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านต่อสภาพปัจจุบัน ปัญหา การบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

5 หมายถึง สภาพการปฏิบัติ/เป็นจริง/เป็นปัญหาระดับมากที่สุด

4 หมายถึง สภาพการปฏิบัติ/เป็นจริง/เป็นปัญหาระดับมาก

3 หมายถึง สภาพการปฏิบัติ/เป็นจริง/เป็นปัญหาระดับปานกลาง

2 หมายถึง สภาพการปฏิบัติ/เป็นจริง/เป็นปัญหาระดับน้อย

1 หมายถึง สภาพการปฏิบัติ/เป็นจริง/เป็นปัญหาระดับน้อยที่สุด

ที่	การบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ	ระดับการปฏิบัติเป็นจริง					ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
การวางแผน (P)											
1. ด้านกระบวนการบริหารจัดการมีการดำเนินการ ดังนี้											
1.1	สร้างข้อตกลงประสานงานร่วมมือจัดอาชีวศึกษาในการกำหนดเป้าหมายการรับนักเรียนตามสาขาอาชีพ										
1.2	กำหนดนโยบายขยายโอกาสในการเข้าถึงในการให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเข้าเรียนในหลักสูตรทวิศึกษา										
1.3	จัดกระบวนการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษาอย่างเป็นระบบ โดยเน้นการมีส่วนร่วมทุกฝ่าย เช่น บริหาร ครูผู้สอน ผู้ปกครอง ชุมชน										
1.4	กระจายอำนาจให้ชุมชนและสถานศึกษามีบทบาทในการพัฒนาหลักสูตรทวิศึกษา										
1.5	ประชาสัมพันธ์สร้างความเข้าใจให้นักเรียนและผู้ปกครองสนใจการเรียนมัธยมศึกษาควบคู่กับการฝึกอาชีพ										
1.6	อื่น ๆ โปรดระบุ.....										
การจัดการองค์กร (O)											
2. ด้านการจัดการเรียนการสอนมีการดำเนินการ ดังนี้											
2.1	จัดโครงสร้างหลักสูตรสถานศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562 และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย										

ที่	การบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ	ระดับการปฏิบัติเป็นจริง					ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
2. ด้านการจัดการเรียนการสอน (ต่อ)											
2.2	กำหนดบทบาทครูผู้สอนในระดับชั้นเรียนและหน้าที่รับผิดชอบในการจัดทำโครงสร้างรายวิชา และออกแบบหน่วยการเรียนรู้										
2.3	กำหนดรายวิชา มีองค์ประกอบครบ เช่น คำอธิบายรายวิชา มาตรฐาน ตัวชี้วัด การวัดและประเมินผล										
2.4	บริหารทรัพยากรบุคลากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการจัดครูเข้าสอนตรงตามความรู้ความสามารถ และความถนัด รวมทั้งการพัฒนาครูอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา										
2.5	จัดโครงสร้างหลักสูตร เวลาเรียน มีโปรแกรมวิชาการเรียนที่เน้นอาชีพ										
การจัดสรรและบริหารงานบุคลากร (S)											
3. ด้านการบริหารทรัพยากรและงบประมาณมีการดำเนินการ ดังนี้											
3.1	สถานศึกษาจัดเตรียมความพร้อมด้านงบประมาณ ครู บุคลากรตามความจำเป็นของการจัดการเรียนตามโครงการเรียนร่วมรูปแบบทวิศึกษา										
3.2	สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาจัดสรรงบประมาณและทรัพยากรบริการด้านวัสดุ และสื่อการเรียน สนับสนุนการจัดการทวิศึกษาอย่างพียงพอ และต่อเนื่องให้กับสถาบันที่ร่วมจัดการศึกษา										

ที่	การบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ	ระดับการปฏิบัติเป็นจริง					ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
3. ด้านการบริหารทรัพยากรและงบประมาณ (ต่อ)											
3.3	สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานจัดสรรงบประมาณและทรัพยากรบริการด้านวัสดุ และสื่อการเรียน สนับสนุนการจัดการทวิศึกษาอย่างพียงพอ และต่อเนื่องให้กับสถาบันที่ร่วมจัดการศึกษา										
3.4	องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจัดสรรงบประมาณและทรัพยากรบริการด้านวัสดุ และสื่อการเรียน สนับสนุนการจัดการทวิศึกษาอย่างพียงพอและต่อเนื่องให้กับสถาบันที่ร่วมจัดการศึกษา										
3.5	ประเมินมาตรฐานฝีมือตามข้อตกลงและตามแผนการฝึกทักษะวิชาชีพที่จัดทำร่วมกันระหว่างสถานศึกษาและสถานประกอบการ										
3.6	อื่น ๆ โปรดระบุ.....										
การปฏิบัติตามแผน (Do)											
4. ด้านการสร้างความร่วมมือกับเครือข่ายมีการดำเนินการ ดังนี้											
4.1	วางแผนร่วมกันระหว่างสถานศึกษาและสถานประกอบการ ฝึกทักษะอาชีพให้ครอบคลุมเนื้อหารายวิชาตามหลักสูตร										
4.2	ส่งเสริมความร่วมมือระหว่างสถานศึกษาและสถานประกอบการเพื่อให้ผู้ที่จบการศึกษาออกไปเป็นช่างเทคนิคและช่างชำนาญงานเต็มรูปแบบ										

ที่	การบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ	ระดับการปฏิบัติเป็นจริง					ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
4. ด้านการสร้างความร่วมมือกับเครือข่าย (ต่อ)											
4.3	สถานศึกษาและสถานประกอบการร่วมกันสร้างความเข้าใจและสร้างหลักการจัดอาชีวศึกษารูปแบบทวิศึกษาและหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้อง										
4.4	สถานศึกษาและสถานประกอบการร่วมมือกันดำเนินการในการกำหนดสาขาวิชาชีพที่จะฝึกนักเรียน และดำเนินการในการกำหนดเป้าหมายจำนวนนักเรียนทวิศึกษาตามความต้องการของสถานประกอบการ										
4.5	เปิดโอกาสให้ผู้ปกครอง ปราชญ์ในท้องถิ่น สถานประกอบการในชุมชนได้มีส่วนร่วมในกระบวนการจัดทำกรอบแนวคิดการจัดการศึกษารูปแบบทวิศึกษา										
4.6	อื่น ๆ โปรดระบุ.....										
5. ด้านผู้เรียนมีการดำเนินการ ดังนี้											
5.1	สาขาวิชาที่เปิดสอนตรงกับความต้องการของนักเรียน										
5.2	จัดให้นักเรียนเรียนครบตามโครงสร้างของหลักสูตร การฝึกประสบการณ์ทักษะวิชาชีพ										
5.3	จัดให้มีการทดสอบนักเรียนเพื่อรับรองคุณวุฒิวิชาชีพ โดยหน่วยงานกลางที่รับผิดชอบ										

ที่	การบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ	ระดับการปฏิบัติเป็นจริง					ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
5. ด้านผู้เรียน (ต่อ)											
5.4	จัดการฝึกประสบการณ์ทักษะวิชาชีพตรงตามสาขาวิชา										
5.5	สถานศึกษาอาชีวศึกษาและสถานศึกษามัธยมศึกษา มีการนิเทศติดตามการฝึกประสบการณ์ทักษะวิชาชีพ										
5.6	อื่น ๆ โปรดระบุ.....										
การอำนวยการ (Di)											
6. ด้านวัสดุ อุปกรณ์ ครุภัณฑ์ และสถานที่มีการดำเนินการ ดังนี้											
6.1	สถานศึกษาจัดเตรียมความพร้อมทางด้านห้องเรียน ห้องปฏิบัติการสำหรับนักเรียนทวิศึกษา										
6.2	สถานศึกษาจัดเตรียมสื่อ เครื่องมือวัสดุฝึกตามมาตรฐานที่สาขาวิชากำหนด										
6.3	สถานศึกษาจัดเตรียมครุภัณฑ์ตามมาตรฐานที่สาขาวิชากำหนด										
6.4	สถานศึกษาจัดเตรียมอาคารฝึกปฏิบัติการตามมาตรฐานที่สาขาวิชากำหนด										
6.5	จัดให้มีจำนวนของสถานประกอบการเพียงพอต่อการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ										
6.6	อื่น ๆ โปรดระบุ.....										

ที่	การบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ	ระดับการปฏิบัติเป็นจริง					ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
การควบคุม (C)											
7. ด้านการวัดผล ประเมินผล การประเมินมาตรฐานวิชาชีพและการเทียบโอนมีการดำเนินการ ดังนี้											
7.1	จัดการเรียนการสอนและวัดประเมินรายวิชาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รายวิชาพื้นฐาน										
7.2	จัดการเรียนการสอนและวัดประเมินรายวิชาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562 หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพและหมวดวิชาเลือกเสรี										
7.3	จัดทำแผนการฝึกภาคปฏิบัติ ให้เป็นไปตามโครงสร้างหลักสูตร สถานศึกษาและสถานประกอบการร่วมมือกันดำเนินการ										
7.4	สถานศึกษาและสถานประกอบการร่วมมือกันดำเนินการในการนิเทศการเรียนการสอน การฝึกภาคปฏิบัติและติดตามผล ประเมินผล										
7.5	จัดให้มีการเทียบโอนผลการเรียนรายวิชาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รายวิชาพื้นฐาน กับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562 หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพและหมวดวิชาเลือกเสรี										
7.6	อื่น ๆ โปรดระบุ.....										

ที่	การบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ	ระดับการปฏิบัติเป็นจริง					ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
การปรับปรุง (A)											
8. ด้านการพัฒนาหลักสูตรมีการดำเนินการ ดังนี้											
8.1	ครูในสถานศึกษาและครูฝึกทักษะอาชีพในสถานประกอบการมีความเข้าใจในการจัดการระบบทวิศึกษา										
8.2	จัดให้มีมาตรการและวิธีการในการกำกับดูแล การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด										
8.3	การบริหารหลักสูตร การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การวัดประเมินผลมีความเหมาะสม										
8.4	ประเมินผลการใช้หลักสูตรบรรลุเป้าหมายของการควบคุมคุณภาพสถานศึกษาควรจัดให้มีการประเมินทั้งระบบ										
8.5	จัดประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยเครื่องมือมาตรฐานเพื่อตรวจสอบคุณภาพการศึกษา										
8.6	อื่น ๆ โปรดระบุ.....										

ตอนที่ 3 การดำเนินการส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

ที่	การส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ	ระดับการปฏิบัติเป็นจริง					ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
1. การคิดเชิงระบบ มีการดำเนินการ ดังนี้											
1.1	สถานศึกษาส่งเสริมและสนับสนุนให้บุคลากรคิดริเริ่มสร้างสรรค์นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์และนำมาประยุกต์ใช้ในชุมชน และต่อยอดอาชีพอย่างเหมาะสมโดยมีการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการทั้งกระบวนการคิดและการปฏิบัติงาน										
1.2	สถานศึกษามีการวางระบบการแก้ไขปัญหาของชุมชนเพื่อสร้างรายได้ลดรายจ่ายช่วงสถานการณ์โควิด 19 โดยอาศัยข้อมูลและข้อเท็จจริงอย่างมีวิจารณญาณ										
1.3	สถานศึกษาส่งเสริมให้มีกระบวนการคิดและนำเสนอผลการปฏิบัติงานโดยจัดตั้งศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงแรงให้กับนักเรียนที่เป็นลำดับขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง และทันต่อเหตุการณ์										
1.4	สถานศึกษามีมาตรฐานการปฏิบัติงานที่ชัดเจนและเป็นระบบในการพัฒนาอาชีพและการเป็นผู้ประกอบการ จากการระดมความคิดของบุคลากร ซึ่งผู้บริหารสถานศึกษามีส่วนร่วมในการผลักดันความคิด										
1.5	บุคลากรในสถานศึกษาสามารถนำความรู้ทางวิชาชีพในภารกิจหลักของสถานศึกษามาใช้ในการบริการวิชาการแก่ชุมชนได้เป็นอย่างดี										

ที่	การส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ	ระดับการปฏิบัติเป็นจริง					ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
1. การคิดเชิงระบบ (ต่อ)											
1.6	อื่น ๆ โปรดระบุ										
2. พลวัตการเรียนรู้ มีการดำเนินการ ดังนี้											
(ความรอบรู้แห่งตน)											
2.1	สถานศึกษาสร้างจิตสำนึกในการใฝ่เรียนรู้ด้านทักษะอาชีพเพื่อพัฒนาศักยภาพของนักเรียนให้มีอาชีพ ให้บุคลากรพัฒนาศักยภาพไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้ เช่น โครงการจัดกิจกรรมบริการวิชาชีพ , โครงการอบรมอาชีพการเป็นผู้ประกอบการ										
2.2	สถานศึกษาสร้างจิตสำนึกในการใฝ่เรียนรู้ด้านทักษะอาชีพเพื่อสร้างบรรยากาศการต่อยอดอาชีพให้บุคลากรพัฒนาศักยภาพไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้ เช่น กิจกรรมพัฒนา และต่อยอดอาชีพ โดยใช้นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์										
2.3	สถานศึกษาจัดกิจกรรมบริการวิชาชีพให้นักเรียนและบุคลากรได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนร่วมงานเพื่อส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้สิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆอยู่เสมอ										
2.4	บุคลากรในสถานศึกษาแสวงหาโอกาส ความท้าทาย และแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ โดยเข้าร่วมกิจกรรมองค์การวิชาชีพในอนาคตทางด้านการศึกษา และพร้อมที่จะก้าวทันการเปลี่ยนแปลงในยุคดิจิทัล										

ที่	การส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ	ระดับการปฏิบัติเป็นจริง					ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
(ความรอบรู้แห่งตน) (ต่อ)											
2.5	บุคลากรในสถานศึกษานำความรู้ทักษะอาชีพ และวิธีการทางเลือกใหม่ ๆ ที่ได้รับจากการประชุม อบรม สัมมนา มาประยุกต์ใช้ในการบริการวิชาการแก่ชุมชนอย่างสม่ำเสมอ										
(แบบแผนความคิดอ่าน)											
2.6	บุคลากรในสถานศึกษาสามารถรวบรวมแนวคิดวิธีการนำเสนออย่างเป็นระบบในการพัฒนาและต่อยอดอาชีพ และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อทำงานที่ยุ่งยากซับซ้อนได้เป็นอย่างดี										
2.7	บุคลากรในสถานศึกษามีอุดมการณ์อย่างมุ่งมั่นในการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการบริการสร้างอาชีพ ไม่ยึดติดกับความเชื่อเก่า ๆที่ล้าสมัย และสามารถแก้ไขสถานการณ์ต่างๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของสถานศึกษา										
2.8	บุคลากรในสถานศึกษาสามารถปรับวิธีการปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับวิสัยทัศน์และเป้าหมายของสถานศึกษาเพื่อเตรียมกำลังคนระดับต้นและระดับกลางด้านเทคนิคในสาขาต่าง ๆ ให้ตรงกับความต้องการของสถานประกอบการและตลาดแรงงาน										
2.9	บุคลากรในสถานศึกษานำความคิดไปใช้ในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งใหม่ และดัดแปลงเทคโนโลยีสู่กระบวนการผลิตทั้งในภาคอุตสาหกรรม และการบริการ										

ที่	การส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ	ระดับการปฏิบัติเป็นจริง					ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
2.10	บุคลากรในสถานศึกษามีการนำปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงานมาวิเคราะห์และหาทางเลือกที่ดีกว่าเพื่อตอบสนองความต้องการของสถานประกอบการและตลาดแรงงาน										
(การมีวิสัยทัศน์ร่วม)											
2.11	สถานศึกษากำหนดวิสัยทัศน์ของสถานศึกษาจากการระดมความคิดเห็นและการมีส่วนร่วมในการออกแบบและพัฒนาหลักสูตรอาชีวศึกษาของบุคลากร สถานประกอบการ ชุมชนท้องถิ่น และผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง										
2.12	สถานศึกษาส่งเสริมการเรียนรู้ ริเริ่มทดลองสิ่งใหม่ ๆ ของบุคลากรให้เป็นไปในทิศทางหรือกรอบแนวทางที่มุ่งสู่จุดหมายเดียวกัน เช่น การเพิ่มทักษะแรงงาน (Up-Skill) และการปรับเปลี่ยนทักษะแรงงาน (Re-Skill)										
2.13	สถานศึกษาสร้างความตระหนักให้บุคลากรเชื่อว่าความสำเร็จของสถานศึกษาคือความสำเร็จของทุกคนโดยอาศัยพื้นฐานจากการมีวิสัยทัศน์ร่วมกัน										
2.14	บุคลากรในสถานศึกษามีความเข้าใจการดำเนินงานตามวิสัยทัศน์ของสถานศึกษาให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานและทิศทางการพัฒนาประเทศ										

ที่	การส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ	ระดับการปฏิบัติเป็นจริง					ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
3. การเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม มีการดำเนินการ ดังนี้											
3.1	บุคลากรในสถานศึกษาและสถานประกอบการในชุมชนมีบทบามสำคัญในการพัฒนาสื่อและอุปกรณ์ใช้กระบวนการเรียนรู้เป็นกลุ่มเพื่อสร้างความคุ้นเคยและจูงใจ ให้ค้นหาวิธีปฏิบัติงานหรือแก้ปัญหา และนำความรู้ใหม่มาปรับใช้ในการปฏิบัติงาน										
3.2	บุคลากรในสถานศึกษามีการเรียนรู้ในทีมโดยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับวิทยากร ปราชญ์ในชุมชนที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาผ่านช่องทางที่หลากหลาย เช่น การประชุมกลุ่มย่อย อินเตอร์เน็ต เป็นต้น										
3.3	บุคลากรในสถานศึกษาปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงเป้าหมายขององค์การมากกว่าการทำงานเฉพาะในหน้าที่หรือส่วนงานของตนที่รับผิดชอบ										
3.4	บุคลากรในสถานศึกษาให้ความสำคัญกับการเก็บรักษาความรู้ที่สำคัญขององค์การ รวมทั้งมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้องค์ความรู้กับผู้อื่นอย่างสม่ำเสมอ										
3.5	อื่น ๆ โปรดระบุ										

ที่	การส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ	ระดับการปฏิบัติเป็นจริง					ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
4. การจัดการและการถ่ายทอดองค์ความรู้ มีการดำเนินการ ดังนี้											
4.1	สถานศึกษาพัฒนาระบบ และโครงสร้างต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพเพื่อรวบรวมและจัดเก็บความรู้ที่สำคัญให้บุคลากร นักเรียนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย										
4.2	สถานศึกษามีการพัฒนายุทธศาสตร์และแนวทางการแก้ไขปัญหาการผลิตและพัฒนากำลังคนด้านอาชีวศึกษาให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานและทิศทางการพัฒนาประเทศตลอดจนกลไกการถ่ายทอดองค์ความรู้ทั่วทั้งองค์การอย่างต่อเนื่อง										
4.3	บุคลากรในสถานศึกษาตระหนักถึงความจำเป็นในการจัดเก็บความรู้ด้านทักษะอาชีพ สำคัญขององค์การในสถานการณ์โควิด 19 เช่น โครงการจัดเก็บข้อมูลผ่านระบบบริหารจัดการงานภายในและภายนอกสถานศึกษา, โครงการจัดทำคู่มือและสื่อการสอนทักษะอาชีพ										
4.4	บุคลากรในสถานศึกษาตระหนักถึงความจำเป็นในการจัดเก็บความรู้การแบ่งปันความรู้ด้านบริการวิชาชีพ ในสถานการณ์โควิด 19 เช่น โครงการจัดทำคู่มือและทำสื่อการสอนออนไลน์สำหรับการฝึกอบรมวิชาชีพระยะสั้น										

ที่	การส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ	ระดับการปฏิบัติเป็นจริง					ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
4. การจัดการและการถ่ายทอดองค์ความรู้ (ต่อ)											
4.5	บุคลากรในสถานศึกษาตระหนักถึงความจำเป็นในการจัดเก็บความรู้ให้กับชุมชนเพื่อสร้างอาชีพและรายได้ ในสถานการณ์โควิด 19 เช่น โครงการอาชีวะอาสา, โครงการ Smart Farming เกษตรอัจฉริยะ ออกบริการให้ความรู้ เกี่ยวกับระบบโซลาร์เซลล์เพื่อการเกษตร และระบบให้น้ำอัจฉริยะ										
4.6	บุคลากรในสถานศึกษามีการจัดเก็บข้อมูลความต้องการทั้งภายในและภายนอกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับทักษะอาชีพ เช่น โครงการศูนย์ทวิภาคีเขตพื้นที่ ภาคเหนือ 1, โครงการจัดเก็บข้อมูลผ่านโปรแกรมระบบบริหารสถานศึกษา ศธ.02 ออนไลน์สำหรับสถานศึกษาอาชีวศึกษาภาครัฐ,โครงการจัดเก็บข้อมูลผ่านระบบบริหารจัดการงานภายในและภายนอกสถานศึกษา ที่เป็นระบบและสามารถเข้าถึงได้ง่าย										
4.7	สถานศึกษาพัฒนาระบบและกลไกในการจัดการและถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านบริการวิชาชีพ เช่น โครงการศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีสาขาธุรกิจดิจิทัล สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ, โครงการอบรมอาชีพการเป็นผู้ประกอบการ, โครงการจัดกิจกรรมบริการวิชาการในหน่วยงานอย่างต่อเนื่อง										

ที่	การส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ	ระดับการปฏิบัติเป็นจริง					ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
4. การจัดการและการถ่ายทอดองค์ความรู้ (ต่อ)											
4.8	สถานศึกษาพัฒนาระบบและกลไกในการจัดการและถ่ายทอดองค์ความรู้ด้าน บริการวิชาการ เช่น โครงการจัดกิจกรรมบริการวิชาชีพในหน่วยงานอย่างต่อเนื่อง										
4.9	สถานศึกษาพัฒนาระบบและกลไกในการจัดการและถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาต่อยอดอาชีพ เช่น โครงการจัดกิจกรรมพัฒนาและต่อยอดอาชีพ โดยใช้นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ ในหน่วยงานอย่างต่อเนื่อง										
4.10	จัดหน่วยบริการชุมชน เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ ความสามารถในการให้บริการชุมชนตามสาขาวิชาชีพที่ตนเรียนเพื่อสร้างความผูกพันธ์กับท้องถิ่นของตน										
4.11	อื่น ๆ โปรดระบุ.....										
5. การใช้เทคโนโลยีและการสื่อสาร มีการดำเนินการ ดังนี้											
5.1	สถานศึกษามุ่งพัฒนาระบบเทคโนโลยีดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพ เอื้อต่อการเข้าถึงผู้เรียนและการบริการชุมชนได้อย่างทั่วถึงและเท่าเทียมทั้งในเมืองและชนบท ที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เพื่ออำนวยความสะดวก และการปฏิบัติงานให้สอดรับการเปลี่ยนแปลงสู่สังคมเศรษฐกิจฐานนวัตกรรมและมาตรฐานสากล										

ที่	การส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ	ระดับการปฏิบัติเป็นจริง					ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
5. การใช้เทคโนโลยีและการสื่อสาร (ต่อ)											
5.2	สถานศึกษาสามารถขับเคลื่อนระบบคลังปัญญา มีสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ ช่วยสนับสนุนการจัดการเรียนรู้และการบริการวิชาการ เช่น โครงการจัดทำคลังคู่มือและสื่อการสอนออนไลน์สำหรับจัดการสอนหลักสูตรระยะสั้น โดยใช้นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ										
5.3	สถานศึกษาสามารถขับเคลื่อนระบบคลังปัญญา มีสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ช่วยสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ และการบริการวิชาชีพ เช่น โครงการจัดทำคลังคู่มือและสื่อการสอนสำหรับจัดกิจกรรมบริการวิชาชีพ โดยใช้นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ										
5.4	สถานศึกษาสามารถขับเคลื่อนระบบคลังปัญญา มีสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ช่วยสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ และกิจกรรมการพัฒนาต่อยอดอาชีพ เช่น โครงการจัดคลังคู่มือสำหรับจัดกิจกรรมพัฒนา และต่อยอดอาชีพ โดยใช้นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ										
5.5	สถานศึกษามีระบบซอฟท์แวร์ที่ช่วยในการจัดการเรียนรู้และการบริการวิชาการ เช่น โครงการจัดทำห้องเรียนออนไลน์ผ่านโปรแกรม Moodle, Google Meet, โครงการจัดซื้อซอฟท์แวร์ Zoom สำหรับการจัด การเรียนการสอนและประชุมผ่านระบบออนไลน์ ซ่อมสร้างเครื่องมือที่ช่วยในการทำงานให้กับชุมชนในท้องถิ่น										

ที่	การส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ	ระดับการปฏิบัติเป็นจริง					ระดับปัญหา				
		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
5. การใช้เทคโนโลยีและการสื่อสาร (ต่อ)											
5.6	สถานศึกษามีระบบซอฟท์แวร์ที่ช่วยในการจัดการเรียนรู้ และการบริการวิชาชีพ เช่น แอปพลิเคชัน “ช่างอาชีวะ” (ช่างพันธุ์ R อาชีวะซ่อมทั่วไทย) ซ่อมสร้างเครื่องมือที่ช่วยในการทำงานให้กับชุมชนในท้องถิ่น										
5.7	สถานศึกษามีระบบฐานข้อมูลความรู้โดยร่วมมือกับภาครัฐและเอกชนในการพัฒนาบุคลากร ระยะสั้นและระยะยาว ภายใต้นโยบายประเทศไทย 4.0 ที่มีประสิทธิภาพ										
5.8	บุคลากรในสถานศึกษาใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเพิ่มพูนทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ทักษะทางภาษาและการสื่อสาร ทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น และแสวงหาโอกาสเข้าร่วมกิจกรรมทางการศึกษาอยู่ตลอดเวลา										
5.9	อื่น ๆ โปรดระบุ.....										

ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 โดยใช้คำถามปลายเปิด

4.1 ข้อเสนอแนะแนวทาง **การวางแผน (P)** ของการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

4.1.1 ด้านกระบวนการบริหาร ข้อเสนอแนะ คือ

.....

.....

.....

.....

4.2. ข้อเสนอแนะแนวทาง **การจัดองค์กร (O)** ของการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

4.2.1 ด้านการจัดการเรียนการสอน ข้อเสนอแนะ คือ

.....

.....

.....

.....

4.3 ข้อเสนอแนะแนวทาง **การจัดสรรและบริหารบุคลากร (S)** ของการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

4.3.1 ด้านการบริหารทรัพยากรและงบประมาณ ข้อเสนอแนะ คือ

.....

.....

.....

.....

4.4 ข้อเสนอแนะแนวทาง **การปฏิบัติตามแผน (Do)** ของการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

4.4.1 ด้านการสร้างความร่วมมือกับเครือข่าย ข้อเสนอแนะ คือ

.....

.....

.....

.....

4.4.2 ด้านผู้เรียน ข้อเสนอแนะ คือ

.....

.....

.....

.....

4.5 ข้อเสนอแนะแนวทาง **การอำนวยการ (Di)** ของการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

4.5.1 ด้านวัสดุ อุปกรณ์และสถานที่ ข้อเสนอแนะ คือ

.....

.....

.....

.....

4.6 ข้อเสนอแนะแนวทาง **การควบคุม (C)** ของการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

4.6.1 ด้านการวัดผล ประเมินผล การประเมินมาตรฐานวิชาชีพและการเทียบโอน ข้อเสนอแนะ คือ

.....

.....

.....

.....

4.7 ข้อเสนอแนะแนวทาง **การปรับปรุง (A)** ของการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

4.7.1 ด้านการพัฒนาหลักสูตร ข้อเสนอแนะ คือ

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 5 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับ แนวทางการดำเนินการส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวภาคเหนือ 1

5.1 ด้านการคิดเชิงระบบ มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้

.....

.....

.....

.....

5.2 ด้านพลวัตการเรียนรู้ มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้

.....

.....

.....

.....

5.2.1 ความรอบรู้แห่งตน มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้

.....

.....

.....

.....

5.2.2 แบบแผนความคิดอ่าน มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้

.....

.....

.....

.....

5.2.3 การมีวิสัยทัศน์ร่วม มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้

.....

.....

.....

.....

5.3 ด้านการเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้

.....

.....

.....

.....

5.4 ด้านการจัดการและการถ่ายทอดองค์ความรู้ มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้

.....

.....

.....

.....

5.5 ด้านการใช้เทคโนโลยีและการสื่อสาร มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้

.....

.....

.....

.....

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่สละเวลาในครั้งนี้

ภาคผนวก ค

แบบสอบถาม สภาพปัจจุบัน ปัญหาการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ ในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

แบบสัมภาษณ์

แนวทางการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ1

.....

คำชี้แจง

แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสัมภาษณ์คณะกรรมการ ดำเนินโครงการทวิศึกษาของสถานศึกษาในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 ครูผู้สอนสายวิชาชีพที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา ครูผู้สอนสายสามัญที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา ตัวแทนผู้ประกอบอาชีพในชุมชนที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา ผู้ปกครองของนักเรียนที่เข้าศึกษาในโครงการทวิศึกษา นักเรียนที่เข้าศึกษาโครงการทวิศึกษา เกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน ปัญหาการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ1 แบบสอบถามชุดนี้แบ่งออกเป็น 4 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แนวทางการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ1 โดยใช้คำถามปลายเปิด

ตอนที่ 3 แนวทางการดำเนินการส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวภาคเหนือ1

ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวทางการส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวภาคเหนือ1

ผู้วิจัยขอความร่วมมือจากท่านในการให้ข้อมูลที่ตรงกับความจริงหรือความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ข้อมูลที่ได้จากท่านผู้วิจัยจะนำไปวิเคราะห์ในภาพรวม และไม่ส่งผลกระทบใด ๆ ต่อตัวท่าน

ขอขอบพระคุณที่ท่านสละเวลาในการให้ข้อมูลมา ณ โอกาสนี้

นายวัชรพงศ์ ฝั้นติ๊บ
นักศึกษาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ความหมายของคำที่ใช้ในแบบสอบถาม

การจัดการเรียนการสอนแบบทวิศึกษา หมายถึง การจัดการศึกษาระหว่างสถานศึกษาด้านอาชีวศึกษากับสถานศึกษาด้านสามัญศึกษาให้แก่ผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความประสงค์จะเรียนในสายวิชาชีพ โดยเรียนวิชาสามัญในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และเรียนวิชาชีพในสาขาที่ต้องการในสถานศึกษาด้านอาชีวศึกษา ผู้เรียนจะได้ทั้งวุฒิ ม.6 จากโรงเรียนมัธยมศึกษา และได้วุฒิ ปวช. จากสถานศึกษาด้านอาชีวศึกษาไปพร้อมกันโดยใช้เวลาเรียนไม่น้อยกว่า 3 ปี

การสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ หมายถึง กระบวนการทางสังคมที่เกื้อหนุนส่งเสริมให้บุคคลหรือสมาชิกในชุมชน ในสังคม เกิดการเรียนรู้ และเกิดความสามารถในการปฏิบัติการหรือกระทำสิ่งต่าง ๆ โดยผ่านสื่อ เทคโนโลยีสารสนเทศ แหล่งการเรียนรู้ มีถ่ายทอดความรู้ แลกเปลี่ยนรู้จากทุกภาคส่วนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการปฏิบัติการหรือกระทำสิ่งต่าง ๆ ของบุคคลหรือสมาชิกให้ได้ใช้อวัยวะหรือกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายประสานกับจิตใจและสมอง โดยมีกระบวนการทำงานเป็นขั้นตอน ซึ่งได้เกิดจากการฝึกฝน หรือการกระทำบ่อย ๆ จนเกิดความชำนาญเพื่อนำไปประกอบอาชีพให้ได้ค่าตอบแทน หรือรายได้ที่จะนำไปใช้จ่ายในการดำรงชีวิต และสร้างมาตรฐานที่ดีให้แก่ครอบครัว ชุมชน และประเทศชาติ

การบริหารจัดการทวิศึกษา หมายถึง กระบวนการในการจัดการศึกษา เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 ประกอบด้วย 1) การวางแผน (P) 2) การจัดองค์กร (O) 3) การจัดสรรและบริหารบุคลากร (S) 4) การปฏิบัติตามแผน (Do) 5) การอำนวยการ (Di) 6) การควบคุม (C) 7) การปรับปรุง (A) ระหว่างสถานศึกษาด้านอาชีวศึกษากับสถานศึกษาด้านสามัญศึกษาให้แก่ผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความประสงค์จะเรียนในสายวิชาชีพ

สังคมแห่งการเรียนรู้ หมายถึง กลุ่มของผู้เรียนทวิศึกษาที่เรียนสาขาวิชาเดียวกันสนใจ รักการเรียนรู้อยู่เสมอร่วมกันพัฒนาทักษะวิชาชีพและทัศนคติที่ดีของตนเองและกลุ่มของตนเองเพื่อทำให้การดำรงชีวิตในสังคมอย่างมีคุณภาพ มีความสุข รวมทั้งเพื่อขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม โดยประกอบด้วยองค์ประกอบได้แก่

ทักษะอาชีพ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติการหรือกระทำสิ่งต่าง ๆ ของผู้เรียนทวิศึกษาที่ใช้อวัยวะหรือกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายประสานกับจิตใจและสมอง โดยมีกระบวนการทำงานเป็นขั้นตอน ซึ่งได้เกิดจากการฝึกฝน หรือการกระทำบ่อย ๆ จนเกิดความชำนาญเพื่อนำไปประกอบอาชีพให้ได้ค่าตอบแทน หรือรายได้ที่จะนำไปใช้จ่ายในการดำรงชีวิต และสร้างมาตรฐานที่ดีให้แก่ครอบครัว ชุมชน และประเทศชาติ

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ชื่อ .....สกุล..... ตำแหน่ง .....
วุฒิการศึกษา ..... องค์กร/ หน่วยงาน .....ประสบการณ์.....ปี

ตอนที่ 2 แนวทางการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ1

การวางแผน (P)

1. แนวทางการวางแผนการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....
และเพราะสาเหตุใด.....

การจัดการองค์กร (O)

2. แนวทางการจัดการเรียนการสอน การบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....
และเพราะสาเหตุใด.....

การจัดสรรและบริหารงานบุคลากร (S)

3. แนวทางการจัดสรรและบริหารงานบุคลากร การบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....
และเพราะสาเหตุใด.....

การปฏิบัติตามแผน (Do)

4. แนวทางการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในสังคมที่มีผลต่อการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้มีอะไรบ้าง และมีลักษณะหรือกระบวนการเป็นอย่างไร.....
(อาทิหลักความร่วมมือแบบมีหุ้นส่วน (Partnership) หลักของการมีส่วนร่วม (Participation) และหลักของความสามารถในการดำเนินงาน (Performance))

การอำนวยการ (Di)

5. แนวทางการอำนวยการ การบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้าน ทักษะอาชีพควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....
และเพราะสาเหตุใด.....

การควบคุม (C)

6. แนวทางการควบคุม การบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้าน ทักษะอาชีพควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....
และเพราะสาเหตุใด.....

การปรับปรุง (A)

7. แนวทางการปรับปรุง การบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....
และเพราะสาเหตุใด.....

ตอนที่ 3 แนวทางการดำเนินการส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวภาคเหนือ1

1. การคิดเชิงระบบ มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้

1.1 สถานศึกษาส่งเสริมและสนับสนุนให้บุคลากรคิดริเริ่มสร้างสรรค์นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์และนำมาประยุกต์ใช้ในชุมชน และต่อยอดอาชีพอย่างเหมาะสมโดยมีการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการทั้งกระบวนการคิดและการปฏิบัติงานควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....
และเพราะสาเหตุใด.....

1.2 สถานศึกษามีการวางระบบการแก้ไขปัญหาของชุมชนเพื่อสร้างรายได้ลดรายจ่ายช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) โดยอาศัยข้อมูลและข้อเท็จจริงอย่างมีวิจารณญาณควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....
และเพราะสาเหตุใด.....

1.3 สถานศึกษาส่งเสริมให้มีกระบวนการคิดและนำเสนอผลการปฏิบัติงานโดยจัดตั้งศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงแรงให้กับนักเรียนที่เป็นลำดับขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง และทันต่อเหตุการณ์ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....
และเพราะสาเหตุใด.....

1.4 สถานศึกษามีมาตรฐานการปฏิบัติงานที่ชัดเจนและเป็นระบบการพัฒนาอาชีพและการเป็นผู้ประกอบการ จากการระดมความคิดของบุคลากร ซึ่งผู้บริหารสถานศึกษามีส่วนร่วมในการผลักดันความคิดควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....
และเพราะสาเหตุใด.....

1.5 บุคลากรในสถานศึกษาสามารถนำความรู้ทางวิชาชีพในภารกิจหลักของสถานศึกษามาใช้ในการบริการวิชาการแก่ชุมชนได้เป็นอย่างดีควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....
และเพราะสาเหตุใด.....

1.6 อื่น ๆ โปรดระบุ

.....

.....

.....

2. พลวัตการเรียนรู้ มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้

(ความรอบรู้แห่งตน)

2.1 สถานศึกษาสร้างจิตสำนึกในการใฝ่เรียนรู้ด้านทักษอาชีพเพื่อพัฒนาศักยภาพของนักเรียนให้มีอาชีพและสร้างบรรยากาศการต่อยอดอาชีพให้บุคลากรพัฒนาศักยภาพไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

2.2 สถานศึกษาจัดกิจกรรมบริการวิชาชีพให้นักเรียนและบุคลากรได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนร่วมงาน เพื่อส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้สิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆอยู่เสมอควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

2.3 บุคลากรในสถานศึกษาแสวงหาโอกาส ความท้าทาย และแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ โดยเข้าร่วมกิจกรรมองค์การวิชาชีพในอนาคตทางด้านการศึกษา และพร้อมที่จะก้าวทันการเปลี่ยนแปลงในยุคดิจิทัลควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

2.4 บุคลากรในสถานศึกษานำความรู้ ทักษะอาชีพ และวิธีการทางเลือกใหม่ ๆ ที่ได้รับจากการอบรม ประชุม สัมมนา มาประยุกต์ใช้ในการบริการวิชาการแก่ชุมชนอย่างสม่ำเสมอ

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

(แบบแผนความคิดอ่าน)

2.5 บุคลากรในสถานศึกษาสามารถรวบรวมแนวคิดวิธีการนำเสนออย่างเป็นระบบในการพัฒนาและต่อยอดอาชีพ และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อทำงานที่ยุ่งยากซับซ้อนได้เป็นอย่างดี

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

2.6 บุคลากรในสถานศึกษามีอุดมการณ์อย่างมุ่งมั่นในการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการบริการสร้างอาชีพไม่ยึดติดกับความเชื่อเก่า ๆที่ล้าสมัย และสามารถแก้ไขสถานการณ์ต่างๆเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของสถานศึกษา

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

2.7 บุคลากรในสถานศึกษาสามารถปรับวิธีการปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับวิสัยทัศน์และเป้าหมายของสถานศึกษาเพื่อเตรียมกำลังคนระดับต้นและระดับกลางด้านเทคนิคในสาขาต่าง ๆ ให้ตรงกับความต้องการของสถานประกอบการและตลาดแรงงาน

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

2.8 บุคลากรในสถานศึกษานำความคิดไปใช้ในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งใหม่ และดัดแปลงเทคโนโลยีสู่กระบวนการผลิตทั้งในภาคอุตสาหกรรม และการบริการ

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

2.9 บุคลากรในสถานศึกษามีการนำปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงานมาวิเคราะห์และหาทางเลือกที่ดีกว่าเพื่อตอบสนองความต้องการของสถานประกอบการและตลาดแรงงาน

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

(การมีวิสัยทัศน์ร่วม)

2.10 สถานศึกษากำหนดวิสัยทัศน์ของสถานศึกษาจากการระดมความคิดเห็นและการมีส่วนร่วมในการออกแบบและพัฒนาหลักสูตรอาชีวศึกษาของบุคลากร สถานประกอบการ ชุมชนท้องถิ่น และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องควรมีลักษณะเป็นอย่างไร... .....

และเพราะสาเหตุใด.....

2.11 สถานศึกษาส่งเสริมการเรียนรู้ ริเริ่ม ทดลองสิ่งใหม่ ๆ ของบุคลากรให้เป็นไปในทิศทางหรือกรอบแนวทางที่มุ่งสู่จุดหมายเดียวกัน เช่น การเพิ่มทักษะแรงงาน (Up-Skill) และการปรับเปลี่ยนทักษะแรงงาน (Re-Skill) ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

2.12 สถานศึกษาสร้างความตระหนักให้บุคลากรเชื่อว่าความสำเร็จของสถานศึกษาคือความสำเร็จของทุกคนโดยอาศัยพื้นฐานจากการมีวิสัยทัศน์ร่วมกัน

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

2.13 บุคลากรในสถานศึกษามีความเข้าใจการดำเนินงานตามวิสัยทัศน์ของสถานศึกษาให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานและทิศทางการพัฒนาประเทศ

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

3. การเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้

3.1 บุคลากรในสถานศึกษาและสถานประกอบการในชุมชนมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาสื่อและอุปกรณ์ใช้กระบวนการเรียนรู้เป็นกลุ่มเพื่อสร้างความคุ้นเคยและจูงใจ ให้ค้นหาวิธีปฏิบัติงานหรือแก้ปัญหา และนำความรู้ใหม่มาปรับใช้ในการปฏิบัติงานควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

.....

และเพราะสาเหตุใด.....

3.2 บุคลากรในสถานศึกษามีการเรียนรู้ในทีมโดยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับวิทยากร ปราชญ์ในชุมชนที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาผ่านช่องทางที่หลากหลาย เช่น การประชุมกลุ่มย่อย อินเตอร์เน็ต เป็นต้น

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

3.3 บุคลากรในสถานศึกษาปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงเป้าหมายขององค์การมากกว่าการทำงานเฉพาะในหน้าที่หรือส่วนงานของตนที่รับผิดชอบ

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

3.4 บุคลากรในสถานศึกษาให้ความสำคัญกับการเก็บรักษาความรู้ที่สำคัญขององค์การ รวมทั้งมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้องค์ความรู้กับผู้อื่นอย่างสม่ำเสมอ

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

3.6 อื่น ๆ โปรดระบุ.....

.....

.....

4. การจัดการและการถ่ายทอดองค์ความรู้ มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้

4.1 สถานศึกษาพัฒนาระบบ และโครงสร้างต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพ เพื่อรวบรวมและจัดเก็บความรู้ที่สำคัญให้บุคลากร นักเรียนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

4.2 สถานศึกษามีการพัฒนายุทธศาสตร์และแนวทางการแก้ไขปัญหาการผลิตและพัฒนากำลังคนด้านอาชีวศึกษาให้มีความสอดคล้อง กับความต้องการของตลาดแรงงานและทิศทางการพัฒนาประเทศ ตลอดจนกลไกของการถ่ายทอดองค์ความรู้ ทั่วทั้งองค์การอย่างต่อเนื่อง

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

4.3 บุคลากรในสถานศึกษาตระหนักถึงความจำเป็นในการจัดเก็บความรู้ด้านทักษะอาชีพที่สำคัญขององค์การ และการแบ่งปันความรู้ด้านบริการวิชาชีพให้กับชุมชนเพื่อสร้างอาชีพและรายได้ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรค เช่น การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

4.4 บุคลากรในสถานศึกษามีการจัดเก็บข้อมูลความต้องการทั้งภายในและภายนอกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับทักษะอาชีพที่เป็นระบบและสามารถเข้าถึงได้ง่าย

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

4.5 สถานศึกษาพัฒนาระบบและกลไกในการจัดการและถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านบริการวิชาชีพ บริการวิชาการ กิจกรรมการพัฒนาต่อยอดอาชีพทั่วทั้งองค์การอย่างต่อเนื่อง

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

4.6 จัดหน่วยบริการชุมชน เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ ความสามารถในการให้บริการชุมชนตามสาขาวิชาชีพที่ตนเรียนเพื่อสร้างความผูกพันธ์กับท้องถิ่นของตน

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

4.7 อื่น ๆ โปรดระบุ.....

.....

.....

5. การใช้เทคโนโลยีและการสื่อสาร มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้

5.1 สถานศึกษามุ่งพัฒนาระบบเทคโนโลยีดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพ เอื้อต่อการเข้าถึงผู้เรียนและการบริการชุมชนได้อย่างทั่วถึงและเท่าเทียมทั้งในเมืองและชนบท ที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เพื่ออำนวยความสะดวก และการปฏิบัติงานให้สอดรับการเปลี่ยนแปลงสู่สังคมเทคโนโลยีและสวัตกรรมดิจิทัลและมาตรฐานสากล ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

5.2 สถานศึกษาสามารถขับเคลื่อนระบบคลังปัญญา มีสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ช่วยสนับสนุนการจัดการเรียนรู้และการบริการวิชาการ บริการวิชาชีพ กิจกรรมการพัฒนาต่อยอดอาชีพโดยใช้นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

5.3 สถานศึกษามีระบบซอฟท์แวร์ที่ช่วยในการจัดการเรียนรู้และการบริการวิชาการ วิชาชีพซ่อมสร้างเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่ช่วยในการทำงานให้กับชุมนในท้องถิ่น

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

5.4 สถานศึกษามีระบบฐานข้อมูลความรู้ โดยร่วมมือกับภาครัฐและเอกชนในการพัฒนาบุคลากร ระยะสั้นและระยะยาว ภายใต้นโยบายประเทศไทย 4.0 ที่มีประสิทธิภาพ

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

5.5 บุคลากรในสถานศึกษาใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเพิ่มพูนทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ทักษะทางภาษาและการสื่อสาร ทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น และแสวงหาโอกาสเข้าร่วมกิจกรรมทางการศึกษาอยู่ตลอดเวลา

ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร.....

และเพราะสาเหตุใด.....

5.6 อื่น ๆ โปรดระบุ.....

.....

.....

ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวทางการส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวภาคเหนือ1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง

สรุปแบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของประเด็นสอบถาม สภาพปัจจุบัน ปัญหาการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ ในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

สรุปแบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของประเด็นแบบสอบถาม

สภาพปัจจุบัน ปัญหาการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ ในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
		1	2	3	4	5				
1	เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
2	วุฒิการศึกษาสูงสุด ☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
3	บทบาทหน้าที่ในโครงการทวิศึกษา ☐ คณะกรรมการโครงการทวิศึกษาของสถานศึกษาในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 ☐ ครูผู้สอนสายวิชาชีพที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา ☐ ครูผู้สอนสายสามัญที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา ☐ ตัวแทนผู้ประกอบอาชีพในชุมชนที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา ☐ผู้ปกครองของนักเรียนที่เข้าศึกษาในโครงการทวิศึกษา ☐ นักเรียนที่เข้าศึกษาในโครงการทวิศึกษา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
4	ประสบการณ์ในการทำงานตามบทบาทหน้าที่ในโครงการทวิศึกษา ☐ น้อยกว่า 5 ปี ☐ 5 – 10 ปี ☐ 11 – 15 ปี ☐ 16 – 20 ปี ☐ 21 ปีขึ้นไป	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันปัญหาการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
การวางแผน (P)										
1. ด้านกระบวนการบริหารจัดการมีการดำเนินการ ดังนี้										
1.1	สร้างข้อตกลงประสานงานร่วมมือจัดอาชีวศึกษาในการกำหนดเป้าหมายการรับนักเรียนตามสาขาอาชีพ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
1.2	กำหนดนโยบายขยายโอกาสในการเข้าถึงในการให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเข้าเรียนในหลักสูตรทวิศึกษา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
1.3	จัดกระบวนการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษาอย่างเป็นระบบ โดยเน้นการมีส่วนร่วมทุกฝ่าย เช่น บริหาร ครูผู้สอน ผู้ปกครอง ชุมชน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
1.4	กระจายอำนาจให้ชุมชนและสถานศึกษามีบทบาทในการพัฒนาหลักสูตรทวิศึกษา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
1.5	ประชาสัมพันธ์สร้างความเข้าใจให้นักเรียนและผู้ปกครองสนใจการเรียนมัธยมศึกษาควบคู่กับการฝึกอาชีพ	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	นำไปใช้ได้	
1.6	อื่น ๆ โปรดระบุ.....	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันปัญหาการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
การจัดการองค์กร (O)										
2. ด้านการจัดการเรียนการสอนมีการดำเนินการ ดังนี้										
2.1	จัดโครงสร้างหลักสูตรสถานศึกษา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562 และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
2.2	กำหนดบทบาทครูผู้สอนในระดับชั้นเรียนและหน้าที่รับผิดชอบในการจัดทำโครงสร้างรายวิชา และออกแบบหน่วยการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
2.3	กำหนดรายวิชา มีองค์ประกอบครบเช่น คำอธิบายรายวิชา มาตรฐานตัวชี้วัด การวัดและประเมินผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
2.4	บริหารทรัพยากรบุคลากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการจัดครูเข้าสอนตรงตามความรู้ ความสามารถ และความถนัด รวมทั้งการพัฒนาครูอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	นำไปใช้ได้	มีคำถาม 2 คำถามอยู่ในข้อเดียวกันควรแยกออกเป็น 2 ข้อ

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
2.5	จัดโครงสร้างหลักสูตร เวลาเรียน มีโปรแกรมวิชาการเรียนที่เน้นอาชีพ	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	นำไปใช้ได้	จัดโครงสร้างหลักสูตร กำหนดเวลาเรียนและรายวิชาที่เน้ารายวิชาชีพ
การจัดสรรและบริหารงานบุคลากร (S)										
3. ด้านการบริหารทรัพยากรและงบประมาณมีการดำเนินการ ดังนี้										
3.1	สถานศึกษาจัดเตรียมความพร้อมด้านงบประมาณ ครู บุคลากรตามความจำเป็นของการจัดการเรียนตามโครงการเรียนร่วมรูปแบบทวิศึกษา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
3.2	สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาจัดสรรงบประมาณและทรัพยากรบริการด้านวัสดุ และสื่อการเรียน สนับสนุนการจัดการทวิศึกษาอย่างพียงพอ และต่อเนื่องให้กับสถาบันที่ร่วมจัดการศึกษา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
3.3	สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานจัดสรรงบประมาณและทรัพยากรบริการด้านวัสดุ และสื่อการเรียน สนับสนุนการจัดการทวิศึกษาอย่างพียงพอ และต่อเนื่องให้กับสถาบันที่ร่วมจัดการศึกษา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
การจัดสรรและบริหารงานบุคลากร (S) (ต่อ)										
3. ด้านการบริหารทรัพยากรและงบประมาณมีการดำเนินการ ดังนี้										
3.4	องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจัดสรรงบประมาณและทรัพยากรบริการด้านวัสดุและสื่อการเรียน สนับสนุนการจัดการทวิศึกษาอย่างพียงพอ และต่อเนื่องให้กับสถาบันที่ร่วมจัดการศึกษา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
3.5	ประเมินมาตรฐานฝีมือตามข้อตกลง และตามแผนการฝึกทักษะวิชาชีพที่จัดทำร่วมกันระหว่างสถานศึกษาและสถานประกอบการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
3.6	อื่น ๆ โปรดระบุ...	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
การปฏิบัติตามแผน (Do)										
4. ด้านการสร้างความร่วมมือกับเครือข่ายมีการดำเนินการ ดังนี้										
4.1	วางแผนร่วมกันระหว่างสถานศึกษา และสถานประกอบการ ฝึกทักษะอาชีพให้ครอบคลุมเนื้อหารายวิชาตามหลักสูตร	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
4.2	ส่งเสริมความร่วมมือระหว่างสถานศึกษาและสถานประกอบการเพื่อให้ผู้ที่จบการศึกษาออกไปเป็นช่างเทคนิคและช่างชำนาญงานเต็มรูปแบบ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
4.3	สถานศึกษาและสถานประกอบการร่วมกันสร้างความเข้าใจและสร้างหลักการจัดอาชีวศึกษารูปแบบทวิศึกษาและหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	ควรตัดคำว่า และสร้าง ออก
4.4	สถานศึกษาและสถานประกอบการร่วมมือกันดำเนินการในการกำหนดสาขาวิชาชีพที่จะฝึกนักเรียน และดำเนินการในการกำหนดเป้าหมายจำนวนนักเรียนทวิศึกษาตามความต้องการของสถานประกอบการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
การปฏิบัติตามแผน (Do) (ต่อ)										
4. ด้านการสร้างความร่วมมือกับเครือข่ายมีการดำเนินการ ดังนี้										
4.5	เปิดโอกาสให้ผู้ปกครอง ปราชญ์ในท้องถิ่น สถานประกอบการในชุมชน ได้มีส่วนร่วมในกระบวนการจัดทำกรอบแนวคิดการจัดการศึกษารูปแบบทวิศึกษา	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	นำไปใช้ได้	
4.6	อื่น ๆ โปรดระบุ...	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
5. ด้านผู้เรียนมีการดำเนินการ ดังนี้										
5.1	สาขาวิชาที่เปิดสอนตรงกับความต้องการของนักเรียน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	ปรับใช้เป็นผู้เรียนตามชื่อด้านของข้อคำถาม (ด้านผู้เรียน)
5.2	จัดให้นักเรียนเรียนครบตามโครงสร้างของหลักสูตร การฝึกประสบการณ์ทักษะวิชาชีพ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
5.3	จัดให้มีการทดสอบนักเรียนเพื่อรับรองคุณวุฒิวิชาชีพ โดยหน่วยงานกลางที่รับผิดชอบ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	หน่วยงานกลางที่มีมาตรฐาน
5.4	จัดการฝึกประสบการณ์ทักษะวิชาชีพตรงตามสาขาวิชา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
5.5	สถานศึกษาอาชีวศึกษาและสถานศึกษามัธยมศึกษา มีการนิเทศติดตามการฝึกประสบการณ์ทักษะวิชาชีพ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
5.6	อื่น ๆ โปรดระบุ...	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
การอำนวยการ (Di)										
6. ด้านวัสดุ อุปกรณ์ ครุภัณฑ์ และสถานที่มีการดำเนินการ ดังนี้										
6.1	สถานศึกษาจัดเตรียมความพร้อมทางด้านห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ สำหรับนักเรียนทวิศึกษา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
6.2	สถานศึกษาจัดเตรียมสื่อ เครื่องมือ วัสดุฝึกตามมาตรฐานที่สาขาวิชากำหนด	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
6.3	สถานศึกษาจัดเตรียมครุภัณฑ์ตามมาตรฐานที่สาขาวิชากำหนด	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
6.4	สถานศึกษาจัดเตรียมอาคารฝึกปฏิบัติการตามมาตรฐานที่สาขาวิชากำหนด	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
6.5	จัดให้มีจำนวนของสถานประกอบการเพียงพอต่อการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
6.6	อื่น ๆ โปรดระบุ...	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
การควบคุม (C)										
7. ด้านการวัดผล ประเมินผล การประเมินมาตรฐานวิชาชีพและการเทียบโอนมีการดำเนินการ ดังนี้										
7.1	จัดการเรียนการสอนและวัดประเมินรายวิชาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รายวิชาพื้นฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
7.2	จัดการเรียนการสอนและวัดประเมินรายวิชาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562 หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพและหมวดวิชาเลือกเสรี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
7.3	จัดทำแผนการฝึกภาคปฏิบัติ ให้เป็นไปตามโครงสร้างหลักสูตรสถานศึกษาและสถานประกอบการร่วมมือกันดำเนินการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	สถานศึกษาและสถานประกอบการร่วมมือกันจัดทำแผนการฝึกภาคปฏิบัติให้เป็นไปตามโครงสร้างของหลักสูตร
7.4	สถานศึกษาและสถานประกอบการร่วมมือกันจัดทำแผนการดำเนินการในการนิเทศ การเรียนการสอน การฝึกภาคปฏิบัติและติดตามผล ประเมินผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	สถานศึกษาและสถานประกอบการร่วมมือกันจัดทำแผนการนิเทศ ติดตามประเมินผล การจัดการเรียนการสอนและแผนการฝึกภาคปฏิบัติ

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
การควบคุม (C)										
7. ด้านการวัดผล ประเมินผล การประเมินมาตรฐานวิชาชีพและการเทียบโอนมีการดำเนินการ ดังนี้										
7.5	จัดให้มีการเทียบโอนผลการเรียนรายวิชาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รายวิชาพื้นฐาน กับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562 หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพและหมวดวิชาเลือกเสรี ตามเกณฑ์ที่กำหนด	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
7.6	อื่น ๆ โปรดระบุ...	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
การปรับปรุง (A)										
8. ด้านการพัฒนาหลักสูตรมีการดำเนินการ ดังนี้										
8.1	ครูในสถานศึกษาและครูฝึกทักษะอาชีพในสถานประกอบการมีความเข้าใจในการจัดการระบบทวิศึกษา สามารถร่วมกันพัฒนาหลักสูตรรายวิชาร่วมกัน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
8.2	นำผลจากการกำกับ ดูแล ตามมาตรการและวิธีการในการกำกับดูแล การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	0	+1	+1	+1	0	3	0.6	นำไปใช้ได้	ข้อนี้น่าจะอยู่ในหัวข้อการควบคุม (C)
8.3	การบริหารหลักสูตร การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การวัดประเมินผลมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
8.4	ประเมินผลการใช้หลักสูตรบรรลุเป้าหมายของการควบคุมคุณภาพ สถานศึกษาควรจัดให้มีการประเมินทั้งระบบ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
8.5	จัดประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยเครื่องมือมาตรฐานเพื่อตรวจสอบคุณภาพการศึกษา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
8.6	อื่น ๆ โปรดระบุ...	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ตอนที่ 3 การดำเนินการส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ1

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
1. การคิดเชิงระบบ มีการดำเนินการ ดังนี้										
1.1	สถานศึกษาส่งเสริมและสนับสนุนให้บุคลากรคิดริเริ่มสร้างสรรค์นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์และนำมาประยุกต์ใช้ในชุมชน และต่อยอดอาชีพอย่างเหมาะสมโดยมีการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการกระบวนการคิดและการปฏิบัติงาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
1.2	สถานศึกษามีการวางระบบการแก้ไขปัญหาของชุมชนเพื่อสร้างรายได้ลดรายจ่ายช่วงสถานการณ์โควิด 19 โดยอาศัยข้อมูลและข้อเท็จจริงอย่างมีวิจารณญาณ	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	นำไปใช้ได้	
1.3	สถานศึกษาส่งเสริมให้มีกระบวนการคิดและนำเสนอผลการปฏิบัติงานโดยจัดตั้งศูนย์ทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงแรงให้กับนักเรียนที่เป็นลำดับขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง ทันเหตุการณ์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
1. การคิดเชิงระบบ มีการดำเนินการ ดังนี้ (ต่อ)										
1.4	สถานศึกษามีมาตรฐานการปฏิบัติงานที่ชัดเจนและเป็นระบบในการพัฒนาอาชีพและการเป็นผู้ประกอบการ จากการระดมความคิดของบุคลากร ซึ่งผู้บริหารสถานศึกษามีส่วนร่วมในการผลักดันความคิด	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
1.5	บุคลากรในสถานศึกษาสามารถนำความรู้ทางวิชาชีพในภารกิจหลักของสถานศึกษามาใช้ในการบริการวิชาการแก่ชุมชนได้เป็นอย่างดี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
1.6	อื่น ๆ โปรดระบุ....	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
2. พลวัตการเรียนรู้ มีการดำเนินการ ดังนี้										
(ความรอบรู้แห่งตน)										
2.1	สถานศึกษาสร้างจิตสำนึกในการใฝ่เรียนรู้ด้านทักษะอาชีพเพื่อพัฒนาศักยภาพของนักเรียนให้มีอาชีพ ให้บุคลากรพัฒนาศักยภาพไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้ เช่น โครงการจัดกิจกรรมบริการวิชาชีพ , โครงการอบรมอาชีพการเป็นผู้ประกอบการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
2.2	สถานศึกษาสร้างจิตสำนึกในการใฝ่เรียนรู้ด้านทักษะอาชีพเพื่อสร้างบรรยากาศการต่อยอดอาชีพให้บุคลากรพัฒนาศักยภาพไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้ เช่น กิจกรรมพัฒนา และต่อยอดอาชีพโดยใช้นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
2.3	สถานศึกษาจัดกิจกรรมบริการวิชาชีพให้นักเรียนและบุคลากรได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนร่วมงานเพื่อส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้สิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆอยู่เสมอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
2. พลวัตการเรียนรู้ มีการดำเนินการ ดังนี้										
(ความรอบรู้แห่งตน) (ต่อ)										
2.4	บุคลากรในสถานศึกษาแสวงหาโอกาส ความท้าทาย และแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ โดยเข้าร่วมกิจกรรมองค์การวิชาชีพในอนาคตทางด้านการศึกษา และพร้อมที่จะก้าวทันการเปลี่ยนแปลงในยุคดิจิทัล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
2.5	บุคลากรในสถานศึกษานำความรู้ ทักษะอาชีพและวิธีการทางเลือกใหม่ ๆ ที่ได้รับจากการประชุม อบรม สัมมนา มาประยุกต์ใช้ในการบริการวิชาการแก่ชุมชนอย่างสม่ำเสมอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
2. พลวัตการเรียนรู้ มีการดำเนินการ ดังนี้										
(แบบแผนความคิดอ่าน)										
2.6	บุคลากรในสถานศึกษาสามารถรวบรวมแนวคิดวิธีการนำเสนออย่างเป็นระบบในการพัฒนาและต่อยอดอาชีพ และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อทำงานที่ยุ่งยากซับซ้อนได้เป็นอย่างดี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
2.7	บุคลากรในสถานศึกษามีอุดมการณ์อย่างมุ่งมั่นในการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการบริการสร้างอาชีพ ไม่ยึดติดกับความเชื่อเก่า ๆที่ล้าสมัย และสามารถแก้ไขสถานการณ์ต่างๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของสถานศึกษา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
2.8	บุคลากรในสถานศึกษาสามารถปรับวิธีการปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับวิสัยทัศน์และเป้าหมายของสถานศึกษาเพื่อเตรียมกำลังคนระดับต้นและระดับกลางด้านเทคนิคในสาขาต่าง ๆ ให้ตรงกับความต้องการของสถานประกอบการและตลาดแรงงาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
2. พลวัตการเรียนรู้ มีการดำเนินการ ดังนี้										
(แบบแผนความคิดอ่าน) (ต่อ)										
2.9	บุคลากรในสถานศึกษานำความคิดไปใช้ในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งใหม่ และดัดแปลงเทคโนโลยีสู่กระบวนการผลิตทั้งในภาคอุตสาหกรรม และการบริการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
2.10	บุคลากรในสถานศึกษามีการนำปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงานมาวิเคราะห์และหาทางเลือกที่ดีกว่าเพื่อตอบสนองความต้องการของสถานประกอบการและตลาดแรงงาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
2. พลวัตการเรียนรู้										
(การมีวิสัยทัศน์ร่วม)										
2.11	สถานศึกษากำหนดวิสัยทัศน์ของสถานศึกษาจากการระดมความคิดเห็นและการมีส่วนร่วมในการออกแบบและพัฒนาหลักสูตรอาชีวศึกษาของบุคลากร สถานประกอบการ ชุมชนท้องถิ่น และผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
2.12	สถานศึกษาส่งเสริมการเรียนรู้ ริเริ่ม ทดลองสิ่งใหม่ ๆ ของบุคลากรให้เป็นไปในทิศทางหรือกรอบแนวทางที่มุ่งสู่จุดหมายเดียวกัน เช่น การเพิ่มทักษะแรงงาน (Up-Skill) และการปรับเปลี่ยนทักษะแรงงาน (Re-Skill)	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
2.13	สถานศึกษาสร้างความตระหนักให้บุคลากรเชื่อว่าความสำเร็จของสถานศึกษาคือความสำเร็จของทุกคนโดยอาศัยพื้นฐานจากการมีวิสัยทัศน์ร่วมกัน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
2. พลวัตการเรียนรู้										
2.14	บุคลากรในสถานศึกษามีความเข้าใจการดำเนินงานตามวิสัยทัศน์ของสถานศึกษาให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานและทิศทางการพัฒนาประเทศ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
3. การเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม มีการดำเนินการ ดังนี้										
3.1	บุคลากรในสถานศึกษาและสถานประกอบการในชุมชนมีบทบามสำคัญในการพัฒนาสื่อและอุปกรณ์ใช้กระบวนการเรียนรู้เป็นกลุ่ม เพื่อสร้างความคุ้นเคยและจูงใจ ให้ค้นหาวิธีปฏิบัติงานหรือแก้ปัญหา และนำความรู้ใหม่มาปรับใช้ในการปฏิบัติงาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
3.2	บุคลากรในสถานศึกษามีการเรียนรู้ในทีมโดยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับวิทยากร ปราชญ์ในชุมชนที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาผ่านช่องทางที่หลากหลาย เช่น การประชุมกลุ่มย่อย อินเตอร์เน็ต เป็นต้น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
3. การเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม มีการดำเนินการ ดังนี้										
3.3	บุคลากรในสถานศึกษาปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงเป้าหมายขององค์การมากกว่าการทำงานเฉพาะในหน้าที่หรือส่วนงานของตนที่รับผิดชอบ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
3.4	บุคลากรในสถานศึกษาให้ความสำคัญกับการเก็บรักษาความรู้ที่สำคัญขององค์การ รวมทั้งมีการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้กับผู้อื่นสม่ำเสมอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
3.5	อื่น ๆ โปรดระบุ ...	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
4. การจัดการและการถ่ายทอดองค์ความรู้ มีการดำเนินการ ดังนี้										
4.1	สถานศึกษาพัฒนาระบบ และโครงสร้างต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพ เพื่อรวบรวมและจัดเก็บความรู้ที่สำคัญให้บุคลากร นักเรียนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
4. การจัดการและการถ่ายทอดองค์ความรู้ มีการดำเนินการ ดังนี้										
4.2	สถานศึกษามีการพัฒนายุทธศาสตร์และแนวทางการแก้ไขปัญหาการผลิตและพัฒนากำลังคนด้านอาชีวศึกษาให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานและทิศทางการพัฒนาประเทศตลอดจนกลไกการถ่ายทอดองค์ความรู้ทั้งองค์การอย่างต่อเนื่อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
4.3	บุคลากรในสถานศึกษาตระหนักถึงความจำเป็นในการจัดเก็บความรู้ด้านทักษะอาชีพสำคัญขององค์การ ในสถานการณ์โควิด 19 เช่น โครงการจัดเก็บข้อมูลผ่านระบบบริหารจัดการงานภายในและภายนอกสถานศึกษา, โครงการจัดทำคู่มือและสื่อการสอนทักษะอาชีพ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
4. การจัดการและการถ่ายทอดองค์ความรู้ มีการดำเนินการ ดังนี้ (ต่อ)										
4.4	บุคลากรในสถานศึกษาตระหนักถึงความจำเป็นในการจัดเก็บความรู้การแบ่งปันความรู้ด้านบริการวิชาชีพ ในสถานการณ์โควิด 19 เช่น โครงการจัดทำคู่มือและทำสื่อการสอนออนไลน์สำหรับการฝึกอบรมวิชาชีพระยะสั้น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
4.5	บุคลากรในสถานศึกษาตระหนักถึงความจำเป็นในการจัดเก็บความรู้ให้กับชุมชนเพื่อสร้างอาชีพและรายได้ ในสถานการณ์โควิด 19 เช่น โครงการอาชีวะอาสา, โครงการ Smart Farming เกษตรอัจฉริยะ ออกบริการให้ความรู้ เกี่ยวกับระบบโซลาร์เซลล์ เพื่อการเกษตร และระบบให้น้ำอัจฉริยะ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
4. การจัดการและการถ่ายทอดองค์ความรู้ มีการดำเนินการ ดังนี้ (ต่อ)										
4.6	บุคลากรในสถานศึกษามีการจัดเก็บข้อมูลความต้องการทั้งภายในและภายนอกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับทักษะอาชีพ เช่น โครงการศูนย์ทวิภาคีเขตพื้นที่ ภาคเหนือ 1, โครงการจัดเก็บข้อมูลผ่านโปรแกรมระบบบริหารสถานศึกษา ศธ.02 ออนไลน์ สำหรับสถานศึกษาอาชีวศึกษาภาครัฐ,โครงการจัดเก็บข้อมูลผ่านระบบบริหารจัดการงานภายในและภายนอกสถานศึกษา ที่เป็นระบบและสามารถเข้าถึงได้ง่าย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
4.7	สถานศึกษาพัฒนาระบบและกลไกในการจัดการและถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านบริการวิชาชีพ เช่นโครงการศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีสาขาธุรกิจดิจิทัล สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ, โครงการอบรมอาชีพการเป็นผู้ประกอบการ, โครงการจัดกิจกรรมบริการวิชาการในหน่วยงานอย่างต่อเนื่อง	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
4. การจัดการและการถ่ายทอดองค์ความรู้ มีการดำเนินการ ดังนี้ (ต่อ)										
4.8	สถานศึกษาพัฒนาระบบและกลไกในการจัดการและถ่ายทอดองค์ความรู้ด้าน บริการวิชาการ เช่น โครงการจัดกิจกรรมบริการวิชาชีพ ในหน่วยงานอย่างต่อเนื่อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
4.9	สถานศึกษาพัฒนาระบบและกลไกในการจัดการและถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการพัฒนาต่อยอดอาชีพเช่น โครงการจัดกิจกรรมพัฒนา และต่อยอดอาชีพ โดยใช้นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ ในหน่วยงาน อย่างต่อเนื่อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
4.10	จัดหน่วยบริการชุมชน เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ ความสามารถในการให้บริการชุมชนตามสาขาวิชาชีพที่ตนเรียนเพื่อสร้างความผูกพันธ์กับท้องถิ่นของตน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
4.11	อื่น ๆ โปรดระบุ ...	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
5. การใช้เทคโนโลยีและการสื่อสาร มีการดำเนินการ ดังนี้										
5.1	สถานศึกษามุ่งพัฒนาระบบเทคโนโลยีดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพ เอื้อต่อการเข้าถึงผู้เรียนและการบริการชุมชนได้อย่างทั่วถึงและเท่าเทียมทั้งในเมืองและชนบท ที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ เพื่ออำนวยความสะดวก และการปฏิบัติงานให้สอดรับการเปลี่ยนแปลงสู่สังคมเศรษฐกิจฐานนวัตกรรมและมาตรฐานสากล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
5.2	สถานศึกษาสามารถขับเคลื่อนระบบคลังปัญญา มีสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ช่วยสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ และการบริการวิชาการ เช่น โครงการจัดทำคลังคู่มือและสื่อการสอนออนไลน์สำหรับจัดการสอนหลักสูตรระยะสั้น โดยใช้นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
5. การใช้เทคโนโลยีและการสื่อสาร มีการดำเนินการ ดังนี้ (ต่อ)										
5.3	สถานศึกษาสามารถขับเคลื่อนระบบคลังปัญญา มีสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ช่วยสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ และการบริการวิชาชีพ เช่น โครงการจัดทำคลังคู่มือและสื่อการสอนสำหรับจัดกิจกรรมบริการวิชาชีพ โดยใช้นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
5.4	สถานศึกษาสามารถขับเคลื่อนระบบคลังปัญญา มีสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ช่วยสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ และกิจกรรมการพัฒนาต่อยอดอาชีพ เช่น โครงการจัดคลังคู่มือสำหรับจัดกิจกรรมพัฒนา และต่อยอดอาชีพ โดยใช้นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
5. การใช้เทคโนโลยีและการสื่อสาร มีการดำเนินการ ดังนี้ (ต่อ)										
5.5	สถานศึกษามีระบบซอฟท์แวร์ที่ช่วยในการจัดการเรียนรู้และการบริการวิชาการ เช่น โครงการจัดทำห้องเรียนออนไลน์ผ่านโปรแกรม Moodle, Google Meet, โครงการจัดซื้อซอฟท์แวร์ Zoom สำหรับการจัดการเรียนการสอนและประชุมผ่านระบบออนไลน์ การซ่อมสร้างเครื่องมือที่ช่วยในการทำงานให้กับชุมชนในท้องถิ่น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
5.6	สถานศึกษามีระบบซอฟท์แวร์ที่ช่วยในการจัดการเรียนรู้ และการบริการวิชาชีพ เช่น แอปพลิเคชัน “ช่างอาชีวะ” (ช่างพันธุ์ R อาชีวะซ่อมทั่วไทย) การซ่อมสร้างเครื่องมือที่ช่วยในการทำงานให้กับชุมชนในท้องถิ่น	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
5. การใช้เทคโนโลยีและการสื่อสาร มีการดำเนินการ ดังนี้ (ต่อ)										
5.7	สถานศึกษามีระบบฐานข้อมูลความรู้ โดยร่วมมือกับภาครัฐและเอกชนในการพัฒนาบุคลากร ระยะสั้นและระยะยาว ภายใต้นโยบายประเทศไทย 4.0 ที่มีประสิทธิภาพ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
5. การใช้เทคโนโลยีและการสื่อสาร มีการดำเนินการ ดังนี้ (ต่อ)										
5.8	บุคลากรในสถานศึกษาใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเพิ่มพูนทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ทักษะทางภาษาและการสื่อสาร ทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น และแสวงหาโอกาสเข้าร่วมกิจกรรมทางการศึกษาอยู่ตลอดเวลา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
5.9	อื่น ๆ โปรดระบุ ...	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 โดยใช้คำถามปลายเปิด

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
4.1	ข้อเสนอแนะแนวทาง **การวางแผน (P)** ของการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 4.1.1 ด้านกระบวนการบริหาร ข้อเสนอแนะ คือ.....	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
4.2	ข้อเสนอแนะแนวทาง **การจัดองค์กร (O)** ของการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 4.2.1 ด้านการจัดการเรียนการสอน ข้อเสนอแนะ คือ.....	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
4.3	ข้อเสนอแนะแนวทาง **การจัดสรรและบริหารบุคลากร (S)** ของการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 4.3.1 ด้านการบริหารทรัพยากรและงบประมาณ ข้อเสนอแนะ คือ.....	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
4.4	ข้อเสนอแนะแนวทาง **การปฏิบัติตามแผน (Do)** ของการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 4.4.1 ด้านการสร้างความร่วมมือกับเครือข่าย ข้อเสนอแนะ คือ.....	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
	4.4.2 ด้านผู้เรียน ข้อเสนอแนะ คือ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
4.5	ข้อเสนอแนะแนวทาง **การอำนวยการ (Di)** ของการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
	4.5.1 ด้านวัสดุ อุปกรณ์และสถานที่ ข้อเสนอแนะ คือ.....									
4.6	ข้อเสนอแนะแนวทาง **การควบคุม (C)** ของการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 4.6.1 ด้านการวัดผล ประเมินผล การประเมินมาตรฐานวิชาชีพและการเทียบโอน ข้อเสนอแนะ คือ.....	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
4.7	ข้อเสนอแนะแนวทาง การปรับปรุง (A) ของการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 4.7.1 ด้านการพัฒนาหลักสูตร ข้อเสนอแนะ คือ.....	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ตอนที่ 5 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับ แนวทางการดำเนินการส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการ สถาบันการอาชีวภาคเหนือ 1

ที่	ข้อคำถาม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่					รวม	ค่า IOC	การแปลผล	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
5.1	ด้านการคิดเชิงระบบ มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
5.2	ด้านพลวัตการเรียนรู้ มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
	5.2.1 ความรอบรู้แห่งตน มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
	5.2.2 แบบแผนความคิดอ่าน มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
	5.2.3 การมีวิสัยทัศน์ร่วม มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
5.3	ด้านการเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
5.4	ด้านการจัดการและการถ่ายทอดองค์ความรู้ มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	
5.5	ด้านการใช้เทคโนโลยีและการสื่อสาร มีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	นำไปใช้ได้	

ภาคผนวก จ

หนังสือขออนุญาตทดลองใช้เครื่องมือเพื่อทำวิทยานิพนธ์

ที่ อว. ๐๖๑๒.๑๔.๐๑/ว.๒๙๔

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
๒๐๒ ถนนช้างเผือก อ.เมือง
จ. เชียงใหม่ ๕๐๓๐๐

๗ มิถุนายน ๒๕๖๕

เรื่อง ขออนุญาตทดลองเครื่องมือเพื่อทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสารภี

ด้วยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้ นายวัชรพงศ์ ฝั้นติ๊บ นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา การทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษา เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ ๑" โดยมี อาจารย์ ดร. ภูเบศ พวงแก้ว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จึงขออนุญาตให้นักศึกษาทดลองเครื่องมือเพื่อทำวิทยานิพนธ์ โดยกำหนดทดลองเครื่องมือในวันที่ ๑๔-๑๗ มิถุนายน ๒๕๖๕ ส่วนรายละเอียดอื่น ๆ นักศึกษาจะประสานกับท่านโดยตรงต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฏฐ์ พลวัน)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. ๐๙๗-๒๖๓-๙๑๘๑

ภาคผนวก ฉ

ผลการนำไปทดลองใช้ (TRY – OUT) กับผู้เกี่ยวข้องในการดำเนินโครงการทวิศึกษา ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ณ วิทยาลัยเทคนิคสารภี อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่

รายการ	ตอนที่ 2																															
	การวางแผน (P)										การจัดการองค์กร (O)												การจัดสรรและบริหารงานบุคคล (S)									
	1.ด้านระบบงานการบริหารจัดการ										2. ด้านการจัดการเรียนการสอน												3. ด้านการจัดสวัสดิการและผลตอบแทน									
	ข้อ 1.1	ข้อ 1.2	ข้อ 1.3	ข้อ 1.4	ข้อ 1.5	ข้อ 1.1	ข้อ 1.2	ข้อ 1.3	ข้อ 1.4	ข้อ 1.5	ข้อ 2.1	ข้อ 2.2	ข้อ 2.3	ข้อ 2.4	ข้อ 2.5	ข้อ 2.6	ข้อ 2.1	ข้อ 2.2	ข้อ 2.3	ข้อ 2.4	ข้อ 2.5	ข้อ 2.6	ข้อ 3.1	ข้อ 3.2	ข้อ 3.3	ข้อ 3.4	ข้อ 3.5	ข้อ 3.1	ข้อ 3.2	ข้อ 3.3	ข้อ 3.4	ข้อ 3.5
	ระดับปฏิบัติการเป็นจริง					ระดับปัญหา					ระดับปฏิบัติการเป็นจริง						ระดับปัญหา						ระดับปฏิบัติการเป็นจริง					ระดับปัญหา				
กลุ่มตัวอย่างที่ 1	5	5	4	5	5	1	1	1	1	2	4	5	4	4	4	5	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 2	5	5	5	5	5	1	1	1	1	2	4	5	4	4	5	5	2	1	1	1	1	1	4	4	5	4	5	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 3	4	5	4	5	4	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	5	2	1	2	1	1	1	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 4	5	4	5	5	5	1	1	1	2	2	4	5	4	5	5	5	1	1	2	1	1	1	4	4	5	5	5	2	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	2	4	4	4	4	5	4	2	1	1	1	1	1	4	4	4	4	5	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 6	5	5	5	5	5	1	1	1	2	1	5	5	5	5	5	5	2	1	1	1	1	1	5	5	5	4	5	2	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 7	4	5	4	5	5	1	1	1	1	2	4	4	5	4	4	4	2	1	2	1	1	1	4	5	4	4	4	1	1	1	1	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 8	5	5	5	5	4	1	1	1	2	1	4	5	4	5	4	5	2	1	1	1	1	1	4	4	5	5	4	2	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 9	5	5	5	5	5	1	1	1	1	2	5	5	5	4	4	5	2	1	1	1	1	1	4	5	5	4	4	2	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 10	5	4	5	5	4	1	1	1	1	1	4	5	4	4	5	5	2	1	1	1	1	2	5	4	5	4	5	2	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 11	5	5	5	5	5	1	2	1	1	1	5	5	5	4	5	5	2	1	2	1	1	1	4	5	4	4	5	1	1	1	1	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 12	5	5	4	5	5	1	1	1	1	2	4	5	4	5	5	5	2	1	2	2	1	1	4	4	4	5	5	2	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 13	5	5	5	5	4	1	1	1	1	1	4	4	5	4	5	4	2	2	1	1	1	1	4	5	5	4	5	2	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 14	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	1	1	5	4	5	4	4	2	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 15	4	5	5	5	5	1	1	1	1	1	4	5	4	5	5	5	2	2	1	1	1	2	4	4	5	5	5	2	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 16	5	5	5	5	5	1	2	1	1	1	5	5	5	4	5	5	1	1	1	1	1	1	5	5	5	4	5	2	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 17	5	4	4	5	5	2	2	1	1	1	4	4	5	5	5	4	1	1	1	2	1	1	4	5	4	4	5	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 18	5	5	5	5	4	1	2	1	1	1	4	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	4	5	4	4	4	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 19	5	5	5	5	5	1	2	1	1	1	5	4	5	5	5	4	1	1	1	1	1	1	4	5	4	4	4	1	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 20	5	5	5	5	5	2	2	2	1	2	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	1	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 21	5	4	4	5	4	1	2	1	2	1	4	4	4	5	5	4	1	2	1	1	1	1	4	4	4	5	5	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 22	5	5	5	5	5	1	2	1	1	1	5	5	5	5	5	5	1	2	1	1	2	2	5	5	5	5	5	1	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 23	5	5	5	5	5	1	2	1	1	2	4	5	5	5	5	5	2	1	1	2	2	1	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 24	5	5	5	5	5	1	2	1	1	1	5	5	5	5	5	5	2	1	1	1	2	1	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 25	5	4	5	4	5	1	2	1	1	1	5	5	5	5	4	5	2	2	1	1	2	2	5	5	5	5	4	2	2	2	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 26	4	5	5	5	5	1	2	1	2	1	5	5	5	4	5	5	2	1	1	1	2	1	4	5	5	4	5	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 27	5	5	5	4	5	1	2	1	1	1	5	5	5	5	5	5	2	2	1	1	1	1	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 28	4	5	5	5	5	1	2	1	1	1	4	4	4	4	4	4	1	1	2	1	2	1	4	4	4	4	4	1	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 29	5	5	5	5	5	1	1	2	2	1	5	5	5	5	5	5	2	2	1	1	1	1	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 30	5	5	5	4	5	2	1	1	1	1	5	4	5	4	4	4	1	1	2	1	1	1	5	5	5	4	4	1	1	1	1	1
ความเชื่อมั่น	0.14	0.14	0.16	0.09	0.16	0.09	0.25	0.06	0.16	0.21	0.25	0.21	0.23	0.25	0.20	0.21	0.22	0.21	0.21	0.14	0.18	0.14	0.25	0.23	0.22	0.25	0.22	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24

รายการ	ตอนที่ 2																													
	การปฏิบัติตามแผน (Do)																				การตรวจสอบ (Ch)									
	4. ด้านการสร้างความร่วมมือกันเชิงรุก										5. ด้านนักเรียน										6. ด้านวัสดุ อุปกรณ์ ครุภัณฑ์ และสถานที่									
	ข้อ 4.1	ข้อ 4.2	ข้อ 4.3	ข้อ 4.4	ข้อ 4.5	ข้อ 4.1	ข้อ 4.2	ข้อ 4.3	ข้อ 4.4	ข้อ 4.5	ข้อ 5.1	ข้อ 5.2	ข้อ 5.3	ข้อ 5.4	ข้อ 5.5	ข้อ 5.1	ข้อ 5.2	ข้อ 5.3	ข้อ 5.4	ข้อ 5.5	ข้อ 6.1	ข้อ 6.2	ข้อ 6.3	ข้อ 6.4	ข้อ 6.5	ข้อ 6.1	ข้อ 6.2	ข้อ 6.3	ข้อ 6.4	ข้อ 6.5
	ระดับปฏิบัติการเป็นจริง					ระดับปัญหา					ระดับปฏิบัติการเป็นจริง					ระดับปัญหา					ระดับปฏิบัติการเป็นจริง					ระดับปัญหา				
กลุ่มตัวอย่างที่ 1	5	4	4	4	4	2	1	1	1	1	4	4	5	4	4	1	2	2	1	1	4	5	4	4	4	2	2	2	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 2	4	5	5	4	4	1	1	1	1	1	5	4	5	4	4	1	1	1	1	1	5	5	4	4	5	2	2	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 3	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	1	1	1	2	1	5	5	5	5	5	1	2	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 4	4	5	5	5	4	2	2	2	2	2	5	4	5	4	5	1	1	1	1	1	5	5	4	4	5	2	2	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 5	5	5	4	4	4	2	2	2	2	2	5	4	4	4	4	1	1	1	1	1	5	4	4	4	4	1	2	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 6	5	5	5	5	4	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	2	2	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 7	5	4	4	5	5	2	2	2	2	2	4	5	4	5	4	1	1	2	2	1	4	4	4	5	4	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 8	4	4	5	4	4	2	2	2	2	2	4	4	5	4	5	1	1	1	1	1	4	4	5	4	4	1	2	1	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 9	5	4	5	4	5	2	2	2	2	2	4	5	5	5	4	1	1	1	1	1	4	4	5	5	5	2	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 10	4	5	5	5	4	2	2	2	2	2	5	4	5	4	4	1	1	1	1	1	5	4	4	4	4	2	2	1	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 11	5	5	4	5	5	2	2	2	2	2	5	5	5	5	4	1	1	1	1	1	5	5	4	5	4	2	1	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 12	4	5	4	5	4	2	2	2	2	2	5	4	5	4	5	1	1	1	1	1	5	4	4	5	4	2	1	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 13	4	5	5	5	5	2	2	2	2	2	5	5	4	5	4	2	1	1	1	1	5	4	5	5	5	1	1	1	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 14	4	4	5	4	4	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	2	1	1	1	1	4	4	5	5	4	1	2	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 15	4	5	5	4	4	2	2	2	2	2	5	4	5	4	5	1	1	1	1	1	5	5	5	5	4	1	2	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 16	4	5	5	4	5	2	1	1	1	1	5	5	5	5	4	1	1	1	1	1	5	4	5	4	4	1	2	1	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 17	5	5	4	5	5	2	1	1	1	1	5	5	4	5	4	1	1	1	1	1	5	4	4	4	5	1	2	1	1	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 18	5	4	4	4	5	2	1	1	1	1	4	5	5	5	4	2	1	1	1	1	4	5	5	5	4	1	2	2	1	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 19	4	4	4	4	5	1	1	1	1	1	4	5	4	5	4	1	1	1	1	1	4	4	5	5	5	1	1	1	1	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 20	5	5	5	5	5	2	1	2	2	2	5	5	5	5	5	2	1	2	2	2	5	5	5	5	5	2	2	2	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 21	5	5	4	5	4	2	1	1	1	1	5	4	4	4	5	1	1	1	1	1	5	4	4	5	4	1	1	1	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 22	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	1	1	1	1	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 23	5	5	5	4	5	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	2	1	1	1	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 24	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	2	2	1	1	1	5	5	5	5	4	2	1	1	1	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 25	5	4	5	4	5	1	1	1	1	1	4	5	4	5	5	1	2	2	2	2	4	5	5	5	5	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 26	4	5	5	5	5	1	2	1	1	1	5	5	4	5	4	1	1	2	1	2	5	5	4	5	5	2	1	2	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 27	5	5	5	5	5	1	1	2	2	1	5	5	4	5	5	2	2	1	2	2	5	5	5	5	5	2	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 28	4	4	4	4	4	1	1	1	2	1	4	4	4	4	4	1	2	2	1	1	4	4	4	4	4	1	2	1	1	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 29	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	1	2	2	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 30	4	4	5	4	5	2	2	2	2	1	4	5	5	5	4	1	1	1	1	1	4	4	5	5	5	1	1	1	1	2
ความเที่ยงตรง	0.25	0.22	0.22	0.25	0.24	0.21	0.25	0.25	0.24	0.25	0.22	0.23	0.23	0.23	0.25	0.16	0.14	0.16	0.14	0.12	0.22	0.25	0.24	0.21	0.25	0.25	0.25	0.14	0.25	0.25

รายการ	ตอนที่ 2																						ตอนที่ 3									
	การควบคุม (C)												การปรับปรุง (A)										L การติดตั้งระบบ									
	7. ด้านการวัดผล ประเมินผล การประเมินมาตรฐานวิชาชีพและการเทียบโอน												8. ด้านการพัฒนาสู่สุด																			
	ข้อ 7.1	ข้อ 7.2	ข้อ 7.3	ข้อ 7.4	ข้อ 7.5	ข้อ 7.6	ข้อ 7.1	ข้อ 7.2	ข้อ 7.3	ข้อ 7.4	ข้อ 7.5	ข้อ 7.6	ข้อ 8.1	ข้อ 8.2	ข้อ 8.3	ข้อ 8.4	ข้อ 8.5	ข้อ 8.1	ข้อ 8.2	ข้อ 8.3	ข้อ 8.4	ข้อ 8.5	ข้อ 1.1	ข้อ 1.2	ข้อ 1.3	ข้อ 1.4	ข้อ 1.5	ข้อ 1.1	ข้อ 1.2	ข้อ 1.3	ข้อ 1.4	ข้อ 1.5
	ระดับปฏิบัติการเป็นจริง						ระดับปัญหา						ระดับปฏิบัติการเป็นจริง					ระดับปัญหา					ระดับปฏิบัติการเป็นจริง					ระดับปัญหา				
ตอบแบบสอบถามที่ 1	4	4	5	4	4	4	2	2	2	2	2	2	4	4	4	3	4	2	2	2	2	2	5	5	4	4	4	1	1	1	1	1
ตอบแบบสอบถามที่ 2	4	5	4	5	5	4	1	1	1	1	2	2	4	5	4	3	4	2	2	2	2	2	4	5	4	4	5	2	2	2	2	2
ตอบแบบสอบถามที่ 3	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	2	2	4	5	5	4	5	2	2	2	2	2	5	5	5	4	5	2	2	2	2	2
ตอบแบบสอบถามที่ 4	5	5	4	5	5	5	1	1	1	2	2	2	4	5	4	3	5	1	2	2	2	1	4	5	4	5	5	2	2	2	2	1
ตอบแบบสอบถามที่ 5	4	5	5	5	4	4	1	1	1	2	2	2	4	5	4	4	4	1	2	2	2	1	4	4	4	4	5	2	2	2	2	1
ตอบแบบสอบถามที่ 6	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	2	2	5	5	5	3	5	1	2	2	2	1	5	5	5	5	5	1	2	2	2	1
ตอบแบบสอบถามที่ 7	4	4	5	4	4	5	1	1	1	1	2	2	4	4	5	4	5	1	2	2	2	2	4	4	5	4	4	1	2	2	2	1
ตอบแบบสอบถามที่ 8	4	4	4	4	5	4	1	1	1	1	2	2	4	4	4	3	4	1	2	2	2	2	4	5	4	5	4	1	2	2	2	2
ตอบแบบสอบถามที่ 9	4	5	5	4	4	5	2	1	2	2	2	2	4	4	4	4	4	1	2	2	2	1	5	5	5	4	4	1	2	2	2	1
ตอบแบบสอบถามที่ 10	5	4	4	5	4	5	2	1	2	2	2	2	4	5	4	3	5	1	2	2	2	2	4	5	4	4	5	1	2	2	2	1
ตอบแบบสอบถามที่ 11	4	5	4	4	4	5	1	1	1	1	1	2	4	4	5	4	4	1	2	2	2	2	4	4	4	5	5	1	2	2	2	1
ตอบแบบสอบถามที่ 12	5	4	4	5	5	4	1	1	1	1	1	2	5	4	5	5	5	1	2	2	2	2	4	5	4	5	5	2	2	2	2	1
ตอบแบบสอบถามที่ 13	4	4	5	4	5	4	1	2	1	1	1	2	4	4	4	4	4	1	2	2	2	2	5	4	5	5	5	2	2	2	2	1
ตอบแบบสอบถามที่ 14	5	5	4	4	5	5	1	1	1	1	1	2	5	5	4	5	4	1	1	2	2	2	4	5	4	5	4	2	2	2	2	1
ตอบแบบสอบถามที่ 15	4	5	5	5	5	4	1	1	1	1	1	2	5	4	4	5	4	1	1	2	2	2	5	5	4	4	4	2	2	2	2	1
ตอบแบบสอบถามที่ 16	5	4	4	5	4	4	1	2	1	1	1	2	5	4	5	4	5	1	1	2	2	2	4	5	5	5	5	2	2	2	2	1
ตอบแบบสอบถามที่ 17	4	4	4	4	4	4	1	1	2	2	2	1	4	4	5	4	4	1	1	2	2	2	5	4	4	5	5	2	2	2	2	1
ตอบแบบสอบถามที่ 18	4	5	5	4	5	4	1	1	2	2	2	1	4	5	5	4	4	1	2	1	1	2	4	4	4	5	4	2	2	2	2	1
ตอบแบบสอบถามที่ 19	5	4	4	5	4	5	1	1	2	2	1	1	4	4	5	4	4	2	2	1	1	2	5	5	4	4	5	2	2	2	1	1
ตอบแบบสอบถามที่ 20	5	5	4	4	5	5	1	2	1	2	1	1	5	4	4	5	5	2	1	1	2	2	4	5	4	4	5	2	1	1	1	2
ตอบแบบสอบถามที่ 21	5	5	4	5	5	4	2	1	2	2	1	1	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	2	1	1	1	2
ตอบแบบสอบถามที่ 22	5	5	5	4	5	5	2	1	1	2	1	1	5	4	5	5	5	1	2	2	1	2	5	5	5	5	4	1	1	1	1	2
ตอบแบบสอบถามที่ 23	5	5	4	5	4	5	2	1	1	1	1	1	5	4	5	4	4	1	2	2	1	1	5	4	5	4	4	2	1	1	1	2
ตอบแบบสอบถามที่ 24	5	5	5	5	4	5	2	2	1	1	1	1	5	5	5	4	5	1	1	2	1	1	5	5	4	5	5	2	1	1	1	2
ตอบแบบสอบถามที่ 25	5	4	5	4	5	5	1	1	1	1	1	1	5	5	5	4	4	1	1	2	1	1	5	5	5	5	4	2	1	1	1	2
ตอบแบบสอบถามที่ 26	4	5	4	5	5	5	2	1	2	2	2	2	5	5	5	4	5	2	1	1	1	1	5	5	5	4	5	1	1	1	1	2
ตอบแบบสอบถามที่ 27	5	5	4	4	4	5	2	1	2	2	2	2	5	4	5	4	4	2	1	1	1	1	4	4	4	5	5	1	1	1	1	2
ตอบแบบสอบถามที่ 28	4	4	4	5	5	4	2	2	2	2	2	2	5	4	5	4	5	1	1	1	1	1	4	5	4	5	5	1	1	1	1	2
ตอบแบบสอบถามที่ 29	4	5	5	5	5	4	1	1	1	1	1	2	5	5	5	5	4	1	1	2	2	2	5	5	5	5	5	2	2	2	2	1
ตอบแบบสอบถามที่ 30	4	5	4	4	5	5	2	2	2	2	2	2	5	5	4	4	4	2	1	1	1	1	4	5	4	5	4	1	2	1	1	1
ค่าเฉลี่ยประชาชน	0.25	0.23	0.25	0.25	0.24	0.25	0.23	0.18	0.23	0.25	0.25	0.21	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24	0.21	0.24	0.18	0.22	0.23	0.25	0.21	0.23	0.25	0.24	0.24	0.22	0.23	0.24	0.24

รายการ	ตอนที่ 3																											
	2. ผลวิเคราะห์ตัวชี้วัด																											
	(ความรอบรู้ด้านสุขภาพ)										(แบบแผนความคิดอ่าน)										(การมีวิจารณญาณ)							
	ข้อ 2.1	ข้อ 2.2	ข้อ 2.3	ข้อ 2.4	ข้อ 2.5	ข้อ 2.1	ข้อ 2.2	ข้อ 2.3	ข้อ 2.4	ข้อ 2.5	ข้อ 2.6	ข้อ 2.7	ข้อ 2.8	ข้อ 2.9	ข้อ 2.10	ข้อ 2.6	ข้อ 2.7	ข้อ 2.8	ข้อ 2.9	ข้อ 2.10	ข้อ 2.11	ข้อ 2.12	ข้อ 2.13	ข้อ 2.14	ข้อ 2.11	ข้อ 2.12	ข้อ 2.13	ข้อ 2.14
	ระดับปฏิบัติการเป็นจริง					ระดับปัญหา					ระดับปฏิบัติการเป็นจริง					ระดับปัญหา					ระดับปฏิบัติการเป็นจริง				ระดับปัญหา			
กลุ่มตัวอย่างที่ 1	5	5	5	5	5	2	1	1	1	1	5	5	5	5	4	2	1	1	1	1	5	4	5	5	2	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 2	5	4	4	5	4	1	1	1	1	2	5	5	5	5	5	2	1	1	1	1	4	5	4	5	1	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 3	5	5	5	4	5	1	1	1	1	1	5	4	5	5	5	2	1	1	1	2	5	5	4	4	1	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 4	5	4	5	5	5	1	1	1	1	1	5	4	5	5	5	2	1	1	1	2	5	5	5	5	1	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 5	4	4	5	4	5	1	1	1	1	1	5	5	5	4	5	2	1	1	1	2	4	5	5	4	1	2	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 6	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	2	1	1	1	1	5	5	5	5	1	2	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 7	4	5	5	4	5	1	1	1	1	1	4	5	4	4	5	2	1	1	1	1	5	4	5	4	1	2	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 8	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	4	4	4	5	5	2	2	1	2	1	5	5	5	5	1	2	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 9	5	5	5	5	5	1	2	1	2	1	5	5	5	5	5	1	1	1	1	2	5	4	5	5	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 10	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	5	4	5	5	5	1	1	1	1	1	5	5	5	5	1	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 11	5	5	5	4	5	1	1	1	1	1	4	4	4	5	5	1	1	1	1	1	5	5	5	5	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 12	4	5	5	5	4	2	1	2	1	1	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	5	5	5	5	1	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 13	4	5	5	5	4	2	1	2	1	1	4	5	4	5	4	1	1	1	1	1	5	5	5	4	1	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 14	4	5	5	4	4	2	1	2	1	1	4	5	4	4	4	1	1	1	1	1	5	4	5	4	1	2	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 15	5	5	5	5	4	1	1	1	1	1	4	4	5	5	5	1	1	1	1	1	5	5	5	5	1	2	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 16	4	5	5	5	5	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	5	5	5	5	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 17	5	5	5	5	4	1	1	1	1	1	5	4	5	5	4	1	1	1	1	1	5	4	5	4	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 18	4	5	5	4	4	1	1	1	1	1	5	5	5	4	5	1	1	1	1	1	5	4	5	5	1	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 19	4	5	5	4	5	1	1	1	1	1	5	4	5	4	4	1	1	1	1	1	5	5	5	4	2	2	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 20	5	5	5	5	5	1	1	1	2	2	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	5	4	5	5	2	1	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 21	4	5	5	4	4	1	2	1	1	1	5	5	5	5	5	1	1	1	1	2	5	5	5	4	2	1	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 22	5	5	5	5	5	1	2	2	1	1	5	4	5	5	5	1	1	1	1	1	5	4	5	5	2	1	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 23	5	5	5	5	5	1	2	2	2	1	4	5	5	4	4	1	1	1	1	1	5	5	5	5	2	1	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 24	5	5	5	4	5	1	1	1	1	2	5	5	4	5	4	1	1	1	1	1	5	4	5	5	2	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 25	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	4	5	4	5	4	1	1	1	2	1	5	5	5	4	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 26	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	5	5	4	5	5	1	1	2	2	2	5	4	5	5	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 27	5	4	5	4	5	1	1	1	2	1	4	4	4	5	5	1	1	2	2	1	5	5	5	4	2	2	2	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 28	4	5	5	5	5	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	2	1	2	2	1	5	4	5	5	2	1	1	2
กลุ่มตัวอย่างที่ 29	5	4	5	5	4	1	1	1	2	2	5	5	5	5	5	1	2	2	1	1	5	5	5	5	1	2	1	1
กลุ่มตัวอย่างที่ 30	4	5	5	4	5	1	1	1	1	1	4	5	4	4	4	1	1	1	1	1	5	4	5	5	1	1	1	1
ความเบ้ปรับ	0.23	0.14	0.03	0.23	0.21	0.14	0.14	0.16	0.16	0.14	0.22	0.22	0.22	0.18	0.21	0.21	0.04	0.12	0.14	0.16	0.06	0.24	0.06	0.22	0.25	0.22	0.18	0.25

รายการ	ตอนที่ 3																											
	3. การเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม								4.การจัดการและการถ่ายทอดองค์ความรู้																			
	ข้อ 3.1	ข้อ 3.2	ข้อ 3.3	ข้อ 3.4	ข้อ 3.1	ข้อ 3.2	ข้อ 3.3	ข้อ 3.4	ข้อ 4.1	ข้อ 4.2	ข้อ 4.3	ข้อ 4.4	ข้อ 4.5	ข้อ 4.6	ข้อ 4.7	ข้อ 4.8	ข้อ 4.9	ข้อ 4.10	ข้อ 4.1	ข้อ 4.2	ข้อ 4.3	ข้อ 4.4	ข้อ 4.5	ข้อ 4.6	ข้อ 4.7	ข้อ 4.8	ข้อ 4.9	ข้อ 4.10
	ระดับปฏิบัติการ:ปัจจัง				ระดับปัญหา				ระดับปฏิบัติการ:ปัจจัง										ระดับปัญหา									
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 1	4	5	5	5	1	1	1	1	4	5	5	4	5	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 2	4	4	5	4	2	2	2	1	4	5	5	4	4	5	4	5	4	5	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 3	4	5	4	5	2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 4	5	5	5	5	1	2	1	2	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 5	4	4	4	4	1	2	2	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 6	5	5	5	5	2	5	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 7	5	4	4	5	1	1	1	1	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 8	4	4	5	4	1	1	1	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 9	4	5	5	5	2	2	2	2	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 10	5	5	5	4	1	1	1	1	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 11	5	5	5	5	2	1	2	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 12	5	4	5	4	1	1	1	1	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 13	5	4	4	5	1	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 14	4	4	4	4	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 15	4	4	5	5	2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 16	4	4	4	4	2	2	2	1	5	5	4	4	5	4	4	5	5	4	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 17	5	4	4	5	1	2	2	2	4	5	4	4	5	4	4	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 18	4	4	5	5	2	2	2	2	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 19	5	5	5	5	1	2	1	1	4	5	4	5	5	4	4	4	4	4	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 20	5	5	5	5	1	2	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 21	4	4	4	4	1	1	1	1	5	5	4	5	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 22	5	5	4	5	1	2	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	2	1	2	1	1	1	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 23	4	4	4	4	1	2	1	1	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 24	4	4	5	4	1	1	2	1	4	5	4	5	4	5	5	5	5	4	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 25	4	4	4	4	1	1	2	2	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 26	5	5	5	5	2	2	2	2	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 27	4	4	4	4	1	1	2	2	5	4	4	5	4	5	5	5	5	5	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 28	5	5	5	5	1	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 29	5	5	5	5	1	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
กลุ่มตัวอย่างคนที่ 30	5	5	4	5	2	1	2	1	5	4	4	5	5	5	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
ความเป็นปรวน	0.25	0.25	0.25	0.24	0.22	0.42	0.25	0.24	0.21	0.16	0.25	0.16	0.18	0.20	0.21	0.16	0.20	0.22	0.16	0.22	0.20	0.20	0.18	0.18	0.16	0.18	0.21	0.20

รายการ	คนที่ 3																รวม
	5. การใช้เทคโนโลยีและการสื่อสาร																
	ข้อ 5.1	ข้อ 5.2	ข้อ 5.3	ข้อ 5.4	ข้อ 5.5	ข้อ 5.6	ข้อ 5.7	ข้อ 5.8	ข้อ 5.1	ข้อ 5.2	ข้อ 5.3	ข้อ 5.4	ข้อ 5.5	ข้อ 5.6	ข้อ 5.7	ข้อ 5.8	
	ระดับปฏิบัติการเป็นจริง								ระดับปัญหา								
กลุ่มทดลองคนที่ 1	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	476
กลุ่มทดลองคนที่ 2	5	5	4	5	5	5	5	5	2	1	1	1	1	1	1	1	487
กลุ่มทดลองคนที่ 3	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2	538
กลุ่มทดลองคนที่ 4	5	4	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	510
กลุ่มทดลองคนที่ 5	5	4	4	5	5	5	5	5	2	1	1	2	2	2	1	1	491
กลุ่มทดลองคนที่ 6	5	5	5	5	5	5	5	5	1	2	2	1	1	1	1	1	530
กลุ่มทดลองคนที่ 7	5	4	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	480
กลุ่มทดลองคนที่ 8	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	2	1	494
กลุ่มทดลองคนที่ 9	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	2	2	1	521
กลุ่มทดลองคนที่ 10	5	5	5	5	5	5	5	5	2	1	1	1	1	1	1	1	503
กลุ่มทดลองคนที่ 11	5	5	5	5	5	5	5	4	1	1	1	1	1	1	1	1	500
กลุ่มทดลองคนที่ 12	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	2	1	1	2	2	1	507
กลุ่มทดลองคนที่ 13	5	5	5	5	5	5	5	4	1	2	1	1	1	2	1	2	503
กลุ่มทดลองคนที่ 14	5	4	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	2	1	1	1	479
กลุ่มทดลองคนที่ 15	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	503
กลุ่มทดลองคนที่ 16	5	5	5	5	4	4	5	5	1	1	2	1	1	1	1	2	498
กลุ่มทดลองคนที่ 17	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	450
กลุ่มทดลองคนที่ 18	5	5	5	5	5	5	5	5	2	1	1	1	1	1	1	1	487
กลุ่มทดลองคนที่ 19	4	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	2	1	1	1	482
กลุ่มทดลองคนที่ 20	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	2	2	2	2	2	1	515
กลุ่มทดลองคนที่ 21	4	5	4	4	5	5	5	5	2	1	1	1	1	1	1	1	474
กลุ่มทดลองคนที่ 22	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	1	2	2	1	2	2	522
กลุ่มทดลองคนที่ 23	4	5	5	5	5	5	5	5	1	1	2	1	1	1	1	1	497
กลุ่มทดลองคนที่ 24	5	4	4	4	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	497
กลุ่มทดลองคนที่ 25	5	5	5	5	4	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	496
กลุ่มทดลองคนที่ 26	5	5	5	5	5	5	5	5	1	2	1	2	1	2	1	2	529
กลุ่มทดลองคนที่ 27	5	4	4	5	4	5	5	5	2	2	2	2	1	2	2	1	505
กลุ่มทดลองคนที่ 28	5	5	5	5	5	5	5	5	2	1	1	1	1	1	1	1	497
กลุ่มทดลองคนที่ 29	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	2	2	1	543
กลุ่มทดลองคนที่ 30	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	2	450
ความแปรปรวน	0.09	0.16	0.14	0.06	0.09	0.03	0.00	0.06	0.23	0.20	0.21	0.20	0.20	0.21	0.20	0.16	38.50

ความแปรปรวนของคะแนนรวมเท่ากับ 367.98

สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคเท่ากับ 0.91

ภาคผนวก ช

หนังสือขออนุญาตใช้เครื่องมือเพื่อทำวิทยานิพนธ์ (แบบสอบถาม)

รายชื่อสถานศึกษาที่ผู้วิจัยได้ขออนุญาตใช้เครื่องมือวิทยานิพนธ์ (แบบสอบถาม) เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา การบริหารจัดการทวิศึกษา เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 731 คน ซึ่งเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากสถานศึกษา จำนวน 43 แห่ง ได้แก่

1) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
2) วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเชียงใหม่
3) วิทยาลัยเทคนิคสันกำแพง
4) วิทยาลัยการอาชีพฝาง
5) วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่
6) วิทยาลัยการอาชีพจอมทอง
7) วิทยาลัยการอาชีพแม่สะเรียง
8) วิทยาลัยการอาชีพนวมินทราชินีแม่ฮ่องสอน
9) วิทยาลัยเทคนิคลำพูน
10) วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีลำพูน
11) วิทยาลัยการอาชีพบ้านโฮ่ง
12) วิทยาลัยการอาชีพแจ้ห่ม
13) วิทยาลัยอาชีวศึกษาลำปาง
14) วิทยาลัยเทคนิค กฟผ.แม่เมาะ
15) โรงเรียนแม่ตื่นวิทยาคม
16) โรงเรียนเวียงแหงวิทยาคม
17) โรงเรียนอมก๋อยวิทยาคม
18) โรงเรียนเชียงดาววิทยาคม
19) โรงเรียนแม่อายวิทยาคม
20) โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 30
21) โรงเรียนหอพระ
22) โรงเรียนพร้าววิทยาคม
23) โรงเรียนดอยเต่าวิทยาคม
24) โรงเรียนสะเมิงวิทยาคม
25) โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 31
26) โรงเรียนฮอดพิทยาคม
27) โรงเรียนสองแควิทยาคม
28) โรงเรียนแม่แจ่ม
29) โรงเรียนแม่แตงวิทยาคม
30) โรงเรียนแม่ออนวิทยาคม
31) โรงเรียนบ้านกาดวิทยาคม
32) โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 22
33) โรงเรียนปางมะผ้าพิทยาสรรพ์
34) โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์แม่ฮ่องสอน
35) โรงเรียนปายวิทยาคาร
36) โรงเรียนสบเมยวิทยาคม
37) โรงเรียนเฉลิมรัชวิทยาคม
38) โรงเรียนอุโมงค์วิทยาคม
39) โรงเรียนบ้านแป้นวิทยาคม
40) โรงเรียนเวียงเจดีย์วิทยาคม
41) โรงเรียนเมธีวุฒิกร
42) โรงเรียนแจ้ห่มวิทยาคม
43) โรงเรียนแม่เมาะวิทยาคม

ตัวอย่างหนังสือขออนุญาตทดลองใช้เครื่องมือเพื่อทำวิทยานิพนธ์

ที่ อว. ๐๖๑๒.๑๔.๐๑/ว.๒๙๕

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
๒๐๒ ถนนช้างเผือก อ.เมือง
จ. เชียงใหม่ ๕๐๓๐๐

๗ มิถุนายน ๒๕๖๕

เรื่อง ขออนุญาตใช้เครื่องมือเพื่อทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนฮอดพิทยาคม

ด้วยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้ นายวัชรพงศ์ ฝั้นติ๊บ นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา การทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษา เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ ๑" โดยมี อาจารย์ ดร. ภูเบศ พวงแก้ว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จึงขออนุญาตให้นักศึกษาใช้เครื่องมือเพื่อทำวิทยานิพนธ์ โดยกำหนดใช้เครื่องมือ (แบบสอบถาม) ในวันที่ ๒๔ มิถุนายน – ๒๕ กรกฎาคม ๒๕๖๕ ส่วนรายละเอียดอื่น ๆ นักศึกษาจะประสานกับท่านโดยตรงต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฏฐ์ พลวัน)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. ๐๙๗-๒๖๓-๙๑๘๑

ภาคผนวก ซ

หนังสือขออนุญาตใช้เครื่องมือเพื่อทำวิทยานิพนธ์ (แบบสัมภาษณ์)

รายชื่อกลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยได้ขออนุญาตใช้เครื่องมือเพื่อทำวิทยานิพนธ์ (แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง) เพื่อศึกษาแนวทางการบริหารจัดการ ทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคม แห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการ
สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1จำนวน 14 คน ได้แก่

1. ตัวแทนผู้บริหารสถานศึกษาอาชีวศึกษา ที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา จำนวน 2 คน ได้แก่
   1.1 นายปริวิชญ์ ไชยประเสริฐ ตำแหน่ง ผู้อำนวยการวิทยาลัย
   สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยการอาชีพจอมทอง
   1.2 นายรุ่งโรจน์ อาริยะ ตำแหน่ง ผู้อำนวยการวิทยาลัย
   สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิค กฟผ.แม่เมาะ
2. ตัวแทนผู้บริหารสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา จำนวน 2 คน ได้แก่
   2.1 นายประพันธ์ บุญวรรณ์ ตำแหน่ง ผู้อำนวยการสถานศึกษา
   สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนเวียงแหงวิทยาคม
   2.2 ชื่อ – นามสกุล นายสุรชัย คูณแก้ว ตำแหน่ง ผู้อำนวยการสถานศึกษา
   สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนหอพระ
3. ตัวแทนคณะกรรมการดำเนินโครงการ ที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา จำนวน 2 คน ได้แก่
   3.1 นายชัยวัฒน์ พอพินตำแหน่ง หัวหน้างานพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอน
   สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
   3.2 นายวิทวัส ยะมัง ตำแหน่ง หัวหน้างานพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอน
   สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนเวียงแหงวิทยาคม
4. ตัวแทนครูผู้สอนสายวิชาชีพ ที่ร่วมโครงการทวิศึกษา จำนวน 2 คน ได้แก่
   4.1 นายพงษ์ประพันธ์ ตันพงษ์ ตำแหน่ง ครูผู้สอน
   สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคลำพูน
   4.2 นายนพดล กำมะหยี่ ตำแหน่ง ครูผู้สอน
   สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่

5. ตัวแทนครูผู้สอนสายสามัญ ที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา จำนวน 2 คน ได้แก่

5.1 นายเอกอรรถพล อินทวิวัฒน์ ตำแหน่ง ครูผู้สอน
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนหอพระ

5.2 นาย รัฐพล ศรีชัยวงศ์ ตำแหน่ง ครูผู้สอน
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนเวียงแหงวิทยาคม

6. ตัวแทนผู้ประกอบวิชาชีพในชุมชน ที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา จำนวน 2 คน ได้แก่

6.1 นายถนอม สาครินทร์ ตำแหน่ง เจ้าของกิจการ
สังกัด/หน่วยงาน ร้านถนอมการช่าง
อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่

6.2 นายสิรภพ เจริญรัตน์ ตำแหน่ง เจ้าของกิจการ
สังกัด/หน่วยงาน อู่ เจ ช็อป มอเตอร์
อำเภอเวียงแหง จังหวัดเชียงใหม่

7. ตัวแทนผู้ปกครองของผู้เรียน ที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษาจำนวน 2 คน ได้แก่

7.1 นายปุ่งยะ นายมอญ ตำแหน่ง ผู้ปกครองนักเรียน
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนเวียงแหงวิทยาคม

7.2 นายสุนทร เชิญรักไพร ตำแหน่ง ผู้ปกครองนักเรียน
สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยการอาชีพจอมทอง

ตัวอย่างหนังสือขออนุญาตใช้เครื่องมือเพื่อทำวิทยานิพนธ์ (แบบสัมภาษณ์)

ที่ อว ๐๖๑๒.๑๔.๐๑/ว.๒๙๖

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
๒๐๒ ถนนช้างเผือก อ.เมือง
จ. เชียงใหม่ ๕๐๓๐๐

๗ มิถุนายน ๒๕๖๕

เรื่อง ขออนุญาตใช้เครื่องมือเพื่อทำวิทยานิพนธ์

เรียน นายปริวิชญ์ ไชยประเสริฐ
ผู้อำนวยการอาชีพจอมทอง

ด้วยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้นักศึกษา นายวัชรพงศ์ ฝั้นติ๊บ นักศึกษาระดับปริญญาเอก หลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา การทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษา เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ ๑" โดยมี อาจารย์ ดร.ภูเบศ พวงแก้ว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จึงขออนุญาตให้นักศึกษาใช้เครื่องมือเพื่อทำวิทยานิพนธ์ โดยกำหนดใช้เครื่องมือ (แบบสัมภาษณ์) ในวันที่ ๑ – ๓๑ สิงหาคม ๒๕๖๕ ส่วนรายละเอียดอื่น ๆ นักศึกษาจะประสานกับท่านโดยตรงต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฏฐ์ พลวัน)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. ๐๙-๗๒๖๓-๙๑๘๑
ผู้วิจัย ๐๘-๑๙๕๐-๕๕๙๓

ภาคผนวก ฌ

หนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อทำวิทยานิพนธ์ โดยเชิญร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ (Work Shop) เพื่อยกร่างรูปแบบ และคู่มือการใช้ รูปแบบบริหารจัดการทวิศึกษา เพื่อสร้างสังคม แห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

โดยผู้วิจัยได้เชิญผู้ให้ข้อมูลร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ (Work Shop) เพื่อยกร่างรูปแบบ และคู่มือการใช้ รวมจำนวน 13 คน ประกอบด้วย

1. หัวหน้างานพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอน สถานศึกษาที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา จำนวน 2 คน ได้แก่

1.1 นายชัยวัฒน์ พอพิน	ตำแหน่ง หัวหน้างานพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอน สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
1.2 นายวิทวัส ยะมัง	ตำแหน่ง หัวหน้างานพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอน สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนเวียงแหงวิทยาคม

2. คณะกรรมการดำเนินการโครงการทวิศึกษา จำนวน 2 คน

2.1 นายกรณ์ภณนนท์ พลรังสิวงศ์	ตำแหน่ง คณะกรรมการดำเนินโครงการทวิศึกษา สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
2.2 นางนภาภรณ์ ไชยสมภาร	ตำแหน่ง คณะกรรมการดำเนินโครงการทวิศึกษา สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนหอพระ

3. ครูผู้สอนสายวิชาชีพที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา จำนวน 2 คน

3.1 นายวชิรวิชญ์ สุภา	ตำแหน่ง ครูผู้สอนสายวิชาชีพ สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
3.2 นายพงษ์ประพันธ์ ตันพงษ์	ตำแหน่ง ครูผู้สอนสายวิชาชีพ สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคลำพูน

4. ครูผู้สอนสายสามัญ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา จำนวน 2 คน

4.1 นายวัชรพงค์ โพธิ์วงค์	ตำแหน่ง ครูผู้สอนสายสามัญ สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนหอพระ

4.2 นายพงษ์พันธ์ นิลคง ตำแหน่ง ครูผู้สอนสายสามัญ
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนหอพระ

5. ตัวแทนผู้ประกอบอาชีพในชุมชนที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา จำนวน 2 คน

5.1 นายจรัล แก้วมูล ตำแหน่ง ตัวแทนผู้ประกอบอาชีพในชุมชน
สังกัด/หน่วยงาน เทศบาลนครเชียงใหม่

5.2 นายชนิคม คำควร ตำแหน่ง ตัวแทนผู้ประกอบอาชีพในชุมชน
สังกัด/หน่วยงาน ร้านสุรินทร์การช่าง

6. ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ และมีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับรูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพ จำนวน 3 คน

6.1 ชื่อ – นามสกุล รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ สายธนู ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์
สังกัด/หน่วยงาน มหาวิทยาลัยทักษิณ

6.2 ชื่อ – นามสกุล นายเสถียร โพธิรัตน์ ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะเชี่ยวชาญ
สังกัด/หน่วยงาน
วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่

6.3 ชื่อ – นามสกุล ดร.ชมนาด พรมมิจิตร ตำแหน่ง ครู
วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ
สังกัด/หน่วยงาน
วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่

ตัวอย่างหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อทำวิทยานิพนธ์ โดยเชิญร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ (Work Shop) เพื่อยกร่างรูปแบบ และคู่มือการใช้รูปแบบบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคม แห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

ที่ อว ๐๖๑๒.๑๔.๐๑/ว.๔๘๔

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
๒๐๒ ถนนช้างเผือก อ.เมือง
จ. เชียงใหม่ ๕๐๓๐๐

๑๓ กันยายน ๒๕๖๕

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อทำวิทยานิพนธ์โดยเชิญประชุมเชิงปฏิบัติการ (Work Shop)

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ สายธนู
มหาวิทยาลัยทักษิณ

ด้วยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้นักศึกษา นายวัชรพงศ์ ฝั้นติ๊บ ระดับปริญญาเอก หลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา การทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษา เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ ๑" โดยมี อาจารย์ ดร.ภูเบศ พวงแก้ว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการทำวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จึงขออนุญาตให้นักศึกษาเก็บข้อมูลเพื่อทำวิทยานิพนธ์ โดยขอเรียนเชิญท่านร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ (Work Shop) การยกร่างรูปแบบและคู่มือการใช้รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษา เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ ๑ ในวันพุธที่ ๒๑ กันยายน ๒๕๖๕ เวลา ๐๙.๐๐-๑๖.๐๐ น. ณ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ส่วนรายละเอียดอื่น ๆ นักศึกษาจะประสานกับท่านโดยตรงต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฏฐ์ พลวัน)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. ๐๙-๗๒๖๓-๙๑๘๑
ผู้วิจัย ๐๘-๑๙๕๐-๕๕๙๓

ภาคผนวก ญ

หนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อทำวิทยานิพนธ์ โดยเชิญประชุมสัมมนาอิงผู้เชี่ยวชาญ (Connoisseurship) เพื่อประเมินรูปแบบและคู่มือการใช้รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษา เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ ในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

โดยผู้วิจัยได้จัดประชุมสัมมนาอิงผู้เชี่ยวชาญ (Connoisseurship) เพื่อประเมินรูปแบบและคู่มือการใช้รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษา เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพ ในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 โดยเชิญกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วม จำนวน 36 คน ประกอบด้วย

1. นายธีรวุธ ยะอูป ตำแหน่ง ตัวแทนผู้บริหาร สถานศึกษาในสังกัด สอศ.
   สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
2. นายชัยวัฒน์ พอพิน ตำแหน่ง ตัวแทนคณะกรรมการดำเนินโครงการทวิศึกษา สังกัด สอศ.
   สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
3. นายกรณ์ภณนนท์ พลรังสิวงศ์ ตำแหน่ง ตัวแทนคณะกรรมการดำเนินโครงการทวิศึกษา สังกัด สอศ.
   สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
4. นายนพดล กำมะหยี่ ตำแหน่ง ตัวแทนคณะกรรมการดำเนินโครงการทวิศึกษา สังกัด สอศ.
   สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
5. นายวชิรวิชญ์ สุภา ตำแหน่ง ตัวแทนครูผู้สอนสายวิชาชีพ สถานศึกษาในสังกัด สอศ.
   สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
6. นายพลฤทธิ์ จินดาหลวง ตำแหน่ง ประธานคณะกรรมการสถานศึกษา
   สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
7. นายจรัล แก้วมล ตำแหน่ง ประธานชมรมผู้ปกครอง
   สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
8. นายพรเทพ เย็นฉ่ำ ตำแหน่ง ตัวแทนคณะกรรมการสถานศึกษา
   สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
9. นายกิตติ์ธเนศ อินมา ตำแหน่ง ตัวแทนผู้ประกอบอาชีพในชุมชน
   สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่

10. นางสาวอภิวันท์ จักรคำ ตำแหน่ง ตัวแทนชมรมผู้ปกครอง
สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคสารภี
11. นายเสถียร โพธิรัตน์ ตำแหน่ง ตัวแทนคณะกรรมการสถานศึกษา
สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคสารภี
12. นายสุเทพ ดิษฐปาน ตำแหน่ง ตัวแทนผู้ประกอบอาชีพในชุมชน
สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคสารภี
13. นางสาวชุดาภรณ์ ศรีโกเศส ตำแหน่ง ตัวแทนผู้บริหาร สถานศึกษาในสังกัด สอศ.
สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคลำพูน
14. นายพงษ์ประพันธ์ ตันพงษ์ ตำแหน่ง ตัวแทนครูผู้สอนสายวิชาชีพ สถานศึกษาในสังกัด สอศ.
สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคลำพูน
15. นายประมวล เสียวสุข ตำแหน่ง ตัวแทนชมรมผู้ปกครอง
สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคลำพูน
16. นายสมภพ พรหมมา ตำแหน่ง ตัวแทนผู้ประกอบอาชีพในชุมชน
สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคลำพูน
17. นายวิทยา ภิญโญฤทธิ์ ตำแหน่ง ตัวแทนผู้บริหาร สถานศึกษาในสังกัด สอศ.
สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยการอาชีพจอมทอง
18. นายนิวัฒน์ กันทะศิลป์ ตำแหน่ง ตัวแทนครูผู้สอนสายวิชาชีพ สถานศึกษาในสังกัด สอศ.
สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยการอาชีพจอมทอง
19. นางรุ่งทิวา ฤทธิ์รุ่งเรือง ตำแหน่ง ตัวแทนผู้ปกครองนักเรียน
สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยการอาชีพจอมทอง
20. นางบุญเรือง ใจเมือง ตำแหน่ง ตัวแทนผู้นำชุมชน
สังกัด/หน่วยงาน วิทยาลัยการอาชีพจอมทอง
21. นายทอม ศรีทิพย์ศักดิ์ ตำแหน่ง ประธานกรรมการบริหารสถานศึกษา
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 31
22. นายจู พิทักษ์ศักดิ์สกุล ตำแหน่ง ประธานชมรมผู้ปกครอง
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 31
23. ดร.สุรชัย คูณแก้ว ตำแหน่ง ตัวแทนผู้บริหารสถานศึกษา สังกัด สพฐ.
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนหอพระ
24. นางอัสรา วงศ์มณี ตำแหน่ง ตัวแทนครูผู้สอนวิชาสามัญ สถานศึกษาในสังกัด สพฐ.
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนหอพระ

25. นางนภาภรณ์ ไชยสมภาร ตำแหน่ง ตัวแทนครูผู้สอนวิชาสามัญ สถานศึกษาในสังกัด สพฐ.
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนหอพระ
26. นางรุ่งนภา มาลัย ตำแหน่ง ตัวแทนผู้ปกครองของนักเรียน
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนหอพระ
27. นางอรุณี ลักษิตานนท์ ตำแหน่ง ตัวแทนผู้นำชุมชน
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนหอพระ
28. นางวิลานันท์ ศรีลาชัย ตำแหน่ง ประธานคณะกรรมการสถานศึกษา
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนหอพระ
29. นางกฤษณวรรณ อ่อนอ้น ตำแหน่ง ประธานชมรมผู้ปกครอง
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนหอพระ
30. นายประพันธ์ บุญวรรณ์ ตำแหน่ง ตัวแทนผู้บริหารสถานศึกษา สังกัด สพฐ.
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนเวียงแหงวิทยาคม
31. นายกฤษณะ จันทร์ขาว ตำแหน่ง ตัวแทนผู้บริหารสถานศึกษา สังกัด สพฐ.
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนเวียงแหงวิทยาคม
32. นายวิทวัส ยะมัง ตำแหน่ง ตัวแทนครูผู้สอนสายสามัญ
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนเวียงแหงวิทยาคม
33. ชื่อ – นามสกุล นางสุทัตตา ชมนก ตำแหน่ง ตัวแทนผู้ปกครองของนักเรียน
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนเวียงแหงวิทยาคม
34. นายเหรียญชัย อ้วนคำ ตำแหน่ง ตัวแทนผู้นำชุมชน
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนเวียงแหงวิทยาคม
35. นายชุมยศ รากมัน ตำแหน่ง ประธานคณะกรรมการสถานศึกษา
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนเวียงแหงวิทยาคม
36. นางญาดาภรณ์ ปั๋งจอมแปง ตำแหน่ง ประธานชมรมผู้ปกครอง
สังกัด/หน่วยงาน โรงเรียนเวียงแหงวิทยาคม

ตัวอย่างหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อทำวิทยานิพนธ์ โดยเชิญประชุมสัมมนาอิงผู้เชี่ยวชาญ (Connoisseurship) เพื่อประเมินรูปแบบและคู่มือการใช้ รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษา เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพ ในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

ที่ อว ๐๖๑๒.๑๔.๐๑/ว.๕๓๔

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
๒๐๒ ถนนช้างเผือก อ.เมือง
จ. เชียงใหม่ ๕๐๓๐๐

๒๖ ตุลาคม ๒๕๖๕

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อทำวิทยานิพนธ์โดยเชิญประชุมสัมมนาอิงผู้เชี่ยวชาญ (Connoisseurship)

เรียน นางสาวชุดาภรณ์ ศรีโกเศส

ผู้บริหารสถานศึกษาในสังกัด สอศ. วิทยาลัยเทคนิคลำพูน

ด้วยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้นักศึกษา นายวัชรพงศ์ ฝั้นติ๊บ ระดับปริญญาเอก หลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา การทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษา เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ ๑” โดยมี อาจารย์ ดร.ภูเบศ พวงแก้ว เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการทำวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จึงขออนุญาตให้นักศึกษาเก็บข้อมูลเพื่อทำวิทยานิพนธ์ โดยขอเรียนเชิญท่านร่วมประชุมสัมมนาอิงผู้เชี่ยวชาญ (Connoisseurship) เพื่อประเมินรูปแบบและคู่มือการใช้รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ ๑ ในวันอังคารที่ ๑ พฤศจิกายน ๒๕๖๕ เวลา ๑๓.๐๐ น. ณ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ส่วนรายละเอียดอื่น ๆ นักศึกษาจะประสานกับท่านโดยตรงต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฏฐ์ พลวัน)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

บัณฑิตวิทยาลัย
โทร. ๐๙-๗๒๖๓-๙๑๘๑
ผู้วิจัย ๐๘-๑๙๕๐-๕๕๙๓

ภาคผนวก ฎ

รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษา เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ ในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ
ในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

ประกอบการวิจัย

เรื่อง รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ
ในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

DUAL EDUCATION MANAGEMENT MODEL FOR LEARNING COMMNITY IN CAREER SKILLS IN THE SERVICE AREA OF INSTITUTE OF VOCATIONAL EDUCATION: NORTHERN REGION 1

ผู้วิจัย

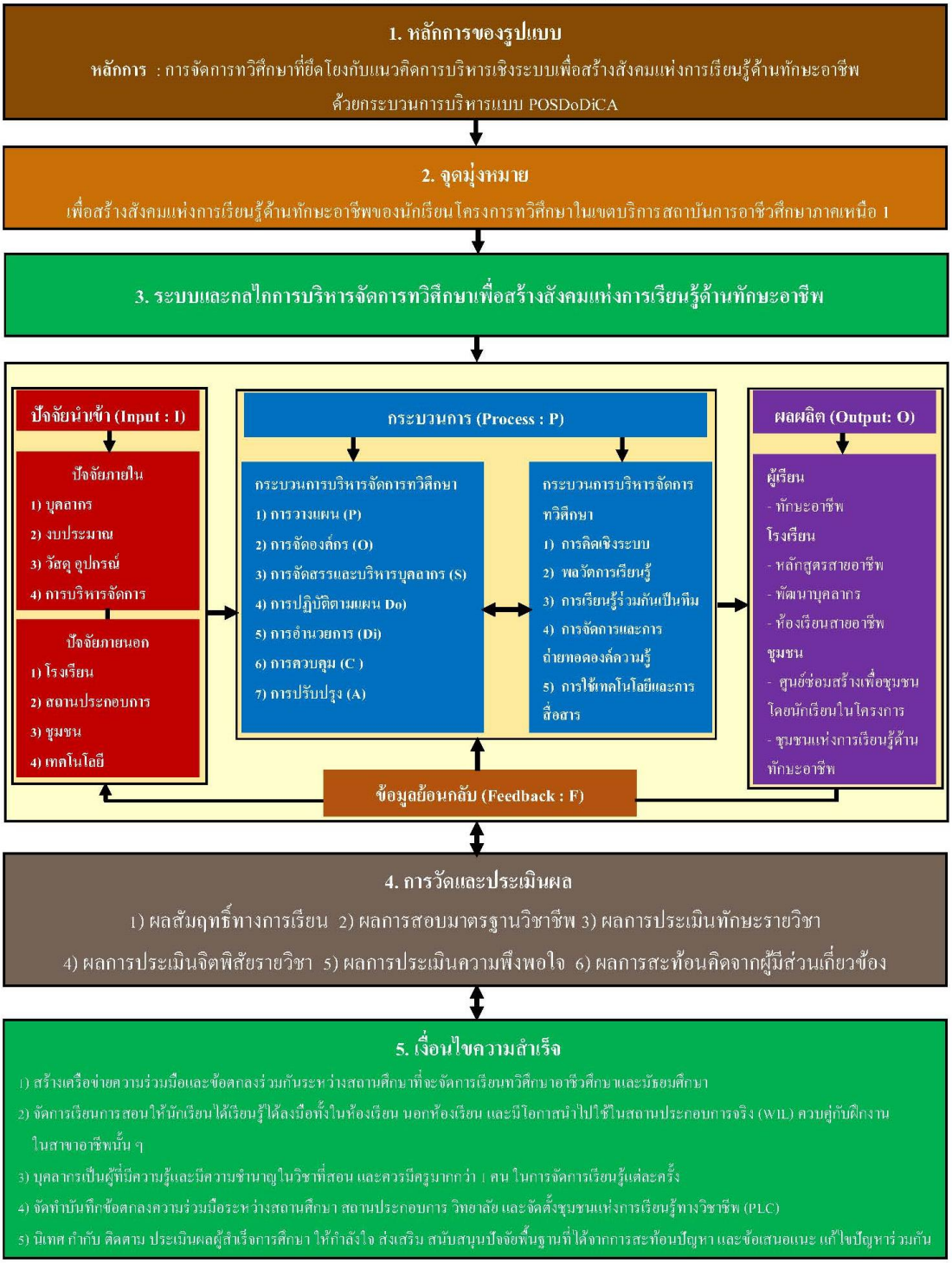
นายวัชรพงศ์ ฝั้นติ๊บ

นักศึกษาหลักสูตร ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชา การบริหารการศึกษา

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ

ในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1



รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ ในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

1. หลักการของรูปแบบ

หลักการการของรูปแบบ : "การจัดการทวิศึกษาที่ยึดโยงกับแนวคิดการบริหารเชิงระบบเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ ด้วยกระบวนการบริหารแบบ POSDoDiCA"

2. จุดมุ่งหมาย

"เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพของนักเรียนโครงการทวิศึกษา"

3. ระบบและกลไกการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ

การบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 เป็นการนำแนวคิดหลักการบริหารจัดการเชิงระบบ ที่ประกอบด้วย ปัจจัยนำเข้า (Input) กระบวนการ (Process) ผลผลิต (Output) และ ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) โดยบูรณาการกับแนวคิดกระบวนการบริหารแบบ POSDoDiCA ประกอบด้วย การวางแผน (Planning : P) การจัดองค์กร (Organizing : O) การจัดสรรและบริหารบุคลากร (Staffing : S) การปฏิบัติตามแผน (Doing : Do) การอำนวยการ (Directing : Di) การควบคุม (Controlling : C) การประเมินและปรับปรุง แก้ไข (Action : A) และแนวคิดสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะ ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการคิดเชิงระบบ 2) ด้านพลวัตการเรียนรู้ แบ่งเป็น 2.1) ด้านความรอบรู้แห่งตน 2.2) ด้านแบบแผนความคิดอ่าน 2.3) ด้านการมีวิสัยทัศน์ร่วม 3) ด้านการเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม 4) ด้านการจัดการและการถ่ายทอดองค์ความรู้ 5) ด้านการใช้เทคโนโลยีและการสื่อสาร มีสาระสำคัญ ดังนี้

3.1 ด้านปัจจัยนำเข้า (Input: I) ประกอบด้วย

3.1.1 ปัจจัยภายใน

1) นโยบายของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา เป็นส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนการจัดการศึกษาของสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา และกำหนดทิศทางในการบริหารจัดการทวิศึกษา

2) บุคลากร ได้แก่ ผู้บริหาร และครูผู้สอน

(1) ผู้บริหารเป็นบุคคลสำคัญที่มีบทบาทในการสร้างความตระหนักและส่งเสริมการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพให้กับนักเรียนในโครงการทวิศึกษา จึงควรปฏิบัติตนเป็นผู้นำการเปลี่ยนแปลง และเป็นผู้นำประสานความร่วมมือกับเครือข่ายที่เกี่ยวข้อง

(2) ครูเป็นผู้ที่มีบทบาทในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยเฉพาะการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพให้กับนักเรียนในโครงการทวิศึกษา จึงควรปฏิบัติตนเป็นแบบอย่างที่ดีในการเป็นผู้จัดการเรียนรู้ พัฒนาตนเองอยู่เสมอ สร้างความเข้าใจ และประสานความร่วมมือกับเครือข่ายผู้ประกอบการและชุมชน รวมทั้งช่วยเหลือ ฝึกฝน และเสริมแรงในการสร้างเสริมทักษะอาชีพให้กับนักเรียนในโครงการทวิศึกษาให้ได้มาตรฐานอาชีพ

3) งบประมาณ สถานศึกษาควรมีการวางแผน จัดสรรงบประมาณและทรัพยากรที่สนับสนุนการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพให้กับนักเรียนในโครงการทวิศึกษา อย่างพอเพียง และ เหมาะสม

4) วัสดุ และครุภัณฑ์ สถานศึกษาควรมีการวางแผน และจัดหาวัสดุและครุภัณฑ์ สื่อการเรียนรู้ ที่ใช้ในการดำเนินการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพให้กับนักเรียนในโครงการทวิศึกษา ตามแผนงาน /โครงการ/กิจกรรม อย่างเพียงพอ และเหมาะสม

5) การบริหารจัดการ สถานศึกษาควรมีการดำเนินการวางแผน การสร้างองค์กรเครือข่ายความร่วมมือ การจัดสรรบุคลากร การสั่งการหรือการควบคุม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพให้กับนักเรียนในโครงการทวิศึกษา เช่น การบริหารจัดการทรัพยากรบุคคล การเงิน เทคโนโลยี ตลอดจนการพัฒนานวัตกรรมที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทที่เอื้อต่อการการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพให้กับนักเรียนในโครงการทวิศึกษา

6) สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 เป็นสถานศึกษาด้านการอาชีวศึกษา ซึ่งอยู่ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการอาชีวศึกษา มีหน้าที่ช่วยดูแลการจัดการศึกษาในระดับเทคโนโลยีบัณฑิต (ป.ตรี) มีสถานศึกษาในเขตพื้นที่บริการประกอบด้วย 1) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ 2) วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่ 3) วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเชียงใหม่ 4) วิทยาลัยเทคนิคลำพูน 5) วิทยาลัยเทคนิคลำปาง 6) วิทยาลัยอาชีวศึกษาลำปาง 7) วิทยาลัยการอาชีพนวมินทราชินีแม่ฮ่องสอน และได้ร่วมจัดทำโครงการการจัดการศึกษาเรียนร่วมในหลักสูตรอาชีวศึกษา และมัธยมศึกษาตอนปลาย (ทวิศึกษา) กับ สถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เช่นเดียวกับสถาบันการอาชีวศึกษาอื่น ๆ

3.1.2 ปัจจัยภายนอก

1) นโยบายสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีบทบาทในการขับเคลื่อนการจัดการศึกษาของสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน และกำหนดทิศทางในการบริหารจัดการทวิศึกษาร่วมกับสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการอาชีวศึกษา

2) สถานศึกษาที่เข้าร่วมโครงการ เป็นสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษา ควรมีแผน/โครงการ จัดสรรงบประมาณและทรัพยากรที่สนับสนุนการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพให้กับนักเรียนในโครงการทวิศึกษา รวมถึงการปรับปรุงห้องฝึกปฏิบัติวิชาชีพ การจัดหาครุภัณฑ์ วัสดุและอุปกรณ์อย่างพอเพียงและ เหมาะสม

3) สถานประกอบการ ในเขตพื้นที่ของสถานศึกษาที่เข้าร่วมโครงการ ควรมีสถานประกอบการที่ทำความร่วมมือในการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพให้กับนักเรียนในโครงการทวิศึกษา เพื่อช่วยสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ เครื่องมือและอุปกรณ์ รวมถึงการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

4) ครอบครัวและชุมชน ควรให้ความร่วมมือในการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพให้กับนักเรียนในโครงการทวิศึกษา เป็นที่ปรึกษาและให้การเสริมแรงให้นักเรียนในโครงการทวิศึกษาได้ฝึกทักษะอาชีพเพื่อบริการชุมชน เป็นช่างซ่อมสร้างของชุมชน

5) เทคโนโลยี ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีส่วนสำคัญในการบริหารจัดการทวิศึกษา เนื่องจากเป็นการร่วมกันจัดการศึกษาระหว่างสถานศึกษาที่มีปัจจัยที่แตกต่างกัน ดังนั้นเทคโนโลยีที่ทันสมัยจึงช่วยทำให้เกิดการบริหารจัดการได้อย่างลงตัว เช่น ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้มีการออกคำสั่งทางปกครองในการห้ามเข้า-ออกในพื้นที่ระบาด สถานศึกษาปิด ต้องจัดการเรียนรู้ในรูปแบบต่างๆ เช่น ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (On Line, On Demand) การมอบหมายงาน (On hand) ทำให้ครูและนักเรียนต้องใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยง่ายและรวดเร็ว การใช้เทคโนโลยีหรือแอพพลิเคชั่นต่าง ๆ มาใช้เป็นสื่อการเรียนรู้และการจัดกิจกรรม ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองเพิ่มขึ้น ซึ่งจะสามารถสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพให้กับนักเรียนในโครงการทวิศึกษาได้

6) ความร่วมมือระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น มีส่วนช่วยในการส่งเสริมให้เกิดบรรยากาศการเรียนรู้ของนักเรียนในท้องถิ่น หากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นให้การสนับสนุนโครงการทวิศึกษา จะทำให้การบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้เป็นไปอย่างราบรื่น

3.2 ด้านกระบวนการ (Process: P) ประกอบด้วย

3.2.1 กระบวนการบริหารแบบ POSDoDiCA เป็นการนำกระบวนการบริหารแบบ POSDoDiCA มาดำเนินการ เพื่อให้สถานศึกษาได้นำไปใช้ในการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพให้กับนักเรียนในโครงการทวิศึกษา ประกอบด้วย 7 ขั้น ได้แก่

ขั้นที่ 1 การวางแผน (Planning : P) มีแนวทางการดำเนินงานดังนี้

1.1 ร่วมกันวางแผนนำหลักสูตรของสถานศึกษามาบูรณาการรวมกัน เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ

1.2 สร้างเครือข่ายความร่วมมือและข้อตกลงร่วมกันระหว่างสถานศึกษาที่จะจัดการเรียนทวิศึกษาอาชีวศึกษาและมัธยม

1.3 มีการวางแผนการบริหารจัดการศึกษาหลักสูตรทวิศึกษาที่เน้นให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์จริง โดยกำหนดชั่วโมงการฝึกปฏิบัติจนนักเรียนเกิดความชำนาญ

ขั้นที่ 2 การจัดองค์กร (Organizing : O) มีแนวทางการดำเนินงานดังนี้

2.1 สร้างหลักสูตรบูรณาการ (Work Integrated Learning : WIL) การจัดการเรียนการสอนและจำแนกว่ารายวิชาสอนของ อาชีวะ มัธยม และวิทยากรจากสถานประกอบการ

2.2 บูรณาการการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้เรียนรู้ได้ลงมือทั้งในห้องเรียน นอกห้องเรียน และมีโอกาสนำไปใช้ในสถานประกอบการจริง (Hands on learning) ควบคู่กับฝึกงานในสาขาอาชีพนั้น ๆ

2.3 จัดทำบันทึกข้อตกลงความร่วมมือ จัดประชุมเชิงปฏิบัติการ สร้างความเข้าใจกับทุกภาคส่วนเพื่อจัดการทวิศึกษา เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพ ให้สอดคล้องกับการศึกษาในยุค 4.0 โดยส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นที่ 3 การจัดสรรและบริหารบุคลากร (Staffing : S) มีแนวทางการดำเนินงานดังนี้

3.1 ส่งเสริมสนับสนุนพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษาให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักสูตรทวิศึกษาและ ICT เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ

3.2 บุคลากรเป็นผู้ที่มีความรู้และมีความชำนาญในวิชาที่สอน และควรมีครูมากกว่า 1 คน ในการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้ง

3.3 มีการกำหนดขอบข่ายหน้าที่ของบุคลากรในสถานประกอบการ รวมทั้งการแต่งตั้งครูฝึกในสถานประกอบการเพื่อดูแลนักเรียน นักศึกษา อย่างชัดเจน

3.4 บูรณาการ (Work Integrated Learning : WIL) ระหว่าง สถานประกอบการ และสถานศึกษา และการกำหนด บุคคลและสถานที่ฝึกประสบการณ์ และการกำหนดรูปแบบกิจกรรม เพื่อให้สามารถวางแผนจัดสรรงบประมาณได้เพียงพอ ต่อการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ

ขั้นที่ 4 การปฏิบัติตามแผน (Doing : Do) มีแนวทางการดำเนินงานดังนี้

4.1 จัดกิจกรรมเรียนรู้ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ องค์ความรู้ เน้นการลงการมือปฏิบัติและการใช้เทคโนโลยี ด้านทักษะอาชีพเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ โดยบูรณาการ (Work Integrated Learning : WIL) ระหว่าง สถานประกอบการ และสถานศึกษา และการกำหนด บุคคลและสถานที่ฝึกประสบการณ์ และการกำหนดรูปแบบกิจกรรม เพื่อให้สามารถวางแผนจัดสรรงบประมาณได้เพียงพอ ต่อการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ

4.2 จัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการวิชาสามัญเข้าไปในวิชาชีพ เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้จัดการศึกษาร่วมกันอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการมีส่วนร่วมในขบวนการปฏิรูปการศึกษา

4.3 จัดทำบันทึกข้อตกลงความร่วมมือระหว่างสถานศึกษา สถานประกอบการและวิทยาลัย และจัดตั้งชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ PLC

ขั้นที่ 5 การอำนวยการ (Directing : Di) มีแนวทางการดำเนินงานดังนี้

5.1 ร่วมกันพัฒนาโครงสร้างหลักสูตรและการบริหารหลักสูตรแบบบูรณาการ

5.2 ส่งเสริม สนับสนุนปัจจัยพื้นฐาน (เช่น วัสดุ ครุภัณฑ์) พัฒนาบุคลากร จัดสรรงบประมาณให้เพียงพอ ปรับปรุง พัฒนาห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ ปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพ สนับสนุน

5.3 กำกับ ติดตาม และประเมินผลทุก ๆระยะ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของนักเรียน

5.4 เจ้าของสถานประกอบการจะต้องเป็นผู้สร้างความเชื่อมั่นให้กับทีมงาน รวมทั้งร่วมกำหนดและอำนวยความสะดวกให้กับคนองค์กร

ขั้นที่ 6 การควบคุม (Controlling : C) มีแนวทางการดำเนินงานดังนี้

6.1 ร่วมกัน กำกับ นิเทศ ติดตาม ทั้งภายในและภายนอก ตามสภาพจริง เน้นการลงฝึกทักษะด้านการปฏิบัติจริง โดยให้ผู้เรียนได้ใช้สื่ออุปกรณ์เทคโนโลยี ที่ทันสมัยในสถานประกอบการ

6.2 มีการกำหนดแนวปฏิบัติหรือกระบวนการในการตรวจสอบ โอน เทียบโอนผลการเรียนในรายวิชาสามัญเป็นปีการศึกษา

6.3 กำหนดบทบาทหน้าที่ การติดตามผลการปฏิบัติงานตามแผนงานด้านงบประมาณ หรือด้านการปฏิบัติการ และบริหารจัดการ กำหนดบุคคลหรือรูปแบบการติดตามที่เน้นเนื้อหาการเรียนรู้ที่สำคัญและสามารถนำไปใช้ประโยชน์จริง

6.4 จัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรโดยให้ความสำคัญกับเนื้อหาการเรียนรู้และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

ขั้นที่ 7 การประเมินและปรับปรุง แก้ไข (Action : A) มีแนวทางการดำเนินงานดังนี้

7.1 รวบรวมผลสะท้อนคิด (Reflection) จากผู้เรียน สถานประกอบการ ผู้สอน ครูฝึกในสถานประกอบการ และผู้ปกครอง

7.2 ยกระดับมาตรฐานการทำงานให้สูงขึ้นตามมาตรฐานวิชาชีพ

7.3 เปิดหลักสูตรบูรณาการและดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนร่วมกับวิทยาลัยอย่างต่อเนื่องและเป็นรูปธรรม

3.2.2 สังคมแห่งการเรียนรู้ เป็นการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ตามแนวคิดสังคมแห่งการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่

ด้านที่ 1 การคิดเชิงระบบ มีแนวทางการดำเนินงานดังนี้

1.1 ประชุมวางแผน กำหนดกรอบการดำเนินงาน แนวทางการพัฒนาผู้เรียน แนวปฏิบัติหรือข้อตกลงในการปฏิบัติงานให้ชัดเจนและเป็นธรรมแก่ทุกฝ่าย มีการทำความเข้าใจร่วมกันก่อนลงมือปฏิบัติงาน และมีกำหนดการการประชุมแลกเปลี่ยนความคิดกันเป็นระยะอย่างสม่ำเสมอ

1.2 จัดโครงการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานในสถานศึกษา

1.3 จัดโครงการให้ผู้เรียนนำความรู้ความสามารถที่ได้ไปบริการชุมชน

1.4 จัดฝึกอบรมหลักสูตรวิชาชีพระยะสั้นให้กับประชาชนทั่วไปและชุมชนในรายวิชาที่ประชาชนและชุมชนสนใจ

1.5 สำรวจปัญหาตามบริบทของชุมชน เช่น ประชุม แบบสอบถาม หรืออื่นๆ เพื่อหาข้อมูลที่สามารถนาใช้วางระบบการแก้ปัญหา

1.6 จัดการเรียนเป็นโครงงานให้ผู้เรียนสามารถใช้ความคิดและทักษะในการแก้ไขปัญหาในชุมชน

1.7 จัดโครงการเสริมสร้างผู้ประกอบการและการจัดทำแผนธุรกิจ โดยจัดหาผู้มีความรู้ความสามารถด้านต่างๆ มาเป็นผู้ให้ความรู้ อบรม พัฒนาผู้เรียน มีการเตรียมความพร้อมในการสอนที่หลากหลาย

ด้านที่ 2 พลวัตการเรียนรู้

2.1 ด้านความรอบรู้แห่งตน มีแนวทางการดำเนินงานดังนี้

1) มีการบริหารจัดการร่วมกันทุกฝ่าย จัดทำแผนปฏิบัติงานและกำหนดวิสัยทัศน์ สร้างเอกลักษณ์และอัตลักษณ์ของสถานศึกษา กำหนดแนวทางส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้ใฝ่เรียนรู้และพัฒนาตนเอง โดยหลักการดำเนินงานตามภารกิจหลัก พร้อมเปิดกว้างรับความคิดเห็น มีความยืดหยุ่น

2) มีการกำกับ ติดตามทั้งในส่วนของคณะกรรมการดำเนินงาน และผลลัพธ์ที่ได้จากผู้เรียน เช่น จัดเวทีสัมมนาแลกเปลี่ยนเรียนรู้หลังการฝึกประสบการณ์วิชาชีพและการฝึกอาชีพของนักเรียน จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน ส่งเสริม สนับสนุนให้มีการทำวิจัย สิ่งประดิษฐ์ เป็นต้น

3) ส่งเสริมการพัฒนาบุคลากร และวัสดุ ครุภัณฑ์ ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เช่น ส่งเสริมให้ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในกระบวนการเรียนการสอนเพื่อความหลากหลาย จัดกิจกรรมการเรียนวิชาชีพระยะสั้น และการเป็นผู้ประกอบการ ออกบริการชุมชน จัดกิจกรรมแสดงความยินดี ยกย่องผู้ที่ปฏิบัติหน้าที่ได้ดีมีผลงานเป็นที่ประจักษ์ และมีการการพัฒนาหลักสูตรในท้องถิ่น

2.2 ด้านแบบแผนความคิดอ่าน มีแนวทางการดำเนินงานดังนี้

1) มีการสร้างความเข้าใจ การวางแผนร่วมกัน เพื่อพัฒนาความคิดให้เชื่อมตรงในสังคมแห่งการเรียนรู้ทักษะอาชีพและสามารถประยุกต์ความรู้สู่ชุมชน

2) ดำเนินโครงการส่งเสริมพัฒนาบุคลากรเพื่อต่อยอดนวัตกรรม

3) ร่วมกำหนดวิสัยทัศน์ พันธกิจ และเป้าหมายของสถานศึกษา

4) ส่งเสริมการถ่ายทอดและเผยแพร่ องค์ความรู้ด้านทักษะอาชีพในรูปแบบต่าง ๆ ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลง

2.3 ด้านการมีวิสัยทัศน์ร่วม มีแนวทางการดำเนินงานดังนี้

1) กำหนดวิสัยทัศน์ของสถานศึกษาจากการระดมความคิดเห็นและการมีส่วนร่วมในการออกแบบและพัฒนาหลักสูตรอาชีวศึกษาของบุคลากร สถานประกอบการ ชุมชนท้องถิ่น และผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

2) ส่งเสริม สนับสนุน การเรียนรู้ของบุคลากร เพิ่มทักษะแรงงาน (Upskilling) และการปรับเปลี่ยนทักษะแรงงาน (Reskilling)

3) ส่งเสริมบุคลากรในสถานศึกษา ดำเนินงานตามวิสัยทัศน์ของสถานศึกษา ให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานและทิศทางการพัฒนาประเทศ

ด้านที่ 3 การเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม มีแนวทางการดำเนินงานดังนี้

1) ประชุมวางแผนการทำงานร่วมกัน ส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนเป็นกลุ่ม เพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจ ความคุ้นเคย ให้เกิดความร่วมมือในการพัฒนาสถานศึกษาและสามารถทำงานร่วมกันได้

2) ส่งเสริมให้บุคลากร มีทัศนคติเชิงบวก สร้างแรงจูงใจ มีภาวะผู้นำ ใฝ่รู้และมีความสามารถในเชิงเทคโนโลยี

3) ทำ MOU ร่วมมือระหว่างสถานศึกษา สถานประกอบการ และชุมชน ทำให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันผ่านเครือข่ายวิทยากรในชุมชนและปราชญ์ชาวบ้านที่มีความรู้ความสามารถเฉพาะทาง ให้สถานประกอบการในชุมชนเป็นแหล่งการฝึกทักษะอาชีพ

4) ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่จัดการความรู้ และมีระบบข้อมูลสารสนเทศที่เป็นปัจจุบันและสามารถเข้าถึงได้ทันที มีการรายงานผลการปฏิบัติงานอย่างมีระบบ

5) ส่งเสริมความสำเร็จการทำงานเป็นกลุ่มหรือเครือข่าย

ด้านที่ 4 การจัดการและการถ่ายทอดองค์ความรู้ มีแนวทางการดำเนินงานดังนี้

1) มีหน่วยงานที่เป็นศูนย์กลางการจัดเก็บข้อมูล พัฒนาระบบฐานข้อมูล Big Data ที่เป็นสารสนเทศของสถานศึกษาที่เข้าถึงได้ง่ายและเป็นปัจจุบัน มีหลักสูตรการเรียนการสอนที่เป็นมาตรฐานในรูปแบบดิจิทัลและมีครูผู้สอนที่มีความรู้ความสามารถในทักษะอาชีพต่างๆ พร้อมที่จะให้ความรู้บริการวิชาการและวิชาชีพแก่ชุมชน นำความรู้ออกเผยแพร่ชุมชนบนอินเตอร์เน็ต

2) จัดทำยุทธศาสตร์ของสถานศึกษาตามข้อมูลความต้องการแรงงานในพื้นที่ จัดทำแผนการฝึกอบรมด้านวิชาชีพให้กับประชาชนตามความต้องการ

3) จัดกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ เช่น การประกวดแสดงผลงาน

4) จัดตั้งศูนย์ถ่ายทอดองค์ความรู้ การให้บริการวิชาชีพ บริการวิชาการ มีโครงการซ่อมสร้างเพื่อชุมชนและสร้างเครือข่ายและความร่วมมือ

5) จัดหาบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถตรงตามสาขาวิชา และถ่ายทอดประสบการณ์ในสถานการณ์จริงให้แก่นักเรียน

ด้านที่ 5 การใช้เทคโนโลยีและการสื่อสาร มีแนวทางการดำเนินงานดังนี้

1) จัดทำแผนพัฒนาระบบเทคโนโลยีอย่างเป็นระบบ และแผนงานการพัฒนาตนเองของครูและบุคลากร เพื่อพัฒนา บุคลากรให้มีความสามารถผลิต สื่อ และใช้งานสื่อเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านดิจิทัลเพื่อรองรับการใช้งาน

2) มีระบบข้อมูลสารสนเทศของสถานศึกษาที่ครบถ้วนและเป็นปัจจุบัน ผู้เรียนและชุมชนสามารถเข้ามาดูและศึกษาบริบทข้อมูลพื้นฐานของสถานศึกษาได้ตลอดเวลา

3) ระบบอินเตอร์เน็ตความเร็วสูงและมีจุดสัญญาณ (Wireless-Fidelity : Wi-Fi) สัญญาณอินเตอร์เน็ตอย่างทั่วถึงพื้นที่ภายในสถานศึกษา

4) มีสื่ออิเล็กทรอนิกส์ในด้านเนื้อหาทางวิชาชีพสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนและการบริการทางวิชาการและวิชาชีพ มีลักษณะเป็นปัจจุบันและสอดรับการเปลี่ยนแปลงสู่สังคมเศรษฐกิจฐานนวัตกรรมและมาตรฐานสากล

5) จัดกิจกรรมส่งเสริม สนับสนุนให้มีพัฒนาและสร้างนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ

3.3 ด้านผลผลิต (Output: O) ประกอบด้วย

3.3.1 ผู้เรียน จะเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ มีทักษะอาชีพตามมาตรฐานอาชีพที่เรียน

3.3.2 สถานศึกษา ที่เข้าร่วมโครงการทวิศึกษาตามรูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ จะได้รับการพัฒนาดังนี้

1) หลักสูตรสายอาชีพ สถานศึกษาที่เข้าร่วมโครงการจะมีหลักสูตรเพิ่มขึ้นเป็นหลักสูตรสายอาชีพให้นักเรียนในชุมชนได้เลือกเรียน และตอบสนองความต้องการของชุมชน

2) พัฒนาบุคลากร สถานศึกษาที่เข้าร่วมโครงการจะได้รับการพัฒนาบุคลากรในด้านอาชีพ เนื่องจากบุคลากรในสถานศึกษาจะได้เรียนรู้จากครูวิชาชีพหรือวิทยากรผู้มีความรู้ความสามารถในวิชาชีพนั้นๆ ไปพร้อมกับผู้เรียน เพื่อให้พัฒนาไปเป็นผู้สอนได้ในอนาคต

3) ห้องปฏิบัติการวิชาชีพ สถานศึกษาที่เข้าร่วมโครงการจะได้รับการพัฒนาห้องเรียนเป็นห้องปฏิบัติการวิชาชีพที่มีวัสดุและครุภัณฑ์พร้อมต่อการจัดการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ

3.3.3 ครอบครัวและชุมชน โดยนักเรียนในโครงการเมื่อมีทักษะอาชีพแล้วจะสามารถสร้างรายได้เพิ่มให้กับครอบครัว และชุมชนจะได้รับการบริการวิชาชีพโดยนักเรียนในโครงการ และชุมชนจะกลายเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพ

3.4 ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback)

เป็นการดำเนินการของผู้บริหาร และครู ที่ร่วมกันสะท้อนสภาพปัญหา สาเหตุ และแนวทางการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพ จากปัจจัยนำเข้า กระบวนการ ผลผลิต และข้อมูลย้อนกลับ เพื่อนำข้อมูลมาร่วมกันแก้ไข ปรับปรุง และนำเสนอผลการดำเนินการเพื่อเผยแพร่ให้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง

4. การวัดและประเมินผล

การบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 ได้กำหนดรูปแบบการวัดผลและประเมินผลไว้ดังนี้

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการวัดผลและประเมินผลด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) จากรายวิชาชีพที่นักเรียนในโครงการทวิศึกษาเรียนจากครูสายอาชีพในแต่ละรายวิชาตามหลักสูตร

4.2 ผลการสอบมาตรฐานวิชาชีพ เป็นการวัดผลและประเมินผลตามระเบียบกระทรวงศึกษาธิการว่าด้วยการจัดการศึกษาและการประเมินผลการเรียนตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่กำหนดให้ผู้ที่จะสำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ต้องมีผลการสอบมาตรฐานวิชาชีพเป็น “ผ.” คือ ผ่าน

4.3 ผลการประเมินทักษะรายวิชา เป็นการวัดผลและประเมินผลด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) จากรายวิชาชีพที่นักเรียนในโครงการทวิศึกษาเรียนจากครูสายอาชีพในแต่ละรายวิชาตามหลักสูตร

4.4 ผลการประเมินจิตพิสัยรายวิชา เป็นการวัดผลและประเมินผลด้านจิตพิสัย (Affective Domain) คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม ที่หลักสูตรกำหนดเป็นคุณลักษณะอันพึงประสงค์ จากรายวิชาชีพที่นักเรียนในโครงการทวิศึกษาเรียนจากครูสายอาชีพในแต่ละรายวิชาตามหลักสูตร

4.5 ผลการประเมินความพึงพอใจ เป็นการวัดผลและประเมินผลความพึงพอใจต่อโครงการจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจากการดำเนินการตามโครงการทวิศึกษา

4.6 ผลการสะท้อนคิดจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง เป็นการวัดผลและประเมินผลในส่วนของความคิดเห็นต่อโครงการจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจากการดำเนินการตามโครงการทวิศึกษา

5. เงื่อนไขความสำเร็จ

รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 มีเงื่อนไขที่ทำให้บรรลุตามหลักการและจุดมุ่งหมายตามที่กำหนดไว้ ดังนี้

1) สร้างเครือข่ายความร่วมมือและข้อตกลงร่วมกันระหว่างสถานศึกษาที่จะจัดการเรียนทวิศึกษา อาชีวศึกษาและมัธยมศึกษา

2) จัดการเรียนการสอนให้นักเรียนได้เรียนรู้ได้ลงมือทั้งในห้องเรียน นอกห้องเรียน และมีโอกาสนำไปใช้ในสถานประกอบการจริง (WIL) ควบคู่กับฝึกงานในสาขาอาชีพนั้น ๆ

3) บุคลากรเป็นผู้ที่มีความรู้และมีความชำนาญในวิชาที่สอน และควรมีครูมากกว่า 1 คน ในการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้ง

4) จัดทำบันทึกข้อตกลงความร่วมมือระหว่างสถานศึกษา สถานประกอบการ วิทยาลัย และจัดตั้งชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC)

5) นิเทศ กำกับ ติดตาม ประเมินผลผู้สำเร็จการศึกษา ให้กำลังใจ ส่งเสริม สนับสนุนปัจจัยพื้นฐานที่ได้จากการสะท้อนปัญหา และข้อเสนอแนะ แก้ไขปัญหาร่วมกัน

ภาคผนวก ฎ

คู่มือการใช้รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษา เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

คู่มือการใช้รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษาเพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้
ด้านทักษะอาชีพในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

ประกอบการวิจัย

เรื่อง รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษา เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพ ในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

DUAL EDUCATION MANAGEMENT MODEL FOR LEARNING COMMUNITY IN CAREER SKILLS IN THE SERVICE AREA OF INSTITUTE OF VOCATIONAL EDUCATION: NORTHERN REGION 1

ผู้วิจัย : นายวัชรพงศ์ ฝั้นติ๊บ

นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาการบริหารการศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

รายละเอียดของคู่มือการใช้รูปแบบการบริหารจัดการทวิศึกษา เพื่อสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ ด้านทักษะอาชีพ ในเขตบริการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 หากท่านใดสนใจสามารถ Download ได้จาก QR Code ด้านล่างนี้ หรือติดต่อผู้วิจัยได้ทาง

E-mail : Wat82@hotmail.com

QR Code สำหรับ Download เอกสารคู่มือฯ

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล นายวัชรพงศ์ ฝั้นติ๊บ

วัน เดือน ปีเกิด 5 พฤศจิกายน 2512

ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 336/61 หมู่ 4 ตำบลสันผักหวาน อำเภอหางดง
จังหวัดเชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50130

อีเมล์แอดเดรส Wat82@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2562- 2566	หลักสูตร ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชา การบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
พ.ศ. 2541 - 2543	หลักสูตร ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา การอาชีวศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พ.ศ. 2536- 2538	หลักสูตร ครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า - ไฟฟ้ากำลัง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาวิทยาเขตภาคพายัพ

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2563 – ปัจจุบัน	ตำแหน่ง ผู้อำนวยการวิทยาลัย วิทยฐานะ ผู้อำนวยการเชี่ยวชาญ สังกัด / หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
พ.ศ. 2559 – 2562	ตำแหน่ง ผู้อำนวยการวิทยาลัย วิทยฐานะ ผู้อำนวยการเชี่ยวชาญ สังกัด / หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคลำพูน

พ.ศ. 2552 – 2559	ตำแหน่ง ผู้อำนวยการวิทยาลัย
	วิทยฐานะ ผู้อำนวยการชำนาญการพิเศษ
	สังกัด / หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคสารภี
พ.ศ. 2551 – 2552	ตำแหน่ง ผู้อำนวยการวิทยาลัย
	วิทยฐานะ ผู้อำนวยการชำนาญการ
	สังกัด / หน่วยงาน วิทยาลัยสารพัดช่างลพบุรี
พ.ศ. 2547 - 2551	ตำแหน่ง ครู
	วิทยฐานะ ครูชำนาญการ
	สังกัด / หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคลำพูน
พ.ศ. 2547	ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 6
	สังกัด / หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคลำพูน
พ.ศ. 2544 – 2547	ตำแหน่ง อาจารย์ 1 ระดับ 5
	สังกัด / หน่วยงาน วิทยาลัยเทคนิคลำพูน