



การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสอนแบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

พีระพล ชินรัตน์

ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา สาขาฟิสิกส์ โรงเรียนสาธิต มศว ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผลคิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge - based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ มีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2554) สำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป้าหมายสำคัญอย่างหนึ่ง คือ การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Scientific Concept) ให้เกิดกับผู้เรียน มีงานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่า การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ทำได้ยาก ผู้เรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (misconception) ซึ่งส่งผลให้การสร้างองค์ความรู้ใหม่ของผู้เรียนเกิดยากขึ้นด้วย (สุระ วุฒิพรหม , 2556 อ้างถึงใน เกรียงไกร ทานะเวช, 2557) เนื่องจากแนวคิดวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นจากการรับรู้ของนักเรียนที่มีต่อโลกที่เขาอาศัยอยู่ และได้รับการพัฒนาขึ้นขณะที่นักเรียนพยายามอธิบายหรือเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ รอบตัวโดยอาศัยความรู้เดิม (prior knowledge) ที่มีอยู่ ซึ่งได้รับอิทธิพลจากประสบการณ์ บริบททางสังคมและวัฒนธรรม ซึ่งความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่นี้อาจตรงกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์หรือไม่ก็ได้ (Bell, 1993 อ้างถึงใน เกรียงไกร ทานะเวช, 2557)) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ในส่วนของเนื้อหาที่ต้องทำความเข้าใจโดยใช้จินตนาการ การสร้างภาพมโนคติที่เป็นนามธรรม เพื่อเป็นการสร้างความเข้าใจในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น จำเป็นต้องสร้างแบบจำลองทางความคิด (mental model) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการสร้างมโนคติทางการเรียนของนักเรียน (Glynn & Duit, 1995 อ้างถึงใน เกรียงไกร ทานะเวช, 2557) แบบจำลองทางความคิดเพื่อการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่สามารถสร้างความเข้าใจเชิงมโนคติ (conceptual understanding) ของนักเรียนเกี่ยวกับกระบวนการที่ต้องการสำรวจ โดยเฉพาะกระบวนการที่เกิดขึ้นในระดับโมเลกุลและกระบวนการที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าอื่น ๆ เพื่อสะท้อนถึงแนวคิดความเข้าใจและใช้อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการหรือปรากฏการณ์หรือระบบที่สนใจ (Jonhson-Laird, 1983 อ้างถึงใน เกรียงไกร ทานะเวช, 2557)

ทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันนี้คือ ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ (constructivism) ซึ่งเชื่อกันว่านักเรียนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างมาแล้วไม่มากนักน้อย ก่อนที่ครูจะจัดการเรียนการสอนให้เน้นว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นด้วยตัวของผู้เรียนเอง และการเรียนรู้เรื่องใหม่จะมีพื้นฐานมาจากความรู้เดิม ดังนั้น ประสบการณ์เดิมของนักเรียนจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเรียนรู้เป็นอย่างยิ่ง กระบวนการเรียนรู้ (process of learning) ที่แท้จริงไม่ได้เกิดจากการบอกเล่าของครู หรือนักเรียนเพียงแต่จดจำแนวคิดต่าง ๆ ที่มีผู้บอกให้เท่านั้น แต่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้นเสาะหา สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนแต่ละคนสร้างความหมายมโนคติฟิสิกส์



นั้น ๆ การสร้างความหมาย หรือการพัฒนาความเข้าใจถือได้ว่าเป็นเรื่องของปัจเจกบุคคล กล่าวคือ ความรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้นั้นเป็นเรื่องของปัจเจกบุคคล เพราะการได้รู้ขึ้นอยู่กับกระบวนการสร้างความหมายของผู้ได้รู้คนนั้น ๆ (Glaserfeld, 1995 อ้างถึงใน โชคชัย ยืนยง, 2561) โดยหลักการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้อื่น (constructivism) ที่นักเรียนไม่ได้เป็นผู้คอยรับข้อมูลจากครูผู้สอนเพียงอย่างเดียว แต่เป็นผู้สร้างความรู้อันเป็นพื้นฐานของประสบการณ์เดิมของตนเองและจากการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น (Richardson, 2003 อ้างถึงใน ศศิเทพ ปติพรเทพิน และคณะ, 2555) รูปแบบหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้อื่นวิธีหนึ่งคือวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบ ทำนาย สังเกต การอธิบาย (POE) ตามแนวคิดของ White & Gunstone (1992 อ้างถึงใน ภูสิทธิ์ จันทนา, 2557) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นขั้นตอน การนำเสนอสถานการณ์และให้นักเรียนทำนายว่าจะเกิดอะไรขึ้นถ้ามีการเปลี่ยนแปลง หลังจากทำนายแล้วก็ให้นักเรียนบอกสิ่งที่สังเกตได้จากการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตัวนักเรียนเองและขั้นตอนสุดท้ายนักเรียนจะต้องอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ได้จากการทำนายและการสังเกตหรือผลการทดลองที่ได้

บทความนี้จะให้ความรู้เกี่ยวกับ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ วิธีการสอนแบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) และตัวอย่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เป็นแนวทางสำหรับบุคลากรทางการศึกษา ผู้ที่เกี่ยวข้อง และผู้สนใจที่จะศึกษา เพื่อให้มีความเข้าใจในการสอนแบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) และการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้ตรงนี้ไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

การที่บุคคลจะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้นั้น ต้องเริ่มจากการมีแนวคิดที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ เพราะแนวคิดที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญในการทำนายและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ ซึ่งวิทยาศาสตร์มีรากฐานมาจากการสังเกต ผลการทดลองและการวัดปริมาณทางกายภาพ มีจุดมุ่งหมายหลัก คือใช้หลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และเพื่อพัฒนาเป็นทฤษฎีที่ใช้ในการทำนายผลการทดลอง และตั้งเป็นกฎพื้นฐานต่าง ๆ (Seyway & Jewett, 2014) ทำให้มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงเค้า (2540) ได้ให้ความหมายของคำว่า แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (Children's science) ว่าหมายถึง ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อโลกที่เขาอาศัยอยู่ และต่อความหมายของคำที่นักเรียนได้รับก่อนที่นักเรียนจะได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียน แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้พัฒนาขึ้นขณะที่นักเรียนพยายามที่จะเข้าใจโลกที่เขาอาศัยอยู่ โดยอาศัยประสบการณ์ ความรู้ในปัจจุบัน และจากภาษาของตนเอง

ตรีคุณ โพธิ์หล้า (2554) ได้สรุปความหมายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจที่จะสรุปลักษณะที่สำคัญๆของวัตถุหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นแล้วนำมาเชื่อมโยงให้มีความสัมพันธ์กันเป็นข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ซึ่งแต่ละคนอาจจะมีแนวคิดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ และวุฒิภาวะของบุคคลนั้น ๆ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์จะมีลักษณะเป็นสากล ช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจบทเรียน และมีความรู้ในระดับสูงชัดเจนยิ่งขึ้น



วันเพ็ญ บุรณสุข (2555) ได้สรุปความหมายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิดความเข้าใจที่จะสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ที่เกิดจากการสังเกต หรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น หลากๆแบบของบุคคลนั้น ๆ นำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปของตนเอง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นสากล ซึ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจทเรียนและมีความรู้ในระดับสูงชัดเจนยิ่งขึ้น

ศิรินันท์ สิงวราช (2555) ได้สรุปความหมายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจที่นำมาจากการประมวลความรู้ สรุปรวมลักษณะที่สำคัญๆ ของวัตถุ หรือ ปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ที่เกิดจากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งนำมาเชื่อมโยงให้มีความสัมพันธ์กันกับข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแต่ละคนอาจจะมีแนวคิดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ และวุฒิภาวะของบุคคลนั้น ๆ แนวคิดวิทยาศาสตร์จะมีความเป็นสากล ช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจทเรียน และมีความรู้ในระดับสูงชัดเจนยิ่งขึ้น

ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ (2558) ได้ให้ความหมายของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นแนวคิดที่มีความสำคัญอย่างมากในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ รอบ ๆ ตัว และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ และยังเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้แนวคิดที่มีความซับซ้อนขึ้นหรือแนวคิดขั้นสูง

Bell (1993 อ้างถึงใน ศศิเทพ ปิติพรเทพินและคณะ, 2555) กล่าวว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกิดขึ้นจากการรับรู้ของนักเรียนที่มีต่อโลกที่เขาอาศัยอยู่ และได้รับการพัฒนาขึ้นขณะที่นักเรียนพยายามอธิบายหรือเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ รอบตัว โดยอาศัยความรู้เดิม (prior knowledge) ของนักเรียนที่มีอยู่ซึ่งได้รับอิทธิพลจาก ประสบการณ์ บริบททางสังคม และวัฒนธรรม ความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่นี้อาจตรงกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์หรือไม่ก็ได้

จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่า แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจที่สรุปรวมลักษณะสำคัญของเหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการสังเกตหรือประสบการณ์เดิม แล้วนำมาประมวลเป็นข้อสรุป ซึ่งเป็นแนวคิดที่มีความสำคัญอย่างมากในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ รอบ ๆ ตัว และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ และยังเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้แนวคิดที่มีความซับซ้อนขึ้นหรือแนวคิดขั้นสูง โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีการสร้างสรรคความรู้ซึ่งเป็นทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้ โดยจะให้ความสำคัญกับบทบาทของผู้เรียนในการสร้างความเข้าใจและสร้างความหมายของสิ่งที่ได้เรียนรู้มากกว่าการส่งผ่านความรู้จากความจริง

2. การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้โดยการพัฒนาแนวคิด คือ กระบวนการในการปรับความรู้เดิมให้สอดคล้องกับความรู้ใหม่ ผู้ที่เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้คือ Posner, Striker, Hewson & Gertzog (1982) โดยกล่าวว่า การที่นักเรียนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดได้ มีเงื่อนไขสำคัญอยู่ 4 เงื่อนไข คือ

1. นักเรียนจะต้องไม่พอใจในความรู้เดิม เห็นว่าความรู้เดิมไม่สามารถอธิบายหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ต้องการได้ (Dissatisfaction)
2. นักเรียนจะต้องมีความเข้าใจความรู้ใหม่ (Intelligibility)
3. นักเรียนจะเห็นว่าความรู้ใหม่มีประโยชน์สามารถช่วยในการแก้ปัญหาที่ต้องการได้ (Plausibility)



4. นักเรียนต้องสามารถนำความรู้ใหม่ไปใช้ในการแก้ปัญหาหรืออธิบายสถานการณ์ที่แนวคิดเดิมของนักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาหรืออธิบายได้

Hawson (1992 อ้างถึงใน เกรียงไกร ทานะเวช, 2557) กล่าวว่า วัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้โดยการพัฒนาแนวคิดไม่ใช่การบังคับให้นักเรียนยอมรับหรือเปลี่ยนจากความรู้เดิมไปสู่ความรู้ใหม่ที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แต่เป็นการสนับสนุนให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยการปรับความรู้เดิมให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่ง Stephans (1994 อ้างถึงใน เกรียงไกร ทานะเวช, 2557) ได้เสนอว่า การจัดการเรียนรู้โดยการพัฒนาแนวคิด เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดเงื่อนไขของรูปแบบตามที่ Posner (1982 อ้างถึงใน เกรียงไกร ทานะเวช, 2557) ได้เสนอนั้น มีกระบวนการสำคัญ 5 ขั้นตอนคือ

1. นักเรียนระบุแนวคิดที่มีก่อนเรียน (Express Ideas) ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนระลึกถึงความรู้หรือประสบการณ์เดิมของตนเองที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดนั้น โดยอาจยกสถานการณ์ที่น่าสนใจที่กำลังเกิดขึ้นในปัจจุบันหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนได้ระบุหรือแสดงแนวคิดเดิมของตนเอง

2. นักเรียนแลกเปลี่ยนแนวคิดที่มีก่อนเรียน (Share Ideas) ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนแบ่งปันบอกเล่าแนวคิดที่มีก่อนเรียนให้เพื่อนที่อยู่ข้างๆ และเพื่อนในห้องเรียนเพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดของตนเองร่วมกัน โดยอาจให้นักเรียนได้นำเสนอแนวคิดของตนเองหน้าชั้นเรียนและอภิปรายแนวคิดของตนเองร่วมกับผู้อื่น

3. นักเรียนทดสอบแนวคิดที่มีก่อนเรียน (Challenge Ideas) ครูต้องจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ทดสอบแนวคิดที่มีก่อนเรียนโดยกิจกรรมนั้น ๆ จะต้องให้นักเรียนได้มีโอกาสคิด ลงมือปฏิบัติให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอต่อการสรุปและเกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ เช่น การทดลอง การสาธิต ศึกษาจากแหล่งเรียนรู้จริงหรือสถานการณ์จำลอง ศึกษาจากเอกสารหรืออินเทอร์เน็ต

4. นักเรียนปรับหรือยอมรับแนวคิด (Accommodate Ideas) ครูต้องกระตุ้นซักถามหรือจัดกิจกรรมให้นักเรียนวิเคราะห์ พิจารณาแนวคิดเดิมที่มีก่อนเรียน เปรียบเทียบกับแนวคิดที่ได้จากการจัดกิจกรรม สิ่งใดที่เหมือนกันหรือต่างกัน แปลความหมายและข้อสรุปเป็นแนวคิดใหม่ พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดใหม่ของตนเองและอภิปรายแนวคิดใหม่ที่ได้กับเพื่อนๆ

5. นักเรียนนำแนวคิดใหม่ไปใช้ (Apply Ideas) ครูต้องกระตุ้น ซักถามและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำแนวคิดใหม่ที่ได้ไปใช้อภิปรายหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่น ๆ โดยเฉพาะสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนหากนักเรียนสามารถนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปอธิบายหรือแก้ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ ได้มากก็แสดงให้เห็นว่าความรู้ใหม่นั้นมีประโยชน์ทำให้นักเรียนเกิดการยอมรับและเกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี

วิธีการสอนแบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (Predict Observe Explain: POE)

1. แนวคิดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

วิธีการสอนแบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี จึงจำเป็นต้องสร้างความสนใจและความสงสัยให้กับนักเรียนซึ่งการสร้าง ความสงสัยควรจะสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันหรือความคิดเดิมของนักเรียน จึงจะเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้ (โชคชัย ยืนยง, 2561)

White & Gunstone (1992) กล่าวถึงวิธีการสอนแบบ Predict - Observe - Explain (POE) ว่าเป็นการตรวจสอบความเข้าใจโดยนักเรียนต้องทำตามขั้นตอนให้สำเร็จ 3 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 ต้องทำนายเหตุการณ์และต้อง



ให้เหตุผลประกอบการทำนาย จากนั้นต้องทำ ขั้นที่ 2 คือ ต้องสังเกต และบรรยายในสิ่งที่สังเกตเห็นว่ามีอะไรเกิดขึ้น จากนั้นขั้นที่ 3 ต้องอธิบายเหตุผลทั้งที่เป็นไปในทางเดียวกันหรือขัดแย้งกันระหว่างการทำนายและการสังเกต

Wu & Tsai (2005) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบ Predict - Observe - Explain (POE) เป็นยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวกับการทำนายผล การสาธิต และอภิปรายผลที่นักเรียนทำนายกับการสังเกต การสาธิต และการอภิปรายผลที่สอดคล้องตรงกันระหว่างการทำนายผลการสังเกต อาจแสดงความรู้เดิม และเกิดการเรียนรู้ใหม่กับสิ่งที่นักเรียนได้สังเกต เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนและมีการเจรจาต่อรองในการเรียนรู้ใหม่ of นักเรียน

Haysom & Bowen (2010) กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบ Predict - Observe - Explain (POE) เป็นการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ที่เน้นการทำทนายให้ผู้เรียนเกิดการมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียน เนื่องจากการจัดการสอนวิทยาศาสตร์แบบบรรยายอย่างเดียวนั้นเป็นการทำให้ผู้เรียนอยู่สถานะ “พยาน” นั่นคือแค่ผ่านมาเห็นเหตุการณ์ ดังนั้นความเข้าใจและทัศนคติอาจแตกต่างไปจาก “ผู้ที่อยู่ในเหตุการณ์” อย่างแท้จริง

นัชชา แดงงาม (2556) กล่าวว่า การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีทำนาย สังเกต อธิบาย (POE) จึงเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้อีกรูปแบบหนึ่งที่ครูนำมาใช้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสได้รับประสบการณ์จากสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้น โดยที่ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่โดยอาศัยความรู้จากประสบการณ์เดิมและปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น ซึ่งความรู้ที่ได้นักเรียนจะสร้างขึ้นด้วยตัวนักเรียนเอง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีทำนาย สังเกต อธิบาย (POE) ทำให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดของตนเองออกมาอย่างเป็นขั้นตอน

พัชรพรินทร์ เกลี้ยงนวล (2556) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบ POE หมายถึง การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ฝึกให้นักเรียนคิด ทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้น หรือเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยใช้เหตุผล จากนั้นทำการสังเกต หรือทดลอง หรือหาข้อพิสูจน์สถานการณ์ดังกล่าว โยนักเรียนต้องบอกสิ่งที่สังเกตได้ และอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ได้จากการทำนายและการสังเกต โดยการสอนครูเป็นผู้กำหนดสถานการณ์ปัญหา

ทองคุณ จันทร์สิงห์ (2558) กล่าวว่า วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบ ทำนาย สังเกต อธิบาย (POE) เป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เกี่ยวกับการนำความรู้เดิมมาเป็นพื้นฐานในการสร้างความรู้ใหม่ด้วยตัวผู้เรียนเอง และจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดที่มีมาก่อนให้ตรงตามแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับของสังคมวิทยาศาสตร์ในขณะนั้น

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบ ทำนาย - สังเกต - อธิบาย (POE) หมายถึง การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ฝึกให้นักเรียนคิด ทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้น หรือเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยใช้เหตุผล และอาศัยการสังเกต พื้นความรู้และประสบการณ์ จากนั้นทำการสังเกตโดยที่ผู้เรียนต้องลงมือทดลอง พิสูจน์สังเกตหาคำตอบเกี่ยวกับการทดลองกิจกรรมและสถานการณ์ปัญหา และสุดท้าย ผู้เรียนต้องเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ผู้เรียนได้ทำนายไว้กับผลการทดลอง คำตอบที่ได้จากการทดลองนั้นเหมือนหรือแตกต่างจากสิ่งที่ทำนายไว้เพราะเหตุใด ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะเกิดความขัดแย้งระหว่างสิ่งที่ทำนายกับผลการทดลองซึ่งจะนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุงความคิดขึ้นมาใหม่ตามทฤษฎีจากประสบการณ์ที่ได้รับจากการทดลอง



2. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ดังนี้

White & Gunstone (1992) เสนอขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้น Predict (P) ขั้นทำนายผล เป็นขั้นตอนให้ผู้เรียนทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา
2. ขั้น Observe (O) ขั้นสังเกต เป็นขั้นตอนการหาคำตอบโดยทำการทดลองการสังเกตการณ์ในการทำกิจกรรม การสืบค้นข้อมูลและใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์หรือปัญหานั้น ๆ
3. ขั้น Explain (E) ขั้นอธิบาย เป็นขั้นอธิบายผลจากขั้นตอนการทำนายและการสังเกตและหาคำตอบว่าเหมือนหรือต่างกันอย่างไร โดยให้เหตุผลประกอบ

Haysom & Bowen (2010) เสนอลำดับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธี POE 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นแนะนำและสร้างแรงกระตุ้น (Orientation and motivation) เป็นขั้นตอนเริ่มต้นด้วยสร้างประสบการณ์ของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับการทดลองที่กำลังจะได้ปฏิบัติต่อไป ขั้นตอนนี้เป็นการช่วยให้ผู้เรียนได้แสดงความเข้าใจหรือประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดของการทดลอง
2. ขั้นแนะนำการทดลอง (Introducing the experiment) เป็นขั้นตอนที่แนะนำการทดลองที่จะได้ปฏิบัติแต่ยังมีได้ลงมือปฏิบัติหรือเป็นการสาธิตนั่นเอง โดยพยายามเชื่อมโยงการทดลองกับความรู้ที่ได้เกริ่นแล้วให้เกิดความหมายที่สมบูรณ์
3. ขั้นทำนาย (Predict) เป็นขั้นตอนให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนแนวคิดหรือนำเสนอแนวคิดของตนเองก่อนเริ่มการทดลองลงในใบบันทึก (worksheet) โดยทำนายว่าผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร ในขั้นตอนนี้มีความสำคัญต่อทั้งผู้สอนและผู้เรียน โดยผู้เรียนจะได้รวบรวมความคิดและเกิดความตระหนักคิด
4. ขั้นอภิปรายผลการทำนาย (Discussing their predict) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแลกเปลี่ยนผลการทำนายเพื่อทำการอภิปรายในชั้นเรียน โดยใช้กระดาน หรือ SMART board เพื่อนำเสนอผลการทำนายและเหตุผลที่ใช้ในการทำนายดังกล่าว ในขั้นตอนนี้ผู้สอนต้องกระตุ้นให้เกิดแรงผลักดันในการส่งเสริมการให้ข้อมูลและไม่ให้ผู้เรียนเกิดความวิตกกังวลหรือรู้สึกว่าการทำนายของตนนั้นด้อยค่าและให้อภิปรายเพื่อเลือกการทำนายที่ดีที่สุด ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้พิจารณาทบทวนแนวคิดของตนเองอีกครั้ง
5. ขั้นสังเกตการณ์ (Observation) เป็นขั้นตอนของการทดลองเพื่อให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติแต่หากเป็นการสาธิตควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม จากนั้นให้ผู้เรียนเขียนบันทึกจากการสังเกตการณ์
6. ขั้นอธิบาย (Explanation) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนแสดงแนวคิดของตนเองผ่านการพูดคุยและเขียนหรือเป็นการที่ผู้เรียนสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนร่วมชั้นเรียนเกี่ยวกับสิ่งที่ได้สังเกตก่อนที่จะลงมือเขียนอธิบาย เมื่อผู้เรียนอธิบายเสร็จควรทำการอภิปรายหน้าชั้นเรียนอีกครั้ง
7. ขั้นเสนอการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Providing the scientific explanation) เป็นการแนะนำและอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อาจขึ้นต้นประโยคว่า “นักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันได้คิดว่า...” ซึ่งเป็นประโยคที่ดีกว่าที่ขึ้นต้นว่า “การอธิบายที่ถูกต้องคือ” และให้ผู้เรียนตรวจสอบความเหมือนและความแตกต่างโดยการอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์
8. ขั้นติดตามผล (Follow-up) เป็นขั้นติดตามผลเพื่อให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ความรู้ที่ได้ไปใช้อธิบายเหตุการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน



นำค้ำจั้นเสริม (2551) การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบ Predict - Observe - Explain (POE) มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ขั้นตอนของการ Predict คือ จะเป็นการทำนายว่าผลที่จะเกิดจากการทดลอง กิจกรรม และสถานการณ์ที่กำหนดให้จะเป็นอย่างไรบ้าง โดยที่นักเรียนจะต้องให้เหตุผลเกี่ยวกับการทำนาย ของนักเรียนประกอบด้วย

2. ขั้นตอนของการ Observe เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องลงมือทดลอง/พิสูจน์หาคำตอบ เกี่ยวกับการทดลองกิจกรรมและสถานการณ์ปัญหา

3. ขั้นตอนของการ Explain เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะเกิดความขัดแย้งขึ้นระหว่าง สิ่งที่ทำนายและผลจากการคำนวณหาคำตอบเกี่ยวกับการทดลอง กิจกรรมและสถานการณ์ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องอธิบายให้ได้ว่า ถ้าคำตอบที่ได้จากการทดลอง กิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหา ไม่เป็นไปตามที่ทำนายผลไว้ในขั้นแรกเพราะอะไร และในกรณีที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ด้วยตนเอง นักเรียนจะต้องร่วมมือกับเพื่อนเพื่อหาคำตอบ

กระทรวงศึกษาธิการ (2554) กล่าวถึง วิธีสอนแบบ Predict - Observe - Explain (POE) สามารถช่วยให้นักเรียนสำรวจและค้นหา (Explore) และหาเหตุผลมาอธิบายเกี่ยวกับความคิดของตนให้ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอน Predict และ การให้เหตุผลในกรณีที่เกิดการทดลองที่ได้ขัดแย้งกับคำทำนาย นักเรียนจะต้องสร้างและแก้ไขปรับปรุง ความคิดใหม่ให้ถูกต้องตามความเป็นจริงหรือตามแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้อธิบายวิธีสอนแบบ Predict - Observe - Explain (POE) มีขั้นตอนดังนี้

1. การทำนาย (Predict) ก่อนลงมือทำกิจกรรม ให้ผู้เรียนทำนายว่า จะเกิดอะไรขึ้น ในกิจกรรมที่สังเกต พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น (การเดาโดยไร้เหตุผล เป็นสิ่งที่ไม่มีความหมายหากจะใช้วิธีสอนแบบนี้)

2. การสังเกต (Observe) ให้นักเรียนลงมือสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นโดยละเอียด และบันทึกผล (การสังเกตโดยไม่มีกรบันทึกผล หรือการจดจำเพียงอย่างเดียวไม่จัดว่าเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

3. การอธิบายผล (Explain) ให้ผู้เรียนอธิบายความแตกต่างระหว่างสิ่งที่ทำนายไว้และ สิ่งที่เกิดขึ้นจริง พร้อมทั้งให้เหตุผล วิธีสอนแบบ Predict - Observe - Explain (POE) ก็เหมือนกับวิธีสอนอื่น ๆ ถ้าผู้สอนใช้ วิธีสอนแบบ Predict - Observe - Explain (POE) อย่างสม่ำเสมอ ผู้เรียนจะมีความคุ้นเคยและเกิดการเรียนรู้ซึ่งจะทำให้การใช้วิธีสอนแบบ Predict - Observe - Explain (POE) มีประสิทธิภาพมากขึ้น

สุทธิดา รักกะเปา และเทพอักษร เพ็งพันธ์ (2557) สรุปเกี่ยวกับ ขั้นตอนของวิธีสอนแบบ Predict - Observe - Explain (POE) ไว้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการทำนาย (Predict : P) ในขั้นนี้ผู้สอนจะเริ่มต้นโดยการเปิดสื่อ วิดีโอที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหานั้น ๆ ให้นักเรียนดู แล้วตั้งคำถาม เช่น ถามว่าเกิดอะไรขึ้นในสื่อ วิดีโอ เป็นเพราะอะไร และจะเป็นอย่างไร ถ้าเปลี่ยนปัจจัยอื่น ๆ เป็นต้น และให้นักศึกษาลองทำนายผลของคำตอบ ในขั้นนี้ผู้เรียนจะทำนายผลตามความรู้เดิมที่ติดตัวมา จากนั้นลองให้นักเรียนเล่าให้เพื่อนฟัง หลังพูดคุยกัน ผู้สอนก็จะถามนักเรียนในห้องคร่าวๆ เพื่อดูว่า ผลการทำนายของนักศึกษาส่วนใหญ่ในห้องเรียนเป็นอย่างไร

2. ขั้นสังเกต (Observe : O) ผู้สอนก็เปิดสื่อวิดีโอที่จะแสดงผลของปรากฏการณ์ หรือเป็นลักษณะแนวคำตอบให้นักเรียน แล้วให้นักเรียนปรึกษากันระหว่างเพื่อน ๆ ที่นั่งใกล้กัน ผู้สอนจะคอยสอบถามว่าแต่ละคน แต่ละกลุ่มคิดเห็นอย่างไรกับสื่อวิดีโอที่ได้ดู อีกทั้งให้ผู้เรียนพยายามช่วยกันหาคำตอบ



3. ขั้นการอธิบาย (Explain : E) ผู้สอนและนักเรียนจะร่วมกันอภิปรายผลที่เห็นจากสื่อวิดีโอประกอบการสอน ผู้สอนซักถาม ให้ผู้เรียนตอบตามความสมัครใจ และเปรียบเทียบคำตอบนี้กับคำตอบจากการทำนายในตอนแรก และผู้สอนก็สรุปแนวคิดหลักเรื่องนั้นๆอีกครั้ง หลังจากนั้นจะมีการทำตัวอย่างโจทย์เพื่อขยายแนวคิด และฝึกการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดนั้น

อามีเนาะ ตาริตา (2560) สรุปว่าขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธี POE (Predict-Observe-Explain) เป็นวิธีสอนให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเองจากการลงมือปฏิบัติโดยอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในขั้นตอน 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นทำนาย (Predict: P) เป็นขั้นให้ผู้เรียนทำนายหรือคาดการณ์กับสถานการณ์ปัญหาที่ผู้สอนกำหนดขึ้น

2. ขั้นสังเกต (Observe: O) เป็นขั้นค้นหาข้อมูลหรือหาคำตอบโดยใช้วิธีการทดลอง การสาธิต หรือการสังเกตการณ์ เพื่อให้ได้คำตอบของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด

3. ขั้นอธิบาย (Explain: E) เป็นขั้นอธิบายผลระหว่างการทำนายกับผลที่เกิดขึ้นจริงว่ามีความแตกต่างหรือไม่ พร้อมให้เหตุผลประกอบ

จากขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ได้ดังนี้

1. ขั้นทำนาย (Predict: P) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องทำนายว่า การทดลองหรือสถานการณ์นั้น ๆ จะเกิดผลอย่างไร ทั้งนี้ โดยอาศัยการสังเกต พื้นฐานความรู้และ ประสบการณ์เดิม ซึ่งเป็นการคาดการณ์ล่วงหน้าโดยอาศัยทักษะทางวิทยาศาสตร์ คือทักษะการ ตั้งสมมติฐาน และทักษะการพยากรณ์

2. ขั้นสังเกต (Observe: O) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องลงมือทดลอง พิสูจน์ สังเกตหาคำตอบเกี่ยวกับการทดลองกิจกรรมและสถานการณ์ปัญหา ซึ่งในขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องใช้ ทักษะทางวิทยาศาสตร์คือทักษะการทดลอง การสังเกต การวัด และทักษะการพยากรณ์

3. ขั้นอธิบาย (Explain: E) เป็นขั้นตอนที่เกิดการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ นักเรียนได้ทำนายไว้กับผลการทดลอง ในขั้นนี้ นักเรียนต้องใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ คือ ทักษะการ ตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูลในการอธิบายให้ได้ว่าคำตอบ ที่ได้จากการทดลองนั้นแตกต่างจากสิ่งที่ทำนายไว้เพราะเหตุใด ซึ่งในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะเกิดความ ชัดแย้งระหว่างสิ่งที่ทำนายกับผลการทดลอง ซึ่งจะนำไปสู่การแก้ไข ปรับปรุงความคิดขึ้นมาใหม่ ตามทฤษฎีจากประสบการณ์ที่ได้รับจากการทดลอง

3. ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE)

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2554) กล่าวว่าวิธีสอนแบบ Predict - Observe - Explain (POE) มีประโยชน์ ดังนี้

1. การที่ผู้เรียนทำนายสิ่งที่เกิดขึ้นประกอบกับการให้เหตุผล จะทำให้ผู้สอนเข้าใจ ความคิดเดิมก่อนเรียนของผู้เรียน เป็นการสำรวจความรู้เพิ่มเติมอีกทางหนึ่ง

2. การสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นและจดบันทึก เป็นการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์



3. การอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นว่าแตกต่างจากสิ่งที่ทำนายไว้อย่างไร ทำให้ผู้เรียนตระหนักว่า ตนเองมีความรู้เดิมอย่างไร และเรียนรู้อะไรเพิ่มจากการทำกิจกรรมบ้าง

ภูสิทธิ์ จันทนา (2557) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ POE มีประโยชน์ดังนี้

1. สามารถช่วยให้ผู้สอนเข้าใจการคิดของผู้เรียนและสามารถตรวจสอบแนวคิดเริ่มแรกของนักเรียน
2. ช่วยให้ผู้สอนสามารถติดตามดูการเปลี่ยนแปลงหรือจัดแจงความคิดของนักเรียนก็จะนำไปสู่การสะท้อนผลที่แสดงความก้าวหน้าของผู้เรียน

3. ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนการคิดและให้คุณค่าต่อการเสนอแนวคิดของผู้เรียนเสมอ

สุทธิดา รักกะเปาและเทพอักษร เพ็งพันธ์ (2557) กล่าวว่า วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ Predict - Observe - Explain (POE) มีประโยชน์ดังนี้

1. มีการสำรวจความรู้เดิมที่ติดตัวผู้เรียน (Prior knowledge) ในขั้นของการทำนายซึ่งสิ่งนี้มีผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

2. สอนให้ผู้เรียนเฝ้าดูปรากฏการณ์ในชั้นสังเกต และให้อภิปรายร่วมกันในขั้นอธิบายเพื่อส่งเสริมการสร้างสรรค์ความรู้ของผู้เรียน

3. การสอนนี้เหมาะที่จะใช้ในห้องเรียนทั้งขนาดเล็กและใหญ่

4. การสอนนี้สามารถใช้ร่วมกับวิธีการสอนแบบอื่น ๆ ได้ง่ายทั้งการบรรยายและการทดลอง

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ได้ดังนี้

1. วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) สามารถช่วยให้นักเรียนสำรวจและค้นหาเหตุผลมาอธิบายเกี่ยวกับความคิดของตนเองให้ได้

2. การให้เหตุผลในกรณีที่ผลการทดลองมีความขัดแย้งกับคำทำนายนักเรียนจะต้องสร้างและแก้ไขปรับปรุงความคิดขึ้นมาใหม่ให้ถูกต้องตามความเป็นจริง

3. ทำให้ผู้สอนเข้าใจ ความคิดเดิมก่อนเรียนของผู้เรียน เป็นการสำรวจความรู้เพิ่มได้อีกทางหนึ่ง

4. วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) สามารถใช้ร่วมกับวิธีการสอนแบบอื่น ๆ ได้ง่ายทั้งการบรรยายและการทดลอง

ตัวอย่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่ส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์

ในหัวข้อนี้จะยกตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้อธิบายโดยใช้วิธีการสอนแบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ที่พัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของไหลสถิต จากงานวิจัยของ ยศธร บรรเทิง (2556) และ เรื่อง สภาพยืดหยุ่นของของแข็ง จากงานวิจัยของ ทองคุณ จันทรสิงห์ (2558) โดยมีกิจกรรมดังต่อไปนี้



1. ตัวอย่างกิจกรรมในหัวข้อย่อย เรื่อง ความดันและความหนาแน่น

ขั้นทำนาย (Predict)

ครูนำของเหลว 3 ชนิด ได้แก่ น้ำ น้ำเกลือ และกลีเซอริน พร้อมทั้งอุปกรณ์ ได้แก่ แมนอมิเตอร์ และกระบอกตวงมาแสดงให้นักเรียนดู แล้วให้นักเรียนทำนายว่า “เมื่อจุ่มหลอดแก้วลงในของเหลวต่างชนิดกัน ที่ระดับความลึกเท่ากัน สเกลอ่านค่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะเหตุใด” (โดยให้นักเรียนทำนายและอธิบายเหตุผลประกอบเป็นรายบุคคล จากนั้นให้นักเรียนทำนายและอธิบายเหตุผลประกอบเป็นรายกลุ่ม ลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่แจกให้ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นโดยยังไม่เน้นถูกผิด) ใช้เวลา 10 นาที

ขั้นสังเกต (Observe)

ครูให้นักเรียนศึกษาและปฏิบัติการทดลองตามใบกิจกรรมที่ 2.2 เป็นเวลา 30 นาที โดยครูคอยให้คำแนะนำและอธิบายเพิ่มเติมขณะที่นักเรียนปฏิบัติการทดลอง

ขั้นอธิบาย (Explain)

ครูสุ่มให้นักเรียน 1-2 กลุ่มอธิบายผลที่นักเรียนทำการศึกษา และปฏิบัติการทดลอง จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับความดันกับความหนาแน่น หลังจากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติม “ของเหลวที่มีความหนาแน่นมาก จะมีความดันมาก ส่วนของเหลวที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีความดันน้อย หรือความดันแปรผันตรงกับความหนาแน่น ($P \propto \rho$)” ใช้เวลา 20 นาที

2. ตัวอย่างกิจกรรมในหัวข้อย่อย เรื่อง แรงลอยตัว

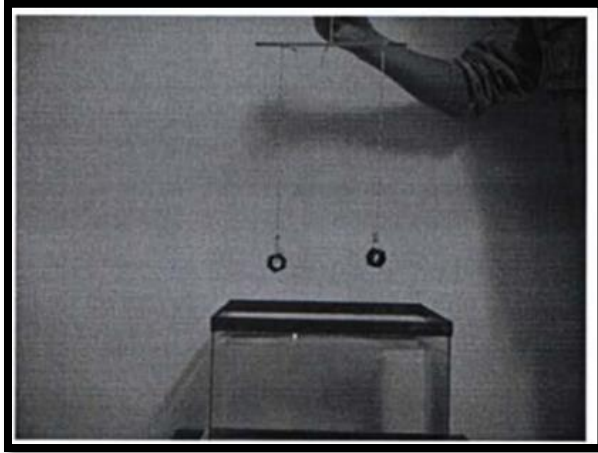
ขั้นทำนาย (Predict)

ครูนำอุปกรณ์ ได้แก่ นี้อต เชือกเบา ไม้ ภาชนะบรรจุน้ำมาแสดงให้นักเรียนดู จัดอุปกรณ์ดังภาพที่ 1 แล้วให้นักเรียนทำนายว่า “ลักษณะคานไม้จะเป็นอย่างไร เมื่อจุ่มนี้อตลงที่ละข้าง และจุ่มนี้อต ลงทั้งสองข้างพร้อมกัน เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น” (โดยให้นักเรียนทำนายและอธิบายเหตุผลประกอบเป็นรายบุคคล จากนั้นให้นักเรียนทำนายและอธิบายเหตุผลประกอบเป็น รายกลุ่ม ลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่แจกให้ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นโดยยังไม่เน้นถูกผิด) ใช้เวลา 10 นาที

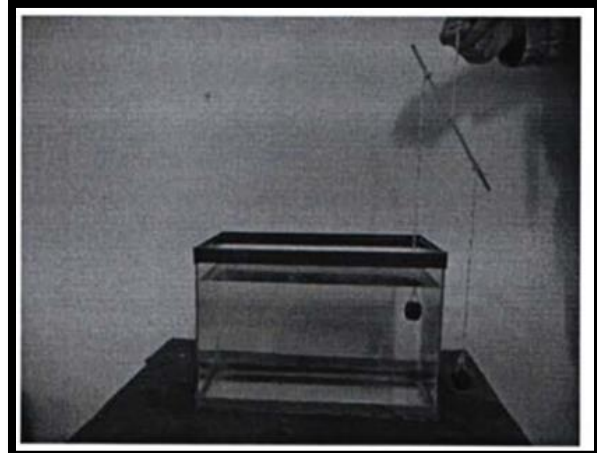
ขั้นสังเกต (Observe) ครูแจกใบกิจกรรม ใบความรู้ให้นักเรียนศึกษาและปฏิบัติการทดลองตามใบกิจกรรม เป็นเวลา 30 นาที โดยครูคอยให้คำแนะนำและอธิบายเพิ่มเติมขณะที่นักเรียนปฏิบัติการทดลอง ดังภาพ

ขั้นการอธิบาย (Explain)

ครูสุ่มให้นักเรียน 1-2 กลุ่มอธิบายผลที่นักเรียนทำการศึกษา และปฏิบัติการทดลอง จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับแรงลอยตัวในของเหลว หลังจากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติม “เมื่อวัตถุอยู่ในของเหลวจะมีแรงยกหรือแรงพยุงมากระทำเนื่องจากของเหลวนั้นส่งแรงดันกระทำต่อวัตถุ



ภาพที่ 1: ลักษณะการผูกเชือกกับน้ำหนักและคานไม้ โดยจัดให้สมดุลกัน



ภาพที่ 2 : การหย่อนน้ำหนักลงในน้ำที่ละข้าง เพื่อสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของคาน

ใบกิจกรรมที่ 2.2

เรื่อง ความดันและความหนาแน่น

จุดประสงค์

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับความหนาแน่นของของเหลว เมื่อความลึกมี

คำคงตัว

อุปกรณ์

1. แมนอมิเตอร์ (เครื่องวัดความดัน)
2. น้ำ น้ำเกลือ กลิเซอริน
3. กระบอกตวง

คำถาม นักเรียนคิดว่า จะเกิดอะไรขึ้น (สเกลอ่านค่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร) เมื่อจุ่มหลอดแก้วลงในของเหลวต่างชนิดกัน ที่ระดับความลึกเท่ากัน

ทำนาย/อธิบาย

.....
.....
.....

ภาพที่ 3 : ตัวอย่างใบกิจกรรม เรื่องความดันและความหนาแน่น



ใบกิจกรรมที่ 3.1
เรื่อง แรงลอยตัวของเหลว 1

จุดประสงค์
สังเกตว่ามีแรงชนิดหนึ่งอยู่ในของเหลว

อุปกรณ์

1. นี้อค
2. เชือกเบา
3. ไม้
4. ภาชนะบรรจุน้ำ
5. ตาชั่ง

คำถาม ลักษณะคานไม้จะเป็นอย่างไร เมื่อจุ่มนี้อคลงทีละข้าง และจุ่มนี้อคทั้งสองข้างพร้อมกัน

ทำนาย/อธิบาย

.....

.....

.....

ภาพที่ 4 : ตัวอย่างใบกิจกรรม เรื่องแรงลอยตัว

3. ตัวอย่างกิจกรรมในหัวข้อย่อย เรื่อง สภาพยืดหยุ่นของของแข็ง

1. ขั้นทำนาย (Predict)

1.1 ครูนำเสนอ วัสดุต่าง ๆ เมื่อถูกแรงกระทำจะมีการเปลี่ยนสภาพมีลักษณะ 2 แบบคือ สภาพยืดหยุ่น และสภาพพลาสติก จากสถานการณ์ที่กำหนดให้แต่ละข้อวัสดุการมีเปลี่ยนสภาพแบบใด

1.2 ครูแจกใบงานที่ 1 เรื่อง สภาพยืดหยุ่นของของแข็ง และให้นักเรียนเขียนคำทำนายจากสถานการณ์ที่กำหนดให้แต่ละข้อวัสดุมีการเปลี่ยนสภาพแบบใด ใช้เวลา 10 นาที



ใบงานที่ 1 เรื่อง สภาพยืดหยุ่นของของแข็ง

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

1. ให้นักเรียนทำนายคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

1) ถ้านำวัสดุบางชนิด เช่น ลวดทองแดง มายืดปลายข้างหนึ่งไว้ จากนั้นออกแรงดึงปลายข้างหนึ่งไปตามแนวยาว (1) วัสดุจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร (2) เมื่อหยุดออกแรงดึงวัสดุจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....
.....
.....

2) ถ้าลวดทองแดง ถูกแรงดึงแล้วยืดออก จะสามารถกลับรูปร่างเดิมได้เองหรือไม่ อย่างไร

.....
.....
.....

ภาพที่ 5 : ตัวอย่างใบงาน เรื่องสภาพยืดหยุ่นของของแข็ง

2. ขั้นสังเกต (Observe)

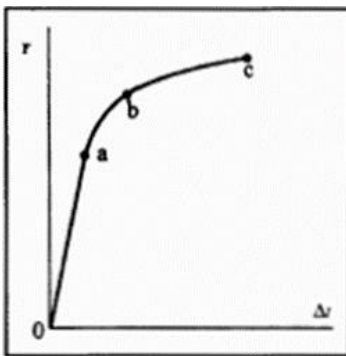
2.1 ครูให้นักเรียนทำการทดลองเรื่องสภาพยืดหยุ่นของของแข็ง โดยแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 6 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มรับอุปกรณ์การทดลอง

2.2 ครูสุ่มกลุ่มตัวแทนประมาณ 1-2 กลุ่ม นำเสนอผลการทดลอง

2.3 ครูสุ่มกลุ่มตัวแทนประมาณ 1-2 กลุ่ม วิพากษ์ผลการนำเสนอผลการทดลองของกลุ่มที่เป็นตัวแทนที่ครูได้สุ่มนำเสนอแล้ว

2.4 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับข้อสรุปจากการทดลองโดยครูให้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด

2.5 นักเรียนควรได้ข้อสังเกตจากกราฟเมื่อกำหนดจุดต่าง ๆ ดังนี้



ลักษณะของเส้นกราฟ	ลักษณะการยืดของวัตถุ
1. ช่วงกราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรงให้เป็น 0a	1. ยืดออกเมื่อใส่แรง และเมื่อเพิ่มแรงระยะยืดออกก็เพิ่มขึ้นตาม เป็นอัตราส่วนคงที่ เมื่อหยุดใส่แรงจะหดกลับสภาพเดิมความยาวเท่าเดิม
2. ช่วงกราฟเริ่มไม่เป็นเส้นตรง ให้เป็น ab	2. ระยะที่ยืดออกกับแรงที่กระทำไม่เป็นอัตราส่วนคงที่ แต่เมื่อหยุดใส่แรงจะหดกลับสภาพเดิมความยาวเท่าเดิมได้
3. ช่วงกราฟไม่เป็นเส้นตรง ให้เป็น bc	3. ระยะที่ยืดออกกับแรงที่กระทำไม่เป็นอัตราส่วนคงที่ และเมื่อหยุดใส่แรงจะไม่หดกลับสภาพเดิม ทำให้ความยาวมากกว่าเดิม

3. ชั้นอธิบาย (Explain)

3.1 ครูตั้งคำถาม แต่ละช่วงของกราฟมีความหมายอย่างไรและจุดที่อยู่บนกราฟมีชื่อเรียกว่าอะไร

3.2 ครูและนักเรียน ร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปว่า

ช่วง 0a เป็นช่วงที่แรงและระยะที่ยืดออกแปรผันตรงเป็นไปตามกฎของฮุก และเรียกจุด a ว่าขีดจำกัดแปรผันตรง

ช่วง ab แรงและระยะที่ยืดออกไม่แปรผันตรง แต่วัสดุยังยืดหดได้เหมือน 0a และเรียกจุด b ว่าขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น บอกถึงแรงมากที่สุดที่สามารถหดได้ หรือระยะยืดมากที่สุดที่สามารถหดได้

ดังนั้น ช่วง 0b วัตถุมีการผิดรูปแบบยืดหยุ่นหรือมีสภาพยืดหยุ่น คือ มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อมีแรงกระทำ และกลับสภาพเดิมได้เมื่อไม่มีแรงกระทำ

ช่วง bc แรงและระยะที่ยืดออกไม่แปรผันตรง และวัสดุไม่สามารถหดกลับสภาพเดิมได้ และเรียกจุด c ว่าจุดแตกหักเมื่อออกแรงจนวัตถุยืดเลยจุด c วัตถุนั้นจะขาด

3.3 ครูให้นักเรียน นำผลที่ได้จากการทดลอง มาอธิบายและตอบคำถาม ในงานที่ 1 จดได้ข้อสรุปที่เป็นคำตอบของคำถามและเปรียบเทียบจากที่ทำนายไว้ และสามารถนำผลที่ได้อธิบายวัสดุที่มีสภาพยืดหยุ่นได้อย่างไร วัสดุที่มีสภาพยืดหยุ่นสามารถมีสภาพพลาสติกได้ถ้าออกแรงเกินขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น



สรุป

วิธีการสอนแบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) เป็นการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ (constructivism) ที่เชื่อว่าผู้เรียนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจ ประสบการณ์เกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างมาแล้วไม่มากนักน้อย (prior knowledge) ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเองโดยการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับกับความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์ที่มีอยู่แล้ว และเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี จึงจำเป็นต้องสร้างความสนใจและความสงสัยให้กับนักเรียน ซึ่งการสร้าง ความสงสัยควร จะสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันหรือความคิดเดิมของนักเรียน จึงจะเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้ จะส่งเสริมให้นักเรียนได้คิด และอภิปรายเกี่ยวแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยเริ่มจากให้นักเรียนทำนาย ปรากฏการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นก่อนแล้วจึงหาวิธีการสังเกตเหตุการณ์นั้น ๆ ซึ่งเป็นการพิสูจน์ว่าสิ่งที่นักเรียนได้ ทำนายไว้ซึ่งในขั้นนี้นักเรียนได้ฝึกการทำงานอย่างนักวิทยาศาสตร์ ได้มีการวางแผนทำการทดลองออกแบบการ ทดลองเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นโดยนักเรียนจะต้องใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบ เสาะหาความรู้ทั้งการสังเกต การสร้างสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การลงมือทดลองซึ่งเป็นขั้นตอนในการ สืบเสาะหาความรู้ เมื่อสังเกตผลแล้วนักเรียนต้องทำการอธิบายผลการทดลองที่ได้ว่าผลการทดลองเป็นอย่างนั้น เพราะอะไร พร้อมกับเปรียบเทียบความเหมือนหรือแตกต่างระหว่างการทำนายกับผลการสังเกต ซึ่งการ เปรียบเทียบก็จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อีกครั้งหนึ่ง

กล่าวโดยสรุป วิธีการสอนแบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) มี 3 ขั้นตอนใหญ่ด้วยกัน คือ 1) ขั้นทำนาย เป็นขั้น ที่ให้นักเรียนทำนายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นพร้อมกับให้เหตุผลประกอบคำทำนายด้วย 2) ขั้นสังเกต เป็น ขั้นที่นักเรียนต้องลงมือทำการทดลอง หรือพิสูจน์หาคำตอบของสิ่งที่ทำนายไว้ในตอนแรก 3) ขั้นอธิบาย เป็นขั้นที่ นักเรียนต้องเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่ นักเรียนได้ทำนายไว้กับผลการทดลอง ในขั้นนี้นักเรียนต้องใช้ทักษะทาง วิทยาศาสตร์ คือ ทักษะการ ตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูลในการอธิบายให้ ได้ว่าคำตอบ ที่ได้จากการทดลองนั้นแตกต่างจากสิ่งที่ทำนายไว้เพราะเหตุใด ซึ่งในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะเกิดความ ชัดแย้งระหว่างสิ่งที่ทำนายกับผลการทดลอง ซึ่งจะนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุงความคิดขึ้นมาใหม่ ตามทฤษฎีการ ประสบการณ์ที่ได้รับจากการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค .POE (Predict – Observe – Explain).

กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ. สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2565, จาก

http://researcher.msu.ac.th/rds/rdsadmin/researcher_pdf/41-

[_27-04-2012%20_10-45.pdf](http://researcher.msu.ac.th/rds/rdsadmin/researcher_pdf/41-27-04-2012%20_10-45.pdf).

เกรียงไกร ทานะเวช. (2557). การพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง สนามของแรงแม่เหล็ก-ไฟฟ้า โดยใช้กิจกรรม การทดลองอย่างง่ายร่วมกับสื่อมัลติมีเดีย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

โชคชัย ยืนยง. (2561). ยุทธวิธีการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น: หจก. ขอนแก่นการพิมพ์.



- ตรีคุณ โปธิ์หล้า. (2554). การศึกษาแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2
โรงเรียนในศูนย์พัฒนาคุณภาพการศึกษานาทองหนองบัว สำนักงานเขต
พื้นที่การ ประถมศึกษา มหาสารคาม เขต 3. ปริญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาหลักสูตร และการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ทองคุณ จันทรสิงห์. (2558). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้วยชุดทดลอง เรื่อง
สภาพยืดหยุ่นของของแข็งร่วมกับเทคนิคการสอนแบบ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย.
วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์. (2558). แนวคิดทางเลือกของนักเรียนในวิชาฟิสิกส์. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัย
นเรศวร, 17(4): 202-209.
- นัชชา แดงงาม. (2556). ประสิทธิภาพของเทคนิคการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย ร่วมกับการ
การสาธิตอย่างง่ายเพื่อเพิ่มความคิดรวบยอด เรื่องการเคลื่อนที่แบบหมุน.
วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- พัชรวรินทร์ เกลี้ยงนวล. (2556). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบ Predict-Observe-Explain (POE)
ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.
วิทยานิพนธ์ ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- พิกุล ชูรัตน์. (2558). การพัฒนาความเข้าใจแนวคิด เรื่อง ของไหล ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ
ทำนาย-สังเกต-อธิบาย. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะ
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ภูสิทธิ์ จันทนา. (2557). การประยุกต์ใช้แผงต่อสายไฟแทนโพรโตบอร์ดเพื่อพัฒนาความเข้าใจ
แนวคิดเรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ยศธร บันเทิง. (2556). การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องของไหลสถิตโดยใช้วิธีการสอน
แบบ โดยใช้วิธี PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN (POE). วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- วันเพ็ญ บุรณสุข. (2555). การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 1. ปริญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตร และการสอน
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์.



- วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2540). การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว).
- ศิรินันท์ สิงห์วะราช. (2555). การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการสืบเสาะเป็นฐานเรื่องการค้ารงชีวิตของพืชสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. ปรินญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์.
- ศศิเทพ ปติพรเทพิน, สุรเดช ศรีธา, กฤษณา โมคพันธ์ และกฤษณา ชินสิญจน์. (2555). การส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องการแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการสร้างภาพเคลื่อนไหว. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น., 2(1): 115-130.
- สุทธิดา รักกะเปา และเทพอักษร เพ็งพันธ์. (2557). การเพิ่มความเข้าใจแนวคิดรวบยอดเรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันของนักศึกษาโดยวิธีการสอนแบบทำนาย - สังเกต - อธิบาย (POE). ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อามีเนาะ ตาริตา. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานร่วมกับกลวิธี POE ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- Haysom J. & Bowen M. (2010). **Predict-Observe-Explain Activities Enhancing Scientific Understanding**. Texas: The National Science Teachers Association.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science Education**, 66: 211-227.
- Seyway, R. A., & Jewett, J. W. (2014). **Physics for scientists and engineers with modern Physics**. Boston: Cengage Learning.
- White, R. T & Gunstone, R. F. (1992). **Probing Understanding**. London: Falmer Press.
- Wu, T. Y & Tsai, C. C. (2005). Effects of Constructivist – Oriented Instruction on Elementary School Students Cognitive Structures. **Journal of Biology Education**, 39(3): 113-119.