

การใช้การรู้คิดเพื่อเติมเต็มการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ

Using Metacognition to Fulfill Inquiry Approach in Science Learning

Received : 2022-01-26

Revised : 2022-04-18

Accepted : 2022-10-05

ผู้วิจัย ฉันทชัย จันทะเสน¹

Chunchai Juntasen¹
chunchai@msu.ac.th

บทคัดย่อ

การเรียนรู้แบบสืบเสาะ เป็นยุทธวิธีในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ครูวิทยาศาสตร์นิยมใช้ แต่ปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เกิดจากการที่นักเรียนมีแนวความคิดเดิมอยู่ก่อนแล้ว และส่วนมากแตกต่างไปจากแนวความคิดของนักวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งขัดขวางการเรียนรู้ที่มีความหมาย และยากที่จะแก้ไขเปลี่ยนแปลง นอกไปจากนั้นในระหว่างทำการทดลอง นักเรียนทำการทดลองอย่างไม่มีเป้าหมาย ไม่รู้ว่าการทดลองไปเพื่ออะไร ซึ่งทำให้นักเรียนไม่ได้รับประสบการณ์เช่นเดียวกับที่นักวิทยาศาสตร์ได้รับ การรู้คิดน่าจะเป็นเทคนิคหนึ่งที่จะช่วยในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้บรรลุเป้าหมาย การรู้คิด เป็นความสามารถในการตรวจสอบการคิดของตนเอง รู้และเข้าใจว่าตัวเองรู้อะไร และไม่รู้อะไร ดังนั้นหากบุคคลใดมีการรับรู้และเข้าใจอย่างชัดเจนในการรู้คิดของตนเองหรือการมีความตระหนักรู้ในการรู้คิดอยู่ในตนเอง ก็จะสามารถกำกับตนเองให้ไปสู่เป้าหมายได้ ในบทความนี้ จะแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการรู้คิดที่จะช่วยเติมเต็มในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ซึ่งการรู้คิดช่วยในการพัฒนาการเรียนวิทยาศาสตร์ และเป็นประโยชน์ในเรื่องประสิทธิภาพในการรับรู้และการเข้าใจ การรู้คิดยังสามารถประยุกต์และขยายแนวความคิดและเพิ่มทักษะความคิดที่ยาก ๆ ได้

คำสำคัญ : การเรียนรู้แบบสืบเสาะ, การรู้คิด, การเรียนรู้วิทยาศาสตร์

Abstract

The inquiry approach is a learner-centered instruction strategy that allows learners to independently create a body of knowledge. It is a common practice among science teachers. A typical problem in science teaching is that learners usually have a fixed set of prior knowledge, which may differ from scientists. This issue is a significant obstacle to learning and challenging to change. In addition, learners tend to perform experiments without a clear purpose. More precisely, they do not know the objectives of the experiments. As a result, learners do not acquire experience the same way scientists do. Metacognition could be an alternative technique that facilitates science learning to achieve the goals. Metacognition allow students to review their thinking and realize what they know and what they do not. Therefore, if students have a clear

¹ อาจารย์ ดร. โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
Ph.D, Mahasarakham University Demonstration School (Secondary), Education Faculty, Mahasarakham University

understanding and awareness of their knowledge, they can regulate themselves toward the learning goals. This article demonstrates the significance of metacognition in science learning using the inquiry approach, which will benefit science learning and the efficacy of knowledge acquisition and understanding while broadening the application and finding complicated solutions.

Keywords: Inquiry Approach, Metacognition, Science Learning

บทนำ

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน จัดวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาพื้นฐานที่นักเรียนต้องเรียนเพื่อให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาท หรืออิทธิพลของวิทยาศาสตร์ต่อตนเอง สังคม และประเทศชาติ โดยเน้นการพัฒนาให้นักเรียนมีความแตกฉานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2545; Bybee and others, 1991, pp.143–155) เป้าหมายในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียน ทั้งความคิดขั้นพื้นฐาน ความคิดขั้นกลาง และความคิดขั้นสูง (High-ordered Thinking) มุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นผู้เรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด (กรมวิชาการ, 2545) ตามแนวทฤษฎีกลุ่มสร้างสรรค์ความรู้ (Constructivism) ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2540) และทฤษฎีสติปัญญาของ Piaget (Renner and Phillips, 1980, pp. 183–190) โดยในการเรียนรู้ของนักเรียนนั้น นักเรียนจะมีความรู้เดิมอยู่ก่อนแล้ว (Prior Knowledge) แล้วนำสิ่งเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ในการเรียนรู้สิ่งที่ครูสอน และเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ เพื่อสร้างแนวความคิดใหม่ขึ้นมา

การเรียนรู้แบบสืบเสาะ เป็นยุทธวิธีในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของกลุ่มสร้างสรรค์ความรู้ (Constructivism) นักจิตวิทยาการเรียนรู้มีความเชื่อว่าการเรียนรู้นั้นนักเรียนจะมีความรู้เดิม (Prior Knowledge) มีมโนคติ หรือมีแนวความคิดเดิมอยู่ก่อนแล้ว (Preconception) แล้วนำสิ่งเหล่านี้มาใช้ในการเรียนรู้สิ่งใหม่ หรือสร้างแนวความคิดใหม่ ความเชื่อดังกล่าวมีอิทธิพลต่อการวิจัยในการจัดการเรียนการสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาวิจัยพบว่า (Orborne and Wittrock, 1983, pp. 489–490) ปัญหาในการสอนวิทยาศาสตร์ เกิดจากการที่นักเรียนมีความรู้อยู่ก่อนแล้ว หรือมีแนวความคิดอยู่ก่อนแล้ว และส่วนมากแตกต่างไปจากแนวความคิดของนักวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งขัดขวางการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และยากที่จะแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้โดยการใช้วิธีการสอนแบบปกติทั่วไป นอกไปจากนั้นการทำกิจกรรมในห้องเรียนด้วยตนเองของนักเรียนโดยใช้ยุทธวิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ก็ไม่สามารถยืนยันได้ว่า นักเรียนมีความเข้าใจในวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริงได้ เมื่อนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างแนวความคิดที่เกิดขึ้นกับประสบการณ์หรือความรู้เดิมที่มีอยู่เข้าด้วยกัน และจากรายงานการวิจัยยังพบว่า นักเรียนทำการทดลองอย่างไม่มีเป้าหมาย ไม่รู้ว่าการทดลองไปเพื่ออะไร ซึ่งทำให้นักเรียนไม่ได้รับประสบการณ์เช่นเดียวกับที่นักวิทยาศาสตร์ได้รับ นักเรียนได้รับผลการทดลองตามปรากฏในหนังสือเรียนหรือตามที่ครูคาดหวังไว้ แต่นักเรียนไม่รู้ว่าจะได้เรียนรู้อะไร การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ยังไม่สะท้อนสภาพความเป็นจริงของกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อจำกัดต่อการพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ นักเรียนยังไม่เข้าใจลักษณะสำคัญของการเรียนรู้แบบสืบเสาะ การให้นักเรียนสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนต่าง ๆ อาจไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างคำถามทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และผลของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (ลือชา ลดาชาติ และกาญจนา มหาลี, 2559 หน้า 298-324)

จากที่ได้กล่าวถึงข้อจำกัดในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะในข้างต้น ดังนั้นจึงน่าจะมีเทคนิคหรือกระบวนการบางอย่างที่จะสามารถเติมเต็มการเรียนรู้แบบสืบเสาะได้ ซึ่งมีแนวคิดหนึ่งที่น่าสนใจ นั่นก็คือ การรู้คิดหรืออภิปญญา (Metacognition) เป็นความสามารถในการตรวจสอบการคิดของตนเอง (Thinking about Thinking) รู้และเข้าใจว่าตัวเองรู้อะไร (What do I know?) และไม่รู้อะไร (What do I not know?)

ดังนั้นหากบุคคลได้มีการรับรู้และเข้าใจอย่างชัดเจนในการรู้คิดของตนเองหรือการมีความตระหนักรู้ในการรู้คิดอยู่ในตนเอง ก็จะสามารถกำกับตนเองให้ไปสู่เป้าหมายได้ จากรายงานการวิจัยพบว่า ความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ต้องใช้ประสบการณ์การรู้คิด (Metacognitive Experience) ซึ่งนักเรียนจะต้องอธิบายได้ว่า “นักเรียนเข้าใจหรือรู้อย่างไร” และ “ทำไมถึงรู้หรือเข้าใจเช่นนั้น” (Blank, 2000, pp. 487) นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบรู้คิด (Metacognitive Learning Cycle) สามารถแสดงหรือเผยแนวความคิดเดิมหรือความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่ก่อน (Prior Knowledge) ออกมา และสามารถเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์ แนวความคิด และความเข้าใจของนักเรียนเข้าด้วยกัน ทำให้นักเรียนสามารถจดจำหรือเก็บความรู้ที่ได้ ในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น ถ้าเราต้องการให้นักเรียนมีพัฒนาการทางด้านสติปัญญาที่เป็นเลิศ ซึ่งเป็นพื้นฐานของแนวความคิดในระยะยาว และสามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ ดังนั้นการรู้คิดจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจอีกแนวทางหนึ่ง ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนากระบวนการคิด การใช้เหตุผลของมนุษย์ และเพื่อพัฒนาสติปัญญาของผู้เรียน และเติมเต็มการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

การเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry Approach)

1. ความสำคัญของการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

การเรียนรู้แบบสืบเสาะ เริ่มเข้ามามีบทบาทในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมาแล้วเกือบ 100 ปี (ไพฑูริย์ สุขศรีงาม, 2545) การสืบเสาะ (Inquiry) หมายถึง กระบวนการสืบเสาะแสวงหาคำตอบของปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง ซึ่งในการสืบเสาะต้องการวินิจฉัยข้อตกลงเบื้องต้น การใช้ความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ และความคิดเชิงเหตุผลหรือตรรกะเพื่อให้ได้คำตอบที่สมเหตุสมผลที่สุด

การเรียนรู้แบบสืบเสาะ มีรากฐานมาจากทฤษฎีของกลุ่มสร้างสรรค์ความรู้ (Constructivism) ที่เชื่อว่าความรู้ไม่ได้เกิดมาจากการรับรู้ แต่เกิดมาจากการสร้างความรู้ของมนุษย์ด้วยตัวของเขาเอง ในการจัดเรียนการสอน ครูไม่สามารถยึดยึดความรู้หรือแนวความคิดต่าง ๆ ลงในสมองของผู้เรียน แล้วทำให้ผู้เรียนเกิดความหมายหรือความเข้าใจจากแนวความคิดที่ได้รับ ดังนั้นการถ่ายทอดความคิดจึงไม่ใช่เป็นการถ่ายทอดความหมาย แต่เป็นการส่งสิ่งกระตุ้นหรือสัญญาณไปยังผู้รับ ผู้รับจะสร้างความหมายของสัญญาณหรือสิ่งกระตุ้นด้วยตัวเขาเอง ผู้รับแต่ละคนอาจสร้างความหมายจากสิ่งกระตุ้นหรือสัญญาณอย่างเดียวกันแตกต่างกันไป Magoon (1977) ได้เสนอข้อตกลงเบื้องต้นไว้ 3 ประการ ที่เป็นหลักยึดสำหรับทฤษฎีการสร้างสร้างสรรค์ความรู้ ได้แก่ (1) ผู้เรียนเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความรู้ และความรู้ที่มีอยู่จะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมหรือการกระทำของเขา (2) ผู้เรียนสามารถควบคุมการแสดงพฤติกรรมที่มีเหตุผลหรือพฤติกรรมที่มีวัตถุประสงค์ไว้ (3) ผู้เรียนมีศักยภาพหรือสมรรถภาพที่จะพัฒนาความรู้ขึ้นมาได้ด้วยตนเอง ตั้งใจและใส่ใจต่อความหมายของการสื่อสารที่ซับซ้อนได้ สามารถแสดงบทบาทที่เหมาะสมในสังคมที่ซับซ้อนได้

ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ศึกษาเห็นพ้องกันว่า จะต้องจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยเน้นการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการสืบเสาะมีความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการสืบเสาะมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด-ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตลอดจนมีความเข้าใจว่าผลของการสืบเสาะจะทำให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วย นอกจากนี้จะต้องจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่เป็นทั้งเนื้อหา และวิธีการเรียนควบคู่ไปด้วย หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าเน้นการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะที่เป็นทั้งเป้าหมายการเรียนรู้ (Learning Goal) และวิธีสอน

2. รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

ลักษณะของห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่ใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Bybee, 1997, pp. 176; National Research Council, 2000) มีลักษณะที่สำคัญ 5 ประการได้แก่ (1) กระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ (2) ผู้เรียนหาหลักฐานเพื่อนำไปสู่การอธิบายคำตอบ (3) ผู้เรียนอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติจากหลักฐานที่มี (4) ผู้เรียนประเมินเกี่ยวกับการอธิบายของตนเอง (5) ผู้เรียนสื่อสารและให้เหตุผลในการอธิบาย นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้นำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะไว้

หลากหลายรูปแบบแตกต่างกัน มีทั้งการสืบเสาะที่อาศัยการปฏิบัติการ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้ (ไพฑูริย์ สุขศรีงาม, 2545; อ้างถึงใน Tafoya, Sunal, and Knecht. 1980, pp. 46)

1) การสืบเสาะสำเร็จรูป (Structured Inquiry) เป็นการสืบเสาะที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหาที่นักเรียนกำหนดขั้นตอนในการทดลอง และจัดกระทำข้อมูล ตลอดจนการแปลความหมายและสรุปด้วยตนเอง

2) การสืบเสาะแบบแนะนำ (Guided Inquiry) เป็นการสืบเสาะที่ครูกำหนดปัญหาให้ ครูให้คำปรึกษาหารือ หรือแนะนำการทดลองและการจัดกระทำข้อมูล นักเรียนเป็นผู้แปลความหมายและสรุปด้วยตนเอง

3) การสืบเสาะแบบเปิดกว้าง (Open Inquiry) หรือการค้นพบ (Discovery) นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา วิธีการแก้ปัญหา การจัดทำข้อมูล ตลอดจนการแปลความหมายและสรุปด้วยตนเอง

นอกจากนี้ยังมีการสืบเสาะที่ไม่ทำปฏิบัติการ ซึ่งการสืบเสาะแบบนี้ไม่เน้นการลงมือทำปฏิบัติการทดลอง เพื่อให้ได้ซึ่งข้อมูล แต่เน้นการใช้หรือเสนอข้อมูลจากครู เน้นการซักถามของครูและนักเรียนบางครั้งเรียกการสืบเสาะแบบซักถาม (Oral Inquiry) สามารถแบ่งการสืบเสาะออกเป็น 3 ประเภท (ไพฑูริย์ สุขศรีงาม, 2531, หน้า 67-68) คือ

1) การสืบเสาะแบบนักเรียนเป็นผู้ซักถาม (Active Inquiry) นักเรียนเป็นผู้แสวงหาคำตอบโดยซักถาม ครูเป็นผู้ช่วยเหลือในด้านการใช้ข้อมูล หรือตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนช่วยกันตอบจนกระทั่งได้ข้อสรุปหรือความรู้ใหม่เกิดขึ้น

2) การสืบเสาะแบบครูเป็นผู้ซักถาม (Passive Inquiry) การสืบเสาะแบบนี้ครูนอกจากจะทำหน้าที่ในการนำเสนอข้อมูลแล้ว ยังทำหน้าที่ในการซักถาม เพื่อให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งในความคิด เกิดความสนใจอันจะนำไปสู่การคิดค้นหาคำตอบ

3) การสืบเสาะแบบผสม (Mixed Inquiry) เป็นการสืบเสาะที่ทั้งครูและนักเรียนร่วมกันซักถามปัญหาที่เกิดจากการนำเสนอข้อมูลของครู ครูอาจทำหน้าที่ในการชี้แนะเพื่อให้นักเรียนซักถามจนกระทั่งได้คำตอบของปัญหา

รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่แพร่หลายและเป็นที่ยอมรับในประเทศไทย และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแนะนำได้แก่ รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบ 5-Es (5-Es Learning Cycle) (Bybee. 1997: 176) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่นำสนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่นำสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้อย่างไรก็ตาม เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา

เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ขั้นต่อไป

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อเสนอแนะที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือ ไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำลังกำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4) **ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้อย่างกว้างขวางขึ้น

5) **ชั้นประเมิน(Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

3. ข้อดีและข้อจำกัดของการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง ซึ่งในกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะต้องการวินัยข้อตกลงเบื้องต้น การใช้ความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ และความคิดเชิงเหตุผลหรือตรรกะ เพื่อให้ได้คำตอบที่สมเหตุผลที่สุด โดยสามารถสรุปข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ได้ดังนี้ (ภพ เลหาพิบูลย์, 2534)

ข้อดีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

- 1) นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาด้วยตนเองจึงมีความอยากรู้อยู่ตลอดเวลา
- 2) นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิด และฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีสืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเองทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกด้วย
- 3) นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน
- 4) นักเรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น
- 5) นักเรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

- 1) ในการสอนแต่ละครั้งต้องใช้เวลาในการสอนมาก
- 2) ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ทำให้นักเรียนสนใจ จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย ถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ในการสอนวิธีนี้มุ่งควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไปจะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง
- 3) ในกรณีที่นักเรียนมีระดับสติปัญญาต่ำและเนื้อหาค่อนข้างยาก นักเรียนอาจจะไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้
- 4) นักเรียนบางคนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอ ทำให้ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหาและนักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้นเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมาก ๆ อาจจะพอตอบคำถามได้ แต่นักเรียนไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร
- 5) การใช้สอนแบบนี้อยู่เสมอ อาจทำให้ความสนใจของนักเรียนในการศึกษาค้นคว้าลดลง

การรู้คิด (Metacognition)

การรู้คิด เป็นความรู้ชั้นสูง (High-ordered Thinking) อย่างหนึ่ง ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกระบวนการคิด การรู้คิด หมายถึงการมีสมาธิและความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์การคิด หรือการมีความตระหนักรู้ในการคิดของตนเอง ในการทบทวนกระบวนการคิด ซึ่งอาจจะทำให้นำมาใช้งานได้อย่างสะดวกรวดเร็วเมื่อต้องการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ (Flavell, 1979)

1. องค์ประกอบของการรู้คิด

การรู้คิดประกอบด้วย (Paris and Winograd, 1990)

1) การมีความรู้และการควบคุมตนเอง (Knowledge and Control of Self) หมายถึง การมีความตระหนักรู้เกี่ยวกับสิ่งที่เรารู้ การกำกับ-ควบคุมการเรียนรู้ โดยอาศัยการมีข้อผูกพัน (Commitment) เจตคติ (Attitude) และความตั้งใจ (Attention) โดยเจตคติมีบทบาทสำคัญในการควบคุมตนเองอย่างรู้คิด บุคคลที่

ประสบความสำเร็จในการทำงานจะเห็นคุณค่าของการเกิดความสำเร็จที่เป็นผลมาจากการใช้ความพยายาม-
อดทน

ส่วนความตั้งใจ มีส่วนให้บุคคลเข้าใจว่าระดับความพึงพอใจในการทำงานแต่ละอย่างจะแตกต่างกันไป จึงปรับความสนใจให้สอดคล้องกับงานที่จะทำ ความสามารถในการควบคุมความตั้งใจมีความสัมพันธ์กับการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

2) การมีความรู้และการควบคุมกระบวนการ (Knowledge and Control of Processes) แบ่งออกเป็น

2.1 ประเภทของความรู้ (Types of Knowledge) ความรู้แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) ความรู้ข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงแนวคิดของการทำงาน

2) ความรู้กระบวนการ/วิธีการ (Procedural Knowledge) เป็นความรู้ในการนำยุทธศาสตร์ต่าง ๆ ไปใช้ในการปฏิบัติงาน

3) ความรู้เงื่อนไข (Conditional Knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับการนำยุทธศาสตร์หนึ่งไปใช้ในสถานการณ์ในช่วงเวลาแบบใดซึ่งจะทำให้เกิดผลดีที่สุดหรือมีความรู้ว่ายุทธศาสตร์ใดจะใช้เมื่อใดอย่างไรจึงจะเกิดผลงานที่ดีที่สุด

2.2 การควบคุมจัดการพฤติกรรม (Executive Control of Behavior) ประกอบด้วย การประเมินผล (Evaluation) การวางแผน (Planning) และการกำกับ-ควบคุม (Regulation) ซึ่งจะทำให้เกิดการควบคุมพฤติกรรมการทำงาน เพื่อก่อให้เกิดความสำเร็จในงานที่ทำ การประเมินผล จะมุ่งการประเมินความรู้ความเข้าใจในงานที่ทำ แหล่งทรัพยากรและเป้าหมายของตนอย่างต่อเนื่อง การวางแผนจะเกี่ยวข้องกับการเลือกยุทธศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการทำงานแต่ละอย่างซึ่งต้องอาศัยการมีความรู้ข้อเท็จจริงและความรู้เงื่อนไข ส่วนการกำกับ-ควบคุม จะประกอบด้วยกระบวนการควบคุม การทบทวน-ตรวจสอบ กระบวนการต่าง ๆ ที่ใช้เพื่อนำไปสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้

2. ยุทธศาสตร์การคิด (Cognitive Strategy) และยุทธศาสตร์การรู้คิด (Metacognitive Strategy)

โดยทั่วไปยุทธศาสตร์การคิด หมายถึง ยุทธศาสตร์ที่บุคคลใช้เพื่อให้เกิดความสัมฤทธิ์ผลของวัตถุประสงค์หรือความมุ่งหมายเฉพาะ (เช่น มีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเนื้อหาจากตำราวิทยาศาสตร์) ส่วนยุทธศาสตร์การรู้คิดเป็นยุทธศาสตร์ที่ใช้เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าเป้าหมายเฉพาะที่กำหนดไว้นั้นเกิดความสัมฤทธิ์ผลแล้ว (เช่น การทดสอบย่อยของตนเองว่ามีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่อ่านมากน้อยเพียงใด) โดยทั่วไปกิจกรรมการรู้คิดทั้งหลายจะปรากฏก่อนหรือหลังกิจกรรมการคิด

ยุทธศาสตร์การคิดและยุทธศาสตร์การรู้คิด อาจมีความคาบเกี่ยวกันได้ เมื่อใช้ยุทธศาสตร์เดียวกัน เช่น การใช้คำถาม สามารถใช้ในลักษณะเป็นยุทธศาสตร์การคิด หรือยุทธศาสตร์การรู้คิดก็ได้ ขึ้นอยู่กับความมุ่งหมายของการใช้คำถาม ถ้าใช้ในลักษณะเป็นยุทธศาสตร์การซักถามตนเองในขณะที่อ่านหนังสือชีววิทยาเพื่อเป็นแนวทางที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้และเข้าใจเร็วขึ้น ก็ถือว่าเป็นยุทธศาสตร์การคิด แต่ถ้าใช้คำถามเป็นเครื่องมือในการกำกับ-ควบคุมตนเองว่าหลังจากอ่านจบแล้วมีความรู้ความเข้าใจอะไรบ้าง จัดเป็นยุทธศาสตร์การรู้คิด

ยุทธศาสตร์การรู้คิด ประกอบด้วย (Gordon, 1996, pp. 65-85)

1) การวางแผน (Planning) เป็นการกำหนดจะต้องทำอะไร ใช้ทรัพยากรอะไร จะทำอะไรก่อน-หลังในขั้นนี้อาจตั้งคำถามตนเองดังต่อไปนี้

- 1.1 ข้าพเจ้าจะต้องใช้ความรู้เดิมอะไรบ้าง จึงจะทำงานนี้ได้ประสบความสำเร็จ
- 1.2 สิ่งใดที่ข้าพเจ้าต้องทำก่อน-หลัง
- 1.3 ทำไมต้องอ่านบทความนี้ก่อน
- 1.4 ข้าพเจ้าต้องใช้เวลานานเท่าใดจึงจะทำงานนี้แล้วเสร็จ

2) การควบคุมตนเอง (Self-Monitoring) เป็นการควบคุมแผนการปฏิบัติงานตามแผนงานที่กำหนดไว้แล้ว โดยมีคำถามถามตนเอง ดังนี้

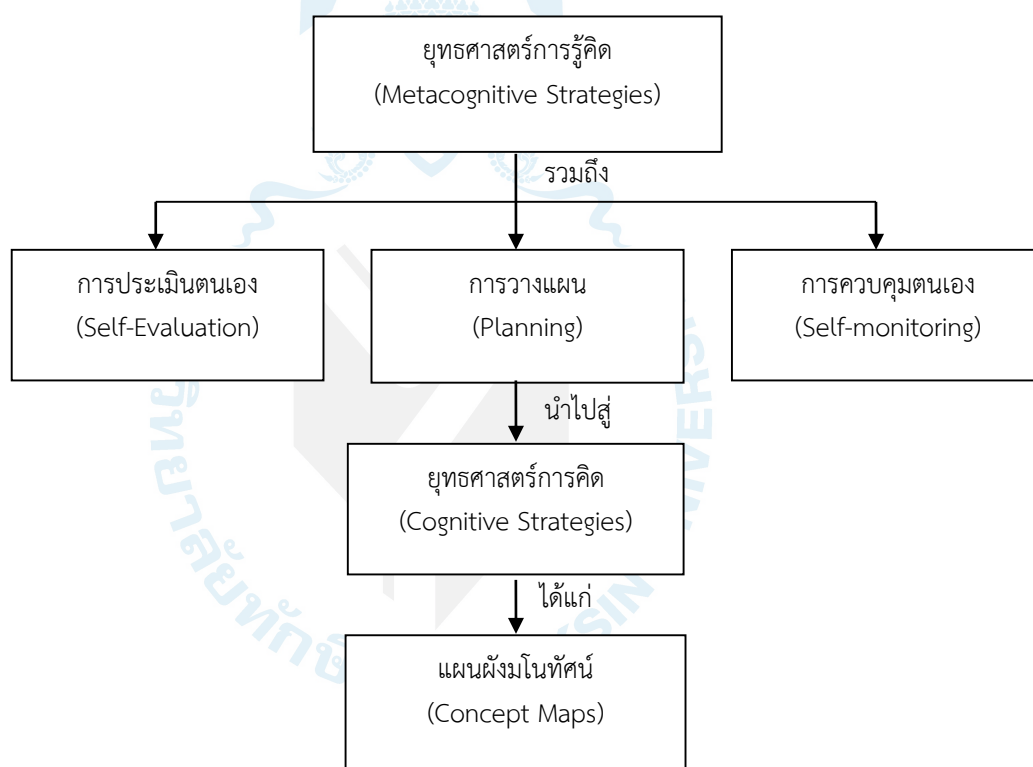
- 2.1 ข้าพเจ้าทำงานนี้อย่างไร

- 2.2 ข้าพเจ้าทำงานมาถูกแนวทางหรือไม่
- 2.3 ข้าพเจ้ามีความก้าวหน้าได้มากน้อยเพียงใด
- 2.4 ข้อเสนอใดมีความสำคัญต้องจดจำไว้
- 2.5 ถ้าข้าพเจ้าไม่เข้าใจในสิ่งที่ทำ ควรจะอย่างไร
- 2.6 ข้าพเจ้าเข้าใจสิ่งที่อ่านหรือได้ฟังหรือไม่ อย่างไร

3). การประเมินตนเอง (Self-Evaluation) เป็นการประเมินผลการปฏิบัติงานตามเกณฑ์ ซึ่งมีคำถามสำหรับตนเองดังนี้

- 3.1 ข้าพเจ้าจะวัดความสำเร็จของการทำงานได้อย่างไร
- 3.2 งานที่ทำเสร็จแล้วมีคุณภาพดีหรือไม่
- 3.3 มีสิ่งใดที่ข้าพเจ้าทำแตกต่างไปจากที่กำหนดไว้
- 3.4 แนวคิดในการแก้ปัญหาแบบนี้สามารถนำไปใช้กับปัญหาได้บ้าง
- 3.5 ข้าพเจ้าต้องกลับไปทบทวนกระบวนการทำงานใหม่หรือไม่เพื่อจะได้ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่องหรือเป็นจุดอ่อน

ความสัมพันธ์ระหว่างยุทธศาสตร์การคิดและยุทธศาสตร์การรู้คิดสามารถแสดงให้เห็นได้จากตัวอย่างนี้ ผู้เรียนคนหนึ่งใช้ยุทธศาสตร์การควบคุมตนเองในการอ่านตำราชีววิทยาเรื่องหนึ่ง โดยผู้เรียนทั่วไปรู้ว่าพวกเขาส่วนใหญ่ ไม่เข้าใจเรื่องที่อ่าน แต่ทราบว่าการใช้การเขียนแผนผังโน้ตส์ (Concept Map) หลังการอ่าน จะช่วยให้อ่านเข้าใจมากยิ่งขึ้น ดังนั้น เมื่อนำมาเขียนเป็นแผนผังจะได้ ดังนี้



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างยุทธศาสตร์การคิดและยุทธศาสตร์การรู้คิด

3. เทคนิคการรู้คิด (Metacognitive Moves or Techniques)

เทคนิคการรู้คิด สามารถช่วยให้นักเรียนใช้การรู้คิดได้อย่างเหมาะสม เทคนิคนี้เรียก ทักษะการรู้คิด (Metacognitive Skills) ซึ่งเป็นคุณภาพของยุทธศาสตร์ที่ช่วยให้นักเรียนได้มา นำไปใช้ และควบคุมทั้งความรู้และทักษะเทคนิคอื่น ๆ (Nickerson, Perkins, and Smith, 1985) โดยทั่วไปที่นิยมใช้มี 3 ประเภท คือ (Beeth, 1998, pp. 343-350)

1) ความสามารถเข้าใจได้ (Intelligibility) เป็นความสามารถในการสะท้อนเชิงนามธรรมเกี่ยวกับสาระของการคิดของตนเอง เช่น การใช้คำถามว่า “สิ่งนี้มีความหมายต่อข้าพเจ้าหรือไม่ อย่างไร” หรือ “ข้าพเจ้าเข้าใจสิ่งนี้หรือไม่ อย่างไร” การถามดังกล่าวเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนเนื่องจากช่วยให้นักเรียนมีพื้นฐานรอบความคิดที่จะใช้กระตุ้นกระบวนการรู้คิดของตนเองได้ เมื่อมีการประเมินความสามารถในการเข้าใจแนวคิดใหม่ ๆ นักเรียนจะสะท้อนแนวความคิดของตนเอง แนวคิดของผู้ปกครองหรือแนวคิดของครู โดยนักเรียนถามว่า “แนวทางที่บุคคลนี้คิดเกี่ยวกับแนวคิดของเขา สามารถช่วยให้ข้าพเจ้ามีความเข้าใจแนวคิดนั้นได้หรือไม่” จะเห็นว่าความสามารถเข้าใจได้ใช้ประโยชน์ได้ทั้งระดับส่วนบุคคล (Intra-personal) และระดับระหว่างบุคคล (Inter-personal) โดยทำหน้าที่สะท้อนตนเองและสะท้อนระหว่างบุคคลหรือกลุ่มนักเรียน

2) ความสามารถในการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง (Wide-applicability) เป็นความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้เกี่ยวกับการคิดของตนเองในบริบทหนึ่งไปใช้ในบริบทอื่น ๆ โดยต้องการสร้างความเชื่อมโยงและการตรวจสอบบทบาทของการสะท้อนผ่านทางประสบการณ์ นักเรียนถามตนเองว่า “แนวความคิดนี้สามารถช่วยให้ข้าพเจ้าเรียนรู้เข้าใจในการเรียนรู้เรื่องอื่นได้หรือไม่” หรือ “ประสบการณ์ในห้องเรียนหรือนอกห้องเรียนของข้าพเจ้าสามารถช่วยให้ข้าพเจ้าเข้าใจแนวคิดใหม่นี้ได้หรือไม่”

3) ความสามารถเชื่อถือได้ (Plausibility) ใช้ประโยชน์ในการทดสอบความเชื่อของตนในแนวคิดหนึ่งจากแนวคิดเลือกอีกจำนวนหนึ่ง การรู้คิดประเภทนี้เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนใช้คำถามตนเองว่า “ข้าพเจ้าควรจะเชื่อความคิดนี้อย่างจริงจังได้หรือไม่” ในการทดสอบความเชื่อมั่นในแนวคิดหนึ่งนักเรียนอาจจะเสาะแสวงหาหลักฐานที่คิดค้นหรือแย้งกับแนวคิดดังกล่าว เพื่อนักเรียนจะเกิดความตระหนักในตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้ เขาจะสงสัยในสิ่งที่เรียนรู้และสงสัยเกี่ยวกับแนวคิดที่ตนเองมีความเข้าใจได้

ตาราง 1 ลักษณะเทคนิคการรู้คิดทั้ง 3 ประเภท

เทคนิคการรู้คิด	บริบท	ลักษณะคำถาม
1. ความสามารถเข้าใจได้ (Intelligibility)	ภายในบุคคล (Intra-personal)	- แนวคิดนี้ข้าพเจ้าสามารถเข้าใจได้หรือไม่ - ส่วนใดของแนวคิดนี้ที่ข้าพเจ้าสามารถเข้าใจได้ - มีส่วนใดของแนวคิดนี้ที่ทำให้ข้าพเจ้าสามารถเข้าใจได้
	ระหว่างบุคคล (Inter-personal)	- ส่วนใดของแนวคิดของนาย A ที่ข้าพเจ้าสามารถเข้าใจได้ - มีส่วนใดที่ข้าพเจ้าควรเพิ่มเติมให้กับแนวคิดนี้แล้วทำให้ข้าพเจ้าเข้าใจได้
2. ความสามารถในการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง (Wide-applicability)	ภายในบุคคล (Intra-personal)	- แนวคิดนี้สามารถช่วยให้ข้าพเจ้าเข้าใจแนวคิดอื่น ๆ ได้อย่างไร - มีส่วนใดของแนวคิดนี้ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับแนวคิดอื่นที่ข้าพเจ้าที่เรียนรู้มาแล้ว - แนวคิดทั้ง 2 มีลักษณะพื้นฐานใดบ้างที่เกี่ยวข้องกัน
	ระหว่างบุคคล (Inter-personal)	- แนวคิดของนาย A สามารถช่วยให้ข้าพเจ้าคิดเกี่ยวกับแนวคิดอื่นที่พูดถึงได้อย่างไร
3. ความสามารถเชื่อถือได้ (Plausibility)	ภายในบุคคล (Intra-personal)	- ข้าพเจ้าควรเชื่อแนวคิดนี้หรือไม่ - แนวคิดนี้เป็นจริงหรือไม่
	ระหว่างบุคคล (Inter-personal)	- ข้าพเจ้าควรเชื่อแนวคิดของนาย A หรือไม่ - แม้ว่าแนวคิดนี้ข้าพเจ้าสามารถเข้าใจได้แต่มีบางที่ที่น่าจะเป็นจริง - มีส่วนใดของแนวคิดนี้ที่เชื่อถือได้

4. รูปแบบการใช้การรู้คิด ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการรู้คิดที่พบ ส่วนมากใช้สำหรับการสอนทางด้านภาษาและการอ่าน มีนักวิจัยบางกลุ่มได้นำมาใช้สำหรับการแก้ปัญหาทางด้านคณิตศาสตร์ด้วย ต่อมานักวิทยาศาสตร์ศึกษาเริ่มให้ความสนใจการรู้คิด เนื่องจากเป็นความคิดระดับสูง ซึ่งมีความสำคัญ ในการเรียนรู้ที่มีความหมาย สามารถพัฒนาสติปัญญาของนักเรียนได้ดี ถ้าสามารถนำมาใช้ผสมผสานกับการเรียนแบบสืบเสาะซึ่งเป็นกระบวนการทางสติปัญญาอย่างหนึ่ง การนำการรู้คิดมาใช้มีหลายรูปแบบ แต่สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์นั้น เท่าที่ได้ศึกษามา ในปัจจุบันนี้ มีอยู่ 2 รูปแบบด้วยกัน ดังนี้

Blank (2000) ได้นำการรู้คิดมาผสมผสานกับการเรียนรู้แบบวัฏจักร 4 ขั้น ของ Barman (1997) ซึ่งได้ดัดแปลงให้เหมาะสมและตั้งชื่อใหม่ว่า วัฏจักรการเรียนรู้โดยใช้การรู้คิด (Metacognitive Learning Cycle : MLC) นักเรียนจะถูกถามให้เปิดเผยและสะท้อนสถานภาพ (Status) หรือสภาพ (Condition) ของแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Science ideas) ของตนเองโดยสถานภาพดังกล่าวหมายถึงสภาพ 4 ประการที่จะช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเอง ได้แก่ ความไม่พึงพอใจในแนวคิดที่มีอยู่ (Dissatisfaction) ความสามารถเข้าใจได้ (Intelligibility) ความสามารถเชื่อถือได้ (Plausibility) และความมีประโยชน์ (Fruitfulness) ซึ่งเป็นกรอบแนวคิดของทฤษฎีการเปลี่ยนความคิด (Conceptual Change Theory) ของ Posner และคณะ (1982) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) ขั้นประเมินความคิดหรือโน้ตส์ (Concept Assessment Phase) ในขั้นนี้นักเรียนจะสะท้อนแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ของตนเองและสะท้อนสถานภาพของแนวคิดก่อนที่จะเริ่มสอน นักเรียนจะบันทึกความคิดและสถานภาพของความคิดทางวิทยาศาสตร์โดยอาจใช้คำศัพท์เหล่านี้ เช่น ใช้ประโยชน์ได้ (Fruitful) โดยคิดและเข้าใจอย่างแท้จริงเกี่ยวกับแนวคิดที่มีประโยชน์ นักเรียนพิจารณาสถานภาพของความคิดโดยการถามตนเองด้วยคำถามตัวอย่างเช่น แนวความคิดนี้สามารถเข้าใจได้ ถ้าข้าพเจ้าเข้าใจคำศัพท์เหล่านี้ ข้าพเจ้าสามารถยกตัวอย่างเพิ่มเติมได้ และข้าพเจ้าสามารถอธิบายแนวคิดนี้ให้กับเพื่อน ๆ ได้โดยใช้คำพูดของตนเอง แนวความคิดนี้สามารถเชื่อถือได้ ถ้าแนวคิดนี้สอดคล้องกับแนวคิดอื่นที่ข้าพเจ้ารู้หรือเชื่อมาก่อนแล้ว และ แนวคิดนี้ช่วยให้ข้าพเจ้าสัมผัสสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีความหมาย แนวคิดนี้สามารถใช้ประโยชน์ได้ ถ้าแนวคิดนี้ช่วยในการแก้ปัญหาของข้าพเจ้าได้ แนวคิดนี้ทำให้ข้าพเจ้ามีแนวคิดใหม่สำหรับการใช้การศึกษาต่อไป และแนวคิดนี้ช่วยให้ข้าพเจ้าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในแนวทางใหม่ได้

2) ขั้นสำรวจความคิดหรือโน้ตส์ (Concept Exploration Phase) ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ลงมือสำรวจปรากฏการณ์-เหตุการณ์ ที่เกี่ยวข้องกับความคิดหรือโน้ตส์ที่กำลังศึกษา

3) ขั้นแนะนำความคิดหรือโน้ตส์ (Concept Introduction Phase) ครูรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่นักเรียนมีและร่วมกับนักเรียนในการกำหนดรูปแบบของข้อมูลพร้อมกับแนะนำแนวคิดหลัก (Main Concept) ของบทเรียนให้กับนักเรียน ซึ่งนักเรียนจะมีการปรับปรุงและสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นกับความคิดทางวิทยาศาสตร์ของตนหรือสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของความคิด

4) ขั้นนำความคิดหรือโน้ตส์ไปใช้ (Concept Application Phase) ในขั้นนี้นักเรียนจะเผชิญหน้ากับตัวอย่างอื่น ๆ ของความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถจะเข้าใจได้โดยใช้ข้อมูลต่าง ๆ ที่นักเรียนมีในระหว่างขั้นแรก ๆ และนักเรียนจะได้พิจารณาสถานภาพของความคิดของตนเองอีกครั้ง

Mittlehltd และ Grotzer (2003) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การรู้คิดสำหรับการเรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคการคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ดี (Good Science Thinking Moves) และเทคนิคการรู้คิด (Metacognitive Moves) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้น แต่ละขั้นมีลักษณะดังนี้

1) ขั้นการสร้างเชื่อมโยง (Connection) นักเรียนจะถูกถามให้คิดเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ ในชีวิตจริงหรือเกี่ยวกับตัวอย่างที่ได้จากชั้นเรียนซึ่งสอดคล้องกับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนไปแล้ว จากนั้นจะถูกกระตุ้นให้เปรียบเทียบความคิดใหม่กับสิ่งต่าง ๆ ที่เรียนมาแล้ว ในกรณีนี้นักเรียนจะจัดความรู้ใหม่ของเรื่องอื่น ๆ ที่เรียน จนกระทั่งเกิดความเข้าใจความคิดเฉพาะในขณะที่เรียนวิทยาศาสตร์ได้ การเชื่อมโยงความคิดดังกล่าวจะใช้เทคนิคการรู้คิดทั้งความสามารถเข้าใจได้ (Intelligibility) และความสามารถในการนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวาง (Wide-applicability) ซึ่งมีผลทำให้นักเรียนเรียนอย่างเข้าใจมีความหมายอันเป็นผลมาจากการนำความคิดหนึ่งไปใช้ในบริบทที่ต่างไปจากเดิม

2) ขั้นการซักถามการเรียนรู้ของตนเอง (Questioning in Learning) นักเรียนจะถูกกระตุ้นให้เกิดความสงสัยและค้นหาหลักฐานโต้แย้งความคิดที่สงสัย เมื่อนักเรียนสะท้อนความคิดของตนเองออกมาจะทำให้ให้นักเรียนได้พัฒนา

ทักษะการคิดวิจารณ์ญาณ ซึ่งช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นเกี่ยวกับความคิดที่มีอยู่ ในขั้นนี้จะได้เทคนิคการรู้คิดทั้งความสามารถเข้าใจได้ (Intelligibility) และความสามารถในการนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวาง (Wide-applicability)

3) ขั้นการสะท้อนตนเอง (Self Reflection) ขั้นนี้เป็นขั้นพื้นฐานของการรู้คิด นักเรียนจะถูกกระตุ้นให้ซักถามตนเอง เช่น “ความคิดนี้ข้าพเจ้าสามารถเข้าใจได้จริงหรือไม่” “ส่วนใดของความคิดนี้ที่ข้าพเจ้าเข้าใจได้” “มีสิ่งใดที่ข้าพเจ้าคิดว่ามีความยุ่งยากในการทำความเข้าใจแนวคิดนี้” เป็นต้น ซึ่งจากคำถามเหล่านี้นักเรียนจะได้เทคนิคการรู้คิดความสามารถเข้าใจได้ (Intelligibility) ในการปรับเปลี่ยนสถานภาพความคิดของตนเองได้

4) ขั้นการซักถามเกี่ยวกับความจริงหรือความสามารถในการเชื่อถือได้ (Questioning the Truth or Believability) จะช่วยในการใช้เทคนิคการรู้คิดความเชื่อถือได้ (Plausibility) การซักถามเกี่ยวกับความจริงหรือความสามารถเชื่อถือได้ของความคิดจะช่วยให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง เพื่อตรวจหาว่ามีสิ่งใดบ้างเกี่ยวกับความคิดนี้ที่ดูเหมือนจะไม่เป็นจริง ดังนั้นในขั้นนี้มีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนตรวจหาอุปสรรคพื้นฐานที่มีส่วนทำให้นักเรียนไม่สามารถเข้าใจอย่างสมบูรณ์และยอมรับแนวความคิดหนึ่งได้และในที่สุดนักเรียนก็สามารถพบอุปสรรคหรือข้อยุ่งยากได้ด้วยตนเอง

5) ขั้นเปรียบเทียบความคิดของตนกับความคิดคนอื่น (Comparing your Idea with other Ideas) โดยนักเรียนถูกกระตุ้นให้ซักถามตนเองว่า “นักเรียนคนอื่น ๆ สามารถทำความเข้าใจความคิดนี้ได้อย่างไร” “กรอบความคิดของนักเรียนคนอื่น ๆ คล้ายคลึงหรือแตกต่างไปจากของตนเองอย่างไร” “กรอบแนวความคิดนี้สามารถช่วยให้นักเรียนปรับปรุงการคิดของตนเองได้หรือไม่” ในขั้นนี้นักเรียนจะใช้เทคนิคการรู้คิดความสามารถในการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง (Wide-applicability) และความสามารถเข้าใจได้ (Intelligibility)

บทสรุป

จากที่ได้กล่าวมาในข้างต้นการจัดการเรียนรู้อาชีวศึกษาแบบสืบเสาะนั้น ถึงแม้จะมีข้อดีหลายข้อ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในตัวของมันเองอยู่เช่นกัน จากรูปแบบการเรียนรู้ที่ Blank (2000) ได้นำเสนอนั้น จะเห็นว่า ในขั้นประเมินความคิดหรือมโนทัศน์ (Concept Assessment Phase) นักเรียนจะสะท้อนแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ของตนเองและสะท้อนสถานภาพของแนวคิดก่อนที่จะเริ่มสอน นักเรียนจะบันทึกความคิดและสถานภาพของความคิดทางวิทยาศาสตร์ของตนเองโดยใช้ชุดคำถามดังกล่าว ซึ่งจะเป็นตัวช่วยแก้ปัญหาที่เกิดจากการที่นักเรียนมีความรู้มาก่อนแล้ว หรือมีแนวความคิดอยู่ก่อนแล้ว และส่วนมากแตกต่างไปจากแนวความคิดของนักวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งขัดขวางการเรียนรู้ที่มีความหมาย และยากที่จะแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้โดยการใช้วิธีการสอนแบบปกติทั่วไป ซึ่งผู้สอนอาจจะนำขั้นนี้ไปใช้ก่อนจะทำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ นอกจากนั้นปัญหาอีกอย่างหนึ่งในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะคือ การทำกิจกรรมในห้องเรียนด้วยตนเองของนักเรียนโดยใช้ยุทธวิธีการเรียนแบบสืบเสาะนั้น ไม่สามารถยืนยันได้ว่า นักเรียนมีความเข้าใจในวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริงได้ เมื่อนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างแนวความคิดที่เกิดขึ้นกับประสบการณ์หรือความรู้เดิมที่มีอยู่เข้าด้วยกัน และ นักเรียนทำการทดลองอย่างไม่มีเป้าหมาย ไม่รู้ว่าการทดลองไปเพื่ออะไร ซึ่งทำให้นักเรียนไม่ได้รับประสบการณ์เช่นเดียวกับที่นักวิทยาศาสตร์ได้รับ นักเรียนได้ผลการทดลองตามปรากฏในหนังสือเรียนหรือตามที่ครูคาดหวังไว้ ครูพอใจ นักเรียนพอใจ แต่นักเรียนไม่รู้ว่าตนได้เรียนรู้อะไร ซึ่งจะเห็นว่า จากรูปแบบการเรียนรู้ของ Mittlehltd และ Grotzer (2003) ในขั้นการสะท้อนตนเอง (Self Reflection) ขั้นการซักถามเกี่ยวกับความจริงหรือความสามารถในการเชื่อถือได้ (Questioning the Truth or Believability) และขั้นเปรียบเทียบความคิดของตนกับความคิดของคนอื่น (Comparing your Idea with other Ideas) สิ่งเหล่านี้จะเป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบความคิดนักเรียน การควบคุมตนเอง (Self-Monitoring) และการประเมินตนเอง (Self-Evaluation) ได้ ซึ่งครูผู้สอนสามารถสอดแทรกเข้าไปในระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้ได้

นอกจากนั้นการรู้คิดเป็นเครื่องมือของครูวิทยาศาสตร์ในคิดและการสร้างหลักสูตรวิทยาศาสตร์ สร้างวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ และสร้างแบบประเมิน พร้อมกันนั้นการรู้คิดจะเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงวิธีการสอนของครูวิทยาศาสตร์ “จะ

สอนอะไร” “ทำไมถึงสอนอย่างนั้น” “จะสอนอย่างไร” ในส่วนนี้นักเรียน การรู้คิดทำให้ผู้เรียนเกิดการตระหนักรู้ ดังนี้ “นักเรียนเข้าใจหรือรู้อย่างไร” “ทำไมถึงรู้หรือเข้าใจเช่นนั้น” ครูสามารถการรู้คิดไปประยุกต์ใช้กับการเรียนแบบสืบเสาะ ในรูปแบบต่าง ๆ ได้ เพื่อ การรู้คิดช่วยในการพัฒนาการเรียนวิทยาศาสตร์ และเป็นประโยชน์ในเรื่องประสิทธิภาพในการ รับรู้ และการเข้าใจ การรู้คิดยังสามารถประยุกต์ และขยายแนวความคิดและเพิ่มทักษะความคิดที่ยาก ๆ ได้

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2545). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- ไพฑูริย์ สุขศรีงาม. (2545). *ความเข้าใจเกี่ยวกับการสอนแบบสืบเสาะ*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ไพฑูริย์ สุขศรีงาม. (2540). *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ มัธยมศึกษาตอนต้นสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*. (รายงานการวิจัย). มหาสารคาม: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ไพฑูริย์ สุขศรีงาม. (2531). *ความรู้เกี่ยวกับการสอนแบบสืบเสาะ (Inquiry)*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม, 7(1), 58-78.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2534). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ลือชา ลดาชาติ และกาญจนา มหาลี. (2559). *ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 7(2), 298-324.
- Barman, C. (1997). *The Learning Cycle Revised: A Modification an Effective Teaching Model Monograph 6*. Washington D.C.: Council for Elementary Science International.
- Beeth, M.E. (1998). Teaching for Conceptual Change: Using Status as a Metacognitive Tool. *Science Education*, 82(3), 343-350.
- Blank, L.M. (2000). A Metacognitive Learning Cycle: A Better Warranty for Student Understanding?. *Science Education*, 84(4), 486-516.
- Bybee, R.W. (1997). *Achieving Scientific Literacy: From Purpose to Practices*. Portsmouth, New Hampshire: Heinemann.
- Bybee, R.W. and others. (1991). Integrating the History and Nature of Science and Technology in Science and Social Studies Curriculum. *Science Education*, 75(1), 143-155.
- Council, N. (2000). Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning. *Washington D.C.*: National Academy Press.
- Flavell, J.H. (1979). Metacognition and Cognitive Monitoring: A New Area of Cognitive Developmental Inquiry. *American Psychologies*, 34(10), 906-911.
- Gordon, J. (1996). Tracks for Learning: Metacognition and Learning Technologies. *Australian Journal of Educational Technology*, 12(1), 65-85.
- Magoon, A.J. (1977). Constructivist Approaches in Educational Research. *Reviews of Educational Research*, 47(4), 651-693.
- Mittlefehldt, S., and Grotzer, T. (2003). *Using metacognition to facilitate the transfer of causal models in learning density and pressure*. Paper presented at the National Association of Research in Science Teaching Conference.
- Nickerson, R., Perkins, D. N., and Smith, E. E. (1985). *The Teaching of Thinking*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.



- Osborne, R. J., and Wittrock, M. C. (1983). Learning Science: A Generative Process. *Science Education*, 67(4), 489-508.
- Paris, S. G., & Winograd, P. (1990). How metacognition can promote academic learning and instruction. In *Dimensions of thinking and cognitive instruction.*, eds. B. F. Jones and L. Idol, (pp. 15-51). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Posner, B., and others. (1982). Accommodation of a Scientific Conception, Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Renner, J. W., and Phillips, D. G. (1980). Piagetian Development Model: A Basic for research in Science Education. *School Science and Mathematics*, 80(1), 193-199.
- Tafoya, E., Sunal, D. W., and Knecht, P. (1980). Assessing Inquiry Potential: A Tool for Curriculum Decision Making. *School Science and Mathematics*, 80(1), 43-48.

