การสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นทักษะกระบวนการ

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ*

*ภาควิชาชีววิทยา และหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110
โทรศัพท์: 02-649-5000 ต่อ 8101, 8306; e-mail: somkiatp@swu.ac.th, phsomkiat@hotmail.com

จุดมุ่งหมายสำคัญสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์คือการสอนให้ผู้เรียนสามารถใช้กระบวนการคิด (thinking skill) ด้วยตนเองได้ และช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะที่สำคัญ โดยเน้นให้ผู้เรียนสามารถตั้งสมมติฐาน (hypothesizing) ได้ และสามารถจัดการข้อมูลต่างๆ ด้วยทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล ทักษะที่สำคัญนี้สามารถอธิบายได้ด้วยคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องต่างๆ เช่น วิธีทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) ความคิดที่เป็นวิทยาศาสตร์ (scientific thinking) และการคิดเชิงวิจารณ์ (critical thinking) คำศัพท์ที่นิยมใช้กันทั่วไปแทนทักษะดังกล่าวนี้คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skill) ซึ่งหมายถึงความสามารถและความชำนาญในการใช้ความคิดและกระบวนการคิดเพื่อค้นคว้าหาความรู้และแก้ปัญหาต่างๆ การคิดลักษณะนี้เป็นทักษะทางปัญญา (intellectual skill) ซึ่งเป็นการทำงานของสมอง และไม่ใช่ทักษะที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิบัติการต่างๆ (psychomotor หรือ hands-on skill)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science : AAAS, 1970) จำแนกทักษะกระบวนการตามลักษณะความยากง่ายของทักษะต่างๆ ออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (basic or simpler science process skill) และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน (integrated or more complex science process skill) ซึ่งรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน

ประกอบด้วย 8 ทักษะได้แก่ การสังเกต (observing) การวัด (measuring) การจำแนกประเภท (classifying) การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา (using space/space and space/time relationships) การใช้ตัวเลข (using

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ประกอบด้วย 5 ทักษะได้แก่ การตั้งสมมติฐาน (formulating hypothesis) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (operational defining of the variable การกำหนดและควบคุมตัวแปร (identifying and controlling variable) การทดลอง (experimenting) และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (interpreting data and conclusion)

ตารางที่ 1. ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ และตัวบ่งชี้การเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (competency indicator)

ทักษะ	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว
I. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน		
1. การสังเกต	การสังเกต หมายถึง การใช้อวัยวะรับสัมผัสต่าง ๆ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างร่วมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และกายสัมผัส โดยการมองเห็น ได้ยิน ดมกลิ่น รับรส และสัมผัสวัตถุหรือเหตุการณ์ต่างๆ เพื่อเก็บข้อมูลรายละเอียดของสิ่งนั้นๆ โดยไม่ใส่เอาความรู้สึกนึกคิดหรือประสบการณ์เดิมของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจำแนกลักษณะของข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลลักษณะเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณ (โดยกะประมาณ) และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่างๆ ของสิ่งที่ศึกษา	- ชี้บ่งและบรรยายลักษณะเชิงคุณภาพโดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างร่วมกัน - บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุโดยการกะประมาณได้ - บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้
2. การวัด	การวัด หมายถึง การเลือกและใช้เครื่องมือวัดเพื่อหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ	- เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด - บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้ - บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้อง - วัดปริมาณต่างๆ เช่น ความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนัก ได้อย่างถูกต้อง - ระบุหน่วยของตัวเลขจากการวัดได้

ตารางที่ 1. (ต่อ)

ทักษะ	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว
3. การจำแนกประเภท	การจำแนกประเภท หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือเหตุการณ์ออกเป็นประเภทต่างๆ โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานจากสมบัติของสิ่งที่ศึกษานั้นเป็นเกณฑ์ ซึ่งอาจเป็นความเหมือน ความแตกต่างหรือความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่กำลังศึกษา	- เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่างๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้ - เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้ - บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา	สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครอบครองอยู่ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปสเปสของวัตถุมีลักษณะเป็นสามมิติ ได้แก่ ความกว้าง ความยาว และความสูง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติและรูปทรง 3 มิติ และความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับวัตถุอีกชนิดหนึ่ง ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา ได้แก่ การแสดงทิศทางหรือตำแหน่งของวัตถุในเวลาต่าง ๆ กัน	- ชี้บ่งรูป 2 มิติและวัตถุ 3 มิติที่กำหนดให้ได้ - วาดรูป 2 มิติจากวัตถุหรือรูป 3 มิติที่กำหนดให้ได้ - บอกชื่อของรูปและรูปทรงเรขาคณิตได้ - บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติได้ ได้แก่ (1) ระบุรูปทรง 3 มิติที่เห็นจากการหมุนรูป 2 มิติ (2) เมื่อเห็นเงารูป 2 มิติ ของวัตถุแล้ว สามารถบอกรูปทรง 3 มิติของวัตถุต้นกำเนิดของเงาได้ (3) เมื่อเห็นวัตถุรูปทรง 3 มิติ สามารถบอกเงา 2 มิติ ที่จะเกิดขึ้นได้ (4) บอกรูปของรอยตัด 2 มิติที่เกิดขึ้นจากตัดวัตถุรูปทรง 3 มิติออกเป็น 2 ส่วนได้ - บอกตำแหน่งหรือทิศทางของวัตถุใดๆ ได้ - บอกทิศทางที่สัมพันธ์ระหว่างวัตถุหนึ่งกับวัตถุอื่นได้ - บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพที่ปรากฏในกระจกว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้ - บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้ - บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณของสิ่งต่าง ๆ กับเวลาได้
5. การใช้ตัวเลขหรือการคำนวณ	การใช้ตัวเลข หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุหรือเหตุการณ์และการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณ โดยใช้การบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย หรือวิธีการคำนวณอื่นๆ	- สามารถนับจำนวนสิ่งของหรือเหตุการณ์ได้อย่างถูกต้องและใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้ - บอกวิธีคำนวณได้ คิดคำนวณได้อย่างถูกต้อง และแสดงวิธีคำนวณได้

ตารางที่ 1. (ต่อ)

ทักษะ	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว
6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำใหม่ เช่น การหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ ที่สามารถแสดงให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นได้ดีขึ้น โดยอาจแสดงในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ แผนผัง วงจร กราฟ สมการ การเขียน และการบรรยาย	- เลือกรูปแบบการนำเสนอข้อมูลได้อย่างเหมาะสม - บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบนำเสนอข้อมูลได้ - ออกแบบการนำเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกได้ - เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจได้ง่ายขึ้น - บรรยายลักษณะของสิ่งใดๆ ด้วยข้อความที่เหมาะสม กระทัดรัดจนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ - บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของสถานที่จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้
7. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล	การลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึงการเพิ่มเติมความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยพื้นฐานความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมช่วยในการแสดงความคิดเห็นนั้นๆ	- อธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มเติมความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิม
8. การทำนายหรือการพยากรณ์	การทำนายหรือการพยากรณ์ หมายถึง การสรุปผลลัพธ์หรือคำตอบล่วงหน้าก่อนทดลอง โดยอาศัยหลักฐานจากข้อมูล ข้อเท็จจริงหรือปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำๆ กัน หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้ว การพยากรณ์ข้อมูลเชิงปริมาณหรือข้อมูลที่สามารถแสดงเป็นตารางหรือกราฟได้ ทำได้ 2 แบบ คือ การพยากรณ์**ภายใน**ขอบเขตของข้อมูลที่ศึกษา และการพยากรณ์**ภายนอก**ของข้อมูลที่ศึกษา	- **การพยากรณ์ทั่วไป:** ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้ - **การพยากรณ์จากข้อมูลเชิงปริมาณ:** (1) ทำนายผลที่จะเกิดขึ้น**ภายใน**ขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้ (2) ทำนายผลที่จะเกิดขึ้น**ภายนอก**ขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้
II. ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน		
9. การตั้งสมมติฐาน	การตั้งสมมติฐาน หมายถึงการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดล่วงหน้านี้เป็นสิ่งที่ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้าส่วนใหญ่เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิด ซึ่งจะทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้	- หาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิม

ตารางที่ 1. (ต่อ)

ทักษะ	ความหมาย	ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว
10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึงการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆ (ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลอง) ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้	- กำหนดความหมายและขอบเขตของคำศัพท์หรือตัวแปรต่างๆ ที่สามารถสังเกตและวัดได้
11. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	การกำหนดตัวแปร หมายถึง การบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรเกิน (extraneous variable) ที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่งๆ ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ คือ สิ่งที่เป็นเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่ ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนแปลงไปตัวแปรตามจะเปลี่ยนแปลงตามด้วย ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ สิ่งอื่นๆ นอกจากตัวแปรต้นที่ส่งผลกระทบต่อการทดลอง ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือนๆ กัน จึงจะทำให้ไม่เกิดความคลาดเคลื่อนของการทดลองได้	- ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม (control variable) ได้
12. การทดลอง	การทดลอง หมายถึง การทำปฏิบัติการด้วยวิธีใดๆ เพื่อหาคำตอบหรือตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทักษะนี้ประกอบด้วย 3 กิจกรรมหลัก ได้แก่ (1) การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีการทดลอง ซึ่งต้องมีการกำหนดและควบคุมตัวแปร และเลือกใช้อุปกรณ์หรือสารเคมีต่างๆ ที่จะใช้ในการทดลองได้อย่างเหมาะสม (2) การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือทำปฏิบัติการทดลองจริง (3) การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลการสังเกต สำรวจ วัด หรือวิธีอื่นๆ	- กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ - วางแผนการทดลอง โดยระบุขั้นตอน อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีที่ต้องใช้ได้ - ปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ได้จนสำเร็จ - บันทึกผลการทดลองที่ได้อย่างถูกต้องและเที่ยงตรง
13. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะกระบวนการอื่นๆ ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น การลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทดลองได้	- แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ - สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการทดลองและเปรียบเทียบกับข้อมูลของผู้อื่นได้

ความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะที่ใช้อธิบายลักษณะทั่วไปของการคิดอย่างมีเหตุผล ซึ่งทำให้ผู้เรียนเรียนรู้และมีความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์ใหม่และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ ทักษะเหล่านี้ช่วยให้ผู้เรียนสามารถขยายแนวความคิดจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ (small idea) และเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้นเพื่ออธิบายโดยภาพรวม (big idea) ของปรากฏการณ์ใดๆ ได้อย่างมีเหตุผล นอกจากนี้ยังต้องทดสอบแนวคิดภาพรวมที่ผู้เรียนสร้างขึ้นด้วยวิธีการต่างๆ ด้วย

การเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ด้วยทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์นี้เป็นการสะสมแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องและเพิ่มเติมประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ในเวลานั้นจากแหล่งข้อมูลต่างๆ รวมถึงจากการทดลองด้วยตนเองด้วย การเรียนรู้ด้วยทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจเนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์จึงเป็นเป้าหมายสำคัญในด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ซึ่งปัจจุบันได้บรรจุในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วทุกภูมิภาคของโลก

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ช่วยให้ผู้เรียนเข้าถึงการรู้วิทยาศาสตร์ (science literacy) ได้ตามลักษณะที่สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์กำหนดได้แก่ โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (scientific worldview) การสืบเสาะเพื่อหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (scientific inquiry) และกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ (scientific enterprise) การเรียนรู้ด้วยทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพสามารถพัฒนาขึ้นได้โดยการเรียนรู้ด้วยการค้นพบ (discovery learning) ซึ่งเป็นทฤษฎีของเจโรมี บรูนเนอร์ (Jerome Bruner) โดยผู้เรียนเรียนรู้เพื่อหาปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สนใจกับสิ่งแวดล้อมด้วยตนเองจากพื้นฐานประสบการณ์และความรู้เดิมที่แตกต่างกันในแต่ละระดับชั้นที่ศึกษาอยู่ จากนั้นจึงนำมาสร้างเป็นความรู้ใหม่ ในลักษณะเดียวกับทฤษฎีสร้างความรู้ด้วยตนเองของพีเอเจต์ (Peajetian constructivism)

ดังนั้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นทักษะแกน (core skill หรือ key skill หรือ life skill) ที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิต (lifelong learning) และช่วยพัฒนาทักษะในการสื่อสาร (communicating skill) ความคิดเชิงวิจารณ์ (critical thinking) และทักษะในการแก้ปัญหา (problem-solving skill) จากหลักฐานที่เก็บรวบรวมได้ในช่วงเวลานั้นๆ

การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เมื่อผู้เรียนเรียนรู้ด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้ว จะเกิดลักษณะที่สอดคล้องกับการสอนวิทยาศาสตร์แบบโครงงาน (project-based science instruction : PIBI) (Berenfeld, 1994; NRC, 1996) ดังนี้

(1) สามารถกำหนดและตั้งคำถามงานวิจัยได้

(2) สามารถกำหนดสมมติฐานการวิจัยได้

(3) สามารถกำหนดตัวแปรที่สามารถวัดค่าเชิงคุณภาพหรือปริมาณได้

(4) สามารถออกแบบวิธีการสำรวจผลการวิจัยได้

(5) ปฏิบัติการเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยได้

(6) บันทึก วิเคราะห์ และตีความข้อมูลได้

(7) สามารถสรุปผลจากข้อมูลได้

(8) นำเสนอข้อมูลในรูปแบบการบรรยาย (oral presentation) หรืองานเขียน (writing presentation) ได้

ผู้เรียนที่เรียนแบบโครงงานต้องมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามระดับความรู้พื้นฐานและประสบการณ์เดิมที่มีอยู่เพื่อวางแผนการทดลองและจัดการเวลาสำหรับโครงงานที่ผู้เรียนสนใจได้ (Colly, 2006) นอกจากการสอนแบบโครงงานแล้ว ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ยังนำมาใช้ในการเรียนการสอนแบบอื่นๆ เช่น การสืบเสาะเพื่อหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (scientific inquiry) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem-based learning : PBL) เป็นต้น

การสืบเสาะเพื่อหาความรู้วิทยาศาสตร์นี้เป็นกิจกรรมที่ใช้ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์อย่างมาก ตั้งแต่การสังเกต การตั้งคำถาม การสำรวจข้อมูลจากหนังสือ ตำรา หรือแหล่งข้อมูลอื่นๆ ที่มีอยู่แล้ว การวางแผนทดลอง การทบทวนเพื่อหาหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง การใช้เครื่องมือต่างๆ เพื่อการรวบรวม วิเคราะห์ และตีความข้อมูล นำเสนอคำตอบ อธิบายและทำนายผลจากข้อมูลการทดลอง และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ดังนั้นผู้เรียนที่เรียนด้วยการสืบเสาะเพื่อหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์นี้จะมีความสามารถในการตั้งข้อสมมติ (assumption) ใช้ความคิดแบบวิเคราะห์อย่างเป็นเหตุผล และพิจารณาหาคำอธิบายหลายๆ อย่างสำหรับพิสูจน์ข้อสมมติที่ตนเองตั้งไว้ได้ (NRC, 1996)

ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่าวิธีการสอนแบบสืบเสาะ (inquiry-based instruction) เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสอนเพื่อให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Bybee et al., 2006) สำหรับวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยในปัจจุบันเป็นแบบให้ผู้เรียนสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง (constructivism) โดยการสืบเสาะหาความรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ BSCS 5E (5E learning model) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่ การวางแผน (engage) การสำรวจ (explore) การอธิบาย (explain) การขยายความรู้ (elaborate) และการประเมิน (evaluate) (BSCS, 2006) จากการสอนแบบ BSCS 5E ที่สรุปในตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าการสอนแบบสืบเสาะตามรูปแบบ BSCS 5E นี้ช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในทุกๆ ขั้นตอน จนสามารถขยายผลเพื่อเป็นความรู้หรือประสบการณ์พื้นฐานในการเรียนรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้ นอกจากนี้ยังมีการขยายรูปแบบการเรียนรู้แบบ BSCS 5E เป็น 7E โดยเพิ่มเติมขั้นตอนก่อนการวางแผนคือ การสำรวจความเข้าใจเดิม (elicit) และขั้นตอนสุดท้ายหลังจากการประเมินคือ การขยายผลจากการประเมิน (extend) (Eisenkraft, 2003) ตัวอย่างของการเรียนการสอนแบบ 7E ในบทเรียนเรื่อง “เขื่มขัดนิรภัย” แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2. การสอนแบบสืบเสาะตามรูปแบบ BSCS 5E (Bybee et al., 2006)

ขั้นตอน	วิธีการโดยสรุป
การวางแผน	ผู้สอนจัดกิจกรรมหรือเหตุการณ์ในระยะเวลาสั้นๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้อยากเห็น และเพื่อให้ผู้เรียนแสดงความรู้เดิมออกมา กิจกรรมดังกล่าวควรเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมและสิ่งที่ผู้เรียนกำลังเรียนรู้ ผู้เรียนต้องใช้ความรู้เดิมที่มีและจัดเรียงความคิดใหม่ด้วยตนเองเพื่อให้ได้คำตอบของกิจกรรมที่กำลังปฏิบัติอยู่
การสำรวจ	ผู้สอนจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้ผู้เรียนสำรวจปัญหาหรือประเด็นที่ผู้เรียนอยากรู้ เพื่อให้ทราบถึงความเข้าใจคลาดเคลื่อน (misconception) กระบวนการและทักษะที่ต้องใช้ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงแนวคิดต่างๆ ผู้เรียนอาจทำกิจกรรมปฏิบัติการต่างๆ เพื่อให้สามารถดึงความรู้เดิมไปสร้างแนวคิดใหม่ๆ สำรวจปัญหาหรือคำถามที่ตั้งขึ้น ออกแบบ และหาวิธีตอบคำถามเบื้องต้น
การอธิบาย	ผู้สอนจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนวิเคราะห์ แสดงความรู้ที่ได้มาจากขั้นตอนการวางแผนและการสำรวจ รวมถึงแสดงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมทางวิทยาศาสตร์ ขั้นตอนนี้เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้สอนได้นำเสนอความรู้ กระบวนการ และทักษะใหม่ได้โดยตรงด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การบรรยาย การสาธิต เป็นต้น ซึ่งทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่ผู้สอนต้องการได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และสามารถเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งและสำคัญนอกเหนือไปจากความรู้ในหลักสูตรได้
การขยายความรู้	ผู้สอนจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ท้าทายผู้เรียนให้สามารถขยาย เพิ่มเติม หรือเติมเต็มความเข้าใจในเนื้อหาและทักษะต่างๆ ได้ จากความรู้ใหม่ที่ได้ในขั้นตอนการอธิบาย ทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความรู้ความเข้าใจที่ลึกซึ้งและกว้างขวาง มีข้อมูลมากขึ้น และมีทักษะที่เพียงพอ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในกิจกรรมเพิ่มเติมอื่นๆ ได้
การประเมิน	ผู้สอนจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ทำให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ วิจารณ์ และอภิปรายซักถามซึ่งกันและกัน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบความเข้าใจด้วยตนเองได้ และเพื่อให้ผู้สอนสามารถประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนให้บรรลุตามจุดประสงค์ของการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

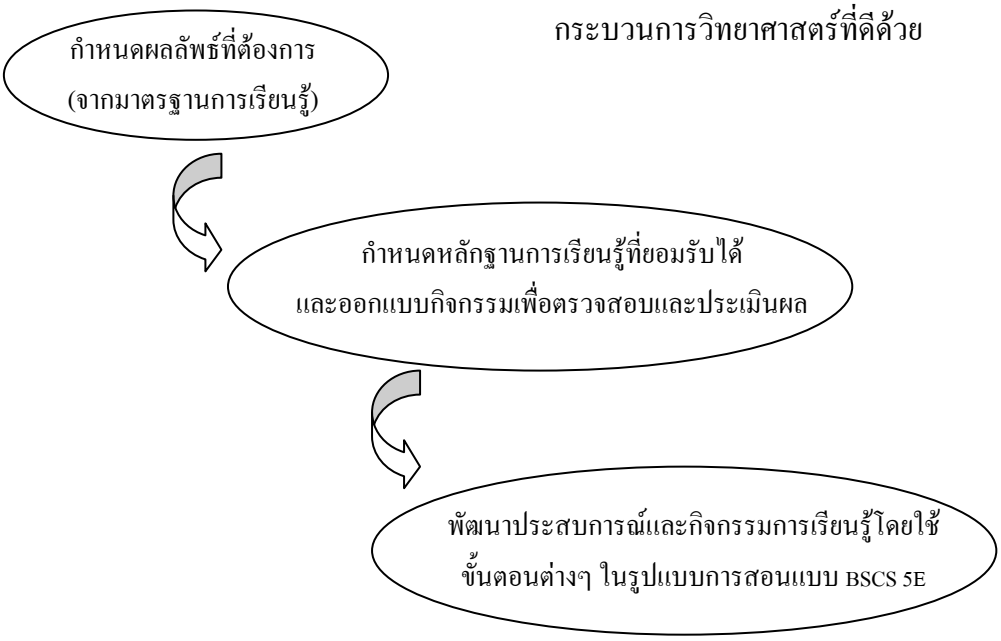
ตารางที่ 3. ตัวอย่างการเรียนการสอนแบบสืบเสาะตามรูปแบบ Eisenkraft's 7E (Eisenkraft, 2003)

ขั้นตอน	**ตัวอย่างการเรียนการสอนแบบสืบเสาะแบบ Eisenkraft's 7E เรื่อง "เข็มขัดนิรภัย"**
การสำรวจความเข้าใจเดิม	ครูถามนักเรียนว่า "สมมติว่านักเรียนต้องออกแบบเข็มขัดนิรภัยสำหรับรถแข่งความเร็วสูง นักเรียนคิดว่าเข็มขัดนิรภัยต้องมีความแตกต่างจากเข็มขัดนิรภัยในรถยนต์อื่นๆ อย่างไร ขอให้นักเรียนเขียนสรุปคำตอบที่นักเรียนคิดและเปรียบเทียบกับเพื่อนๆ ที่นั่งข้างๆ และครูจะขอให้นักเรียนบางคนอ่านคำตอบให้เพื่อนๆ ทั้งห้องฟัง (ขั้นตอนนี้ใช้เวลา 5 – 10 นาทีของเวลาเรียนทั้งหมด)
การวางแผน (1)	นักเรียนหาความสัมพันธ์ระหว่างอุบัติเหตุทางรถยนต์ที่ผู้พบเห็นบอกเล่าในภาพยนตร์หรือเหตุการณ์ในชีวิตจริง
การสำรวจ (1)	เริ่มจากนักเรียนทดลองสร้างรูปปั้นคนจากดินเหนียวนั่งลงในรถยนต์ที่ครูจัดให้ จากนั้นนำรถยนต์ชนกับกำแพง และตรวจสอบการชนกำแพงของรถและรูปปั้นคน
การอธิบาย (1)	ครูอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่นักเรียนเห็นตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน กล่าวว่า "วัตถุจะรักษาสภาพอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ในแนวเส้นตรง นอกจากจะมีแรงลัพธ์ที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์มากระทำต่อวัตถุนั้น"
การวางแผน (2)	นักเรียนดูวิดีโอเรื่อง "การทดสอบการชนของรถยนต์" เพิ่มเติม
การสำรวจ (2)	ครูถามนักเรียนว่า ทำอย่างไรนักเรียนถึงช่วยให้รูปปั้นคนไม่ได้รับการบาดเจ็บจากการชนกำแพง นักเรียนหรือครูเสนอแนะว่า รูปปั้นคนต้องการเข็มขัดนิรภัยสำหรับการทดลองชนกำแพงซ้ำอีกครั้ง นักเรียนใช้ลวดบางๆ ทำเข็มขัดนิรภัยและผูกรูปปั้นคนเข้ากับรถยนต์ก่อนการชนกำแพง หลังจากการทดลองเสร็จสิ้น นักเรียนพบว่าเข็มขัดนิรภัยจากลวดสามารถป้องกันไม่ให้รูปปั้นคนชนกับกำแพง แต่ลวดได้เฉือนเนื้อดินเหนียวเข้าไปครึ่งหนึ่งของตัวรูปปั้นคน
การอธิบาย (2)	นักเรียนคิดว่าต้องสร้างเข็มขัดนิรภัยให้กว้างกว่าเดิม ครูอธิบายเพิ่มเติมเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความดัน แรง และพื้นที่
การขยายความรู้	นักเรียนสามารถสร้างเข็มขัดนิรภัยที่ดีกว่าเดิม และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงต่างๆ และกฎข้อแรกของนิวตันได้
การประเมิน	ครูขอให้นักเรียนออกแบบเข็มขัดนิรภัยสำหรับรถแข่งที่มีความเร็ว 250 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และเปรียบเทียบกับเข็มขัดนิรภัยที่รถแข่ง NASCAR ใช้
การขยายผล	ครูท้าทายให้นักเรียนสำรวจการทำงานของถุงลมนิรภัยและเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างระหว่างเข็มขัดนิรภัยและถุงลมนิรภัย ครูถามนักเรียนว่า "กลไกการทำงานของถุงลมนิรภัยเป็นอย่างไร ทำไมถุงลมนิรภัยจึงไม่พองตัวออกมาเมื่อได้รับอุบัติเหตุเล็กน้อยแต่พองตัวออกมาเมื่อรถชนต้นไม้"

นอกจากนี้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันตามหลักสูตรการศึกษาแกนกลางขั้นพื้นฐาน ยังเปลี่ยนรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากการออกแบบการสอนแบบเดินหน้า (forward design) เป็นการออกแบบการสอนแบบย้อนกลับ (backward design) ซึ่งเปลี่ยนแปลงจากการกำหนดสิ่งที่ผู้สอนต้องการให้ความรู้โดยเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้หรือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมก่อน จากนั้นสร้างกิจกรรมการเรียนรู้และออกแบบการวัดประเมินผล มาเป็นการกำหนดสิ่งที่ผู้เรียนควรได้รับหลังจากการเรียนแล้ว หรือเป้าหมายการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการวัดสมรรถนะของผู้เรียน (learner's competency) จากนั้นออกแบบการวัดประเมินผลและกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบต่างๆ แทน สำหรับการสอนแบบสืบเสาะตามรูปแบบ BSCS 5E สามารถออกแบบการสอนแบบย้อนกลับได้เช่นกัน ดังในภาพที่ 1

บทสรุป

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการคิดทางปัญญาที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น ซึ่งจำแนกตามความยากง่ายของทักษะต่างๆ เป็น 2 ประเภทได้แก่ ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (8 ทักษะ) และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน (5 ทักษะ) ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมและแนวคิดใหม่ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม การสอนวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์นั้นทำได้หลายรูปแบบเช่น การสอนแบบโครงงาน การสอนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน หรือการสอนแบบสืบเสาะ จากการวิจัยของ BSCS พบว่าการสอนแบบสืบเสาะตามรูปแบบ BSCS 5E ช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ดีที่สุด นอกจากนี้การสอนแบบสืบเสาะยังสามารถออกแบบย้อนกลับตามการเรียนการสอนในปัจจุบันได้เพื่อให้ผู้เรียนมีสมรรถนะในเรื่องของทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ดีด้วย



ภาพที่ 1. การออกแบบการสอนแบบย้อนกลับของการสืบเสาะตามรูปแบบ BSCS 5E
ที่มา : (Bybees et al., 2006)

บรรณานุกรม

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, พเยาว์ ยินดีสุข, สุรสงห์ นิรชร, วิภา เกียรติธนะบำรุง, ธาริณี วิทยาอนิวรรตน์, อมรรัตน์ บุบผโชติ และคณะ. (2549). **วิธีวิทยาการเขียนแผนจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยหลักการสอน 3S+I: การบูรณาการที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง**. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2542). **การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

American Association for the Advancement of Science. (1989). **American Association for the Advancement of Science Project 2061: Science for All Americans**. Washington, DC: AAAS.

Berenfeld, B. (1994). Technology and the new model of science education: The global lab experience. **Machine-Mediated Learning** 4(2-3): 203-207.

Biological Sciences Curriculum Study [BSCS]. (2006). **BSCS Science: An Inquiry Approach**. Dubuque, IA: Kendall/Hunt.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powell, J. C., Westbrook, A., Landes, N., et al. (2006). **The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness**. Colorado Springs, CO: BSCS.

Colly, K. E. (2006). Understanding ecology content knowledge and acquiring science process skills through project-based science instruction. **Science Activities** 43(1): 26-33.

Dirk, C., and Cunningham, M. (2006). Enhancing diversity in science: Is teaching science process skills the answer? **Cell Biology Education** 5: 218-226.

Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model. **The Science Teacher** 70(6): 56-59.

Harlen, W. (1999). Purposes and procedures of assessing science process skills. **Assessment in Education** 6(1): 129-144.

Monhardt, L., and Monhardt, R. (2006). Creating a context for the learning of science process skills through picture books. **Early Childhood Education Journal** 34(1): 67-71.

National Research Council [NRC]. (1996). **National Science Education Standards**. Washington, DC: National Academy Press.

Padilla, M. J. (1990). **The Science Process Skills**. NARST Research Matters – to the Science Teacher. USA: National Association for Research in Science teaching.

Wilke, R. R., and Straits, W. J. (2001). The effects of discovery learning in a lower-division biology course. **Advances in Physiology Education** 25: 62-69.

Wilke, R. R., and Straits, W. J. (2006). Developing students' process skills in today's science classroom. **The Texas Science Teacher** 35(1): 11-16.