ครูมือใหม่จะเริ่มสอนโครงงานวิทยาศาสตร์อย่างไรดี

สุระ วุฒิพรหม

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190
E-mail: wuttiprom@gmail.com

รับบทความ: 25 สิงหาคม 2554 ยอมรับตีพิมพ์: 5 กันยายน 2554

บทคัดย่อ

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เป็นหัวใจของการปฏิรูปการศึกษา เนื่องจากส่งเสริมให้ผู้เรียนแต่ละคนได้พัฒนาตนเองอย่างเต็มตามศักยภาพ แม้ว่าการจัดกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้โครงงานไม่ใช่แนวคิดใหม่ แต่ไม่ใช่เรื่องง่ายสำหรับครูมือใหม่ ดังนั้นบทความนี้จึงได้นำเสนอแนวทาง เทคนิค กิจกรรม และแหล่งเรียนรู้ทางอินเตอร์เน็ต สำหรับให้ครูมือใหม่นำไปใช้ในห้องเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: โครงงานวิทยาศาสตร์ ครูมือใหม่ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

How Do Novice Teachers Teach Science Fair Project?

Sura Wuttiprom

Department of Physics, Faculty of Science, Ubonratchathani University, Ubonratchathani 34190, Thailand
E-mail: wuttiprom@gmail.com

Abstract

Project-based science management is the heart of education reform because of promoting individual students to develop themselves efficiently. Although project-based science management is not a new approach, it is not easy to novice teachers. The aims of this article is thus to present approaches, techniques, activities and online resources for effective implementation into the classroom.

Keywords: Science fair project, Novice teacher, Science learning management

บทนำ:

จุดมุ่งหมายประการหนึ่งของการสอนวิทยาศาสตร์ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 คือ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ (child-oriented teaching) ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และปฏิบัติจริงได้ด้วยตนเอง สามารถพัฒนาตนเองตามธรรมชาติ เต็มศักยภาพ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง วิธีการหรือแนวทาง (approach) ที่จะให้ไปถึงเป้าหมายดังกล่าว คือ การใช้กิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะโครงงานวิทยาศาสตร์ (project-based learning) การเรียนวิทยาศาสตร์โดยการทำโครงงานนั้นกว้างและลึกกว่าการเรียนรู้แบบจากตำรา เพราะเป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงว่า วิทยาศาสตร์คืออะไร นักวิทยาศาสตร์ทำงานอย่างไร มีข้อจำกัดอะไร (Hassard, 1999) ภายใต้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2551; รมิดา ชาญประโคน, 2553)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Research Council, 2000) ได้กำหนดลักษณะสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์โดยทำโครงงานไว้ 5 ประการ ได้แก่ 1) ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและสนใจในคำถามทางวิทยาศาสตร์ 2) ผู้เรียนเก็บรวบรวมหลักฐานและ/หรือลำดับความสำคัญของหลักฐาน 3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ 4) ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์พร้อมเปรียบเทียบคำอธิบายกับคำอธิบายอื่น ๆ ที่อาจเป็นไปได้ และ 5) ผู้เรียนสามารถสื่อสารและแสดงเหตุผลเพื่อตอบคำถามที่เกี่ยวข้อง ลักษณะสำคัญทั้ง 5 ประการข้างต้นนั้นสอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นการสืบเสาะหาความรู้ (science as inquiry)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ให้ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการศึกษาค้นคว้าตามสนใจ ความถนัด และความสามารถของผู้เรียนภายใต้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบหรือผลงานที่มีความสมบูรณ์ในตัว โดยนักเรียนเป็นผู้วางแผนการศึกษาค้นคว้าและดำเนินการศึกษาด้วยตนเอง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และมีเจตคติที่ดีต่อกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีครูเป็นเพียงผู้ให้คำปรึกษาเท่านั้น

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ (2551) ให้ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์ว่า เป็นงานที่เกิดจากการสอนวิทยาศาสตร์แบบโครงงานเพื่อให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าและเรียนรู้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ภายใต้การควบคุมดูแลของผู้เชี่ยวชาญหรือครูที่ปรึกษา หรือพูดอีกนัยหนึ่ง โครงงานวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือสำหรับฝึกผู้เรียนให้สามารถคิดเป็นวิทยาศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีความชำนาญในการใช้และเลือกใช้เครื่องมือ และสามารถผสานความรู้วิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์และสรุปผลจากข้อมูลที่ผู้เรียนเก็บมา นอกจากนี้ ยังฝึกทักษะที่เกี่ยวข้องกับการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งด้านการเขียนรูปเล่มรายงาน การนำเสนอปากเปล่า และการนำเสนอแบบสาธิตด้วย

การสอนโดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์เป็นฐานมีจุดเด่นหลายประการ เช่น สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เสริมสร้างบุคลิกภาพนักวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สอดคล้องกับการพัฒนาพหุปัญญา (multiple intelligences) พัฒนาทักษะกระบวนการต่าง ๆ เช่น ทักษะบวนการคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความเชื่อมั่นในตนเอง การมีวินัยในการทำงาน ความรับผิดชอบ และความสามารถที่จะทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ และที่สำคัญสามารถประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน (จารุวรรณ เสียงไพเราะ และคณะ, 2554; Goodnough and Cahsion, 2003; Gallagher et al.,1995; Hand and Keys, 1999; Montes and Sanabria, 2003; Sanger, 2008)

การสอนโครงงานวิทยาศาสตร์สำหรับครูมือใหม่

โครงงานวิทยาศาสตร์คืออะไร จะต้องใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ใดบ้าง โครงงานวิทยาศาสตร์แบ่งเป็นกี่ประเภท มีเคล็ดลับอะไรบ้างในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ การเขียนรายงานโครงงานวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปควรประกอบด้วยหัวข้อใดบ้าง หรือการนำเสนอโครงงานวิทยาศาสตร์ที่ดีควรทำอย่างไร คำถามเหล่านี้ครูต่างทราบคำตอบดีอยู่แล้ว หรือถ้ายังไม่มั่นใจสามารถค้นคว้าได้จากตำรา เอกสารทางวิชาการ หรือบนเว็บไซต์ต่างๆ แต่เชื่อว่าปัญหาที่ครูมือใหม่หลายคนกำลังประสบอยู่ คือ จะเริ่มต้นอย่างไรให้นักเรียนรู้จักกับโครงงาน จนกระทั่งสามารถคิดและทำโครงงานวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง วิธีการต่างๆ ต่อไปนี้อาจช่วยคลายความกังวลเบื้องต้นเกี่ยวกับการเริ่มทำโครงงานวิทยาศาสตร์

วิธีที่ 1 ต้องชี้ให้เห็นถึงความสำคัญหรือประโยชน์ของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เช่น

การทำโครงงานวิทยาศาสตร์.....

1. เหมือนการผจญภัยในอีกรูปแบบที่ต้องอาศัยเวลา การวางแผน และการศึกษาค้นคว้าอย่างหนัก ซึ่งจะทำให้นักเรียนค้นพบตัวเองและค้นพบวิทยาศาสตร์

2. เหมือนการเป็นนักสืบตัวน้อย ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนหาคำตอบด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. อาจทำให้เกิดการค้นพบแนวคิด อุปกรณ์ เทคนิค และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ เช่น โครงงานวิทยาศาสตร์เรื่อง รูปแบบการหุบของไมยราบ (นิพนธ์ ศรีนฤมล และคณะ, 2551) ที่พยายามพิสูจน์ว่า ไมยราบหุบใบได้อย่างไร โดยการหยดน้ำแป้งข้าวโพดจากระดับความสูงต่าง ๆ จำนวน 15 ระดับความสูงด้วยสายน้ำเกลือตามโรงพยาบาลซึ่งหาง่ายและเที่ยงตรงสูง ไม่ต้องใช้เครื่องมือแพง ๆ ทั้งนี้เพื่อหาความสัมพันธ์ของแรงกระทำจากน้ำแป้งที่ส่งผลต่อรูปแบบการหุบของไมยราบ ประโยชน์ที่ได้จากการโครงงานนี้ คือ การใช้ต้นไมยราบคาดการณ์การเกิดแผ่นดินไหว (สาเหตุที่ไมยราบหุบใบได้อย่างรวดเร็วเมื่อถูกรบกวน เพราะตามโคนก้านใบของไมยราบมีกลุ่มเซลล์ที่ซึมซับน้ำเอาไว้จนมีแรงดัน ทำให้ใบนั้นกางอยู่ได้ แต่เมื่อไรก็ตามที่มันถูกสัมผัสหรือรับรู้ได้ถึงแรงสั่นสะเทือน เซลล์เหล่านี้จะคลายน้ำออกมาอย่างรวดเร็ว ทำให้สูญเสียแรงดัน ใบของมันจะหุบลง และหากทิ้งไว้สักครู่ รอจนเซลล์นั้นดูดซึมน้ำกลับเข้าไป ใบของมันจะกางได้อีกครั้ง)

4. ทำให้เข้าใจความเป็นมาและเป็นไปของโลกและสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัว

5. ทำให้นักเรียนเข้าใจการทำงานของนักวิทยาศาสตร์

6. ทำให้นักเรียนบูรณาการความรู้ในสาขาต่างๆ เช่น วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สังคมศาสตร์

7. สามารถพัฒนาทักษะด้านต่างๆ เช่น การใช้ห้องสมุด การสืบค้นข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต ทักษะทางด้านการสื่อสาร การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและยอมรับฟังความเห็นของคนอื่น

8. คือรางวัล เช่น เป็นตัวแทนประเทศไทยไปเข้าประกวดในงาน Intel International Science and Engineering Fair (Intel ISEF) ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยผ่านการประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ของสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ และการประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์ของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)

9. การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ นอกจากจะพัฒนาเป็นกิจกรรมที่มีประโยชน์และคุณค่าต่อนักเรียนในข้อ 1–8 แล้ว ครูที่ปรึกษาจะได้รับความรู้ความเข้าใจเพิ่มเติมในเรื่องที่เกี่ยวกับโครงงานวิทยาศาสตร์นั้น และทำให้นักเรียนเกิดความเชื่อถือและศรัทธาครู ทำให้ครูใจกว้าง มีเหตุผล ซึ่งมีผลต่อการเป็นต้นแบบให้กับนักเรียนได้เป็นอย่างดี ทำให้ครูพัฒนาตนเอง มีเทคนิคใหม่ในการจัดการเรียนรู้ เห็นคุณค่าและภาคภูมิใจในความสามารถในวิชาชีพของตน

วิธีที่ 2 ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ๆ พอนักเรียนเรียนรู้และเข้าใจ ถึงใช้ศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การกำหนดและควบคุมตัวแปร

เลี่ยง...การใช้คำว่า ***ตัวแปรต้น*** และให้ใช้คำว่า ***สิ่งที่ฉันจะเปลี่ยน***

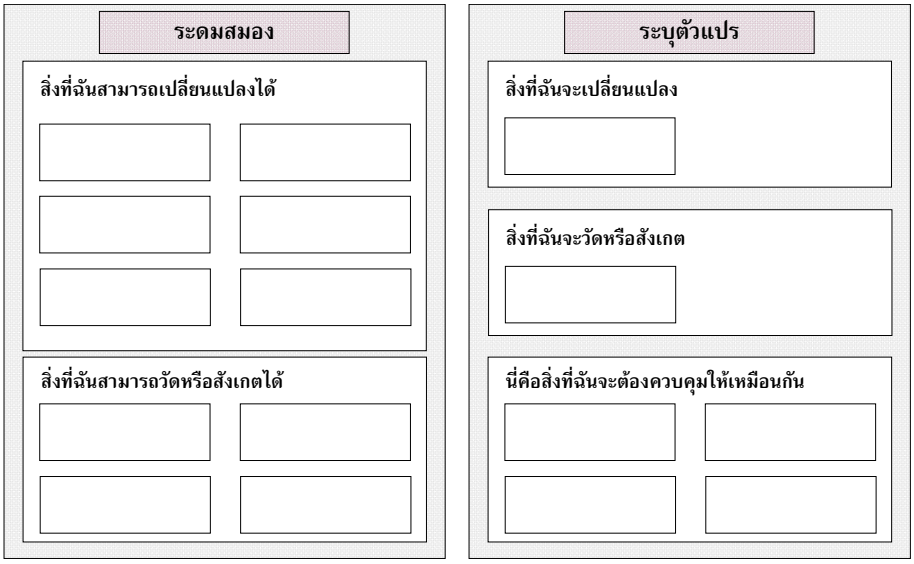
เลี่ยง...การใช้ ***ตัวแปรตาม*** และให้ใช้คำว่า ***สิ่งที่ฉันจะวัด***

เลี่ยง...การใช้คำว่า ***ตัวแปรควบคุม*** และให้ใช้คำว่า ***สิ่งที่ฉันจะต้องควบคุมให้เหมือนกัน*** แทน

หรือแม้แต่คำว่า ***สมมติฐาน*** ก็ควรเลี่ยง... โดยอาจพูดเป็นประโยคคำถามสั้นๆ เกี่ยวกับการทดลองนั้นๆ เช่น "***นักเรียนลองทายดูซิว่าจะเกิดอะไรขึ้น***" เมื่อนักเรียนทำโครงงานวิทยาศาสตร์เสร็จแล้ว ครูควรอธิบายซ้ำให้นักเรียนรู้ว่า คำพูดง่ายๆ ที่เราใช้กันนั้น จริงๆ แล้วมีชื่อเรียกเฉพาะในวงการวิทยาศาสตร์

วิธีที่ 3 เทคนิคการเลือกตัวแปรด้วยกระดาษโน้ต

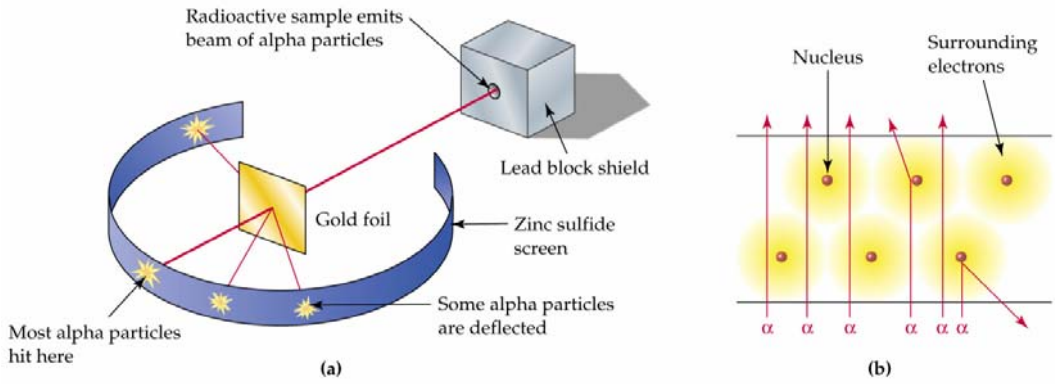
อีกหนึ่งปัญหาสำคัญในการเริ่มต้นทำโครงงานวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน คือ การระบุตัวแปร เทคนิคอย่างง่ายที่ช่วยให้นักเรียนสามารถระบุตัวแปรได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ การใช้กระดาษโน้ตแปะกับกระดาษแข็งที่ครูเตรียมไว้ให้ ข้อดีของกระดาษโน้ต คือ นักเรียนสามารถเคลื่อนย้ายตัวแปรต่างๆ ได้อย่างสะดวก



ภาพที่ 1 ไดอะแกรมแสดงการใช้กระดาษโน้ตในการระบุตัวแปร

วิธีที่ 4 ปูทักษะพื้นฐาน เพื่อเตรียมการให้นักเรียนทำโครงงานวิทยาศาสตร์

การศึกษาและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของนักวิทยาศาสตร์นั้นจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากหลายแหล่ง ในบางครั้งนักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเก็บหลักฐานโดยตรงจากประสาทสัมผัส (ตา หู จมูก ปาก และผิวหนัง) ได้ เช่น อะตอมที่มีขนาดเล็กมาก ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า รัทเทอร์ฟอร์ดจึงได้เสนอแบบจำลองโครงสร้างของอะตอมขึ้นจากการสังเกตอนุภาคแอลฟาที่เบี่ยงเบนออกจากแนวเส้นตรงด้วยมุมต่าง ๆ (ภาพที่ 2) หลังยิงใส่แผ่นทองคำ การสังเกตเพียงอย่างเดียวไม่สามารถอธิบายได้ว่าเกิดอะไรขึ้น แต่รัทเทอร์ฟอร์ดอาศัยการลงความเห็น จากความรู้เดิมเกี่ยวกับประจุและการเบี่ยงเบนร่วมด้วย และอธิบายว่า ภายในอะตอมน่าจะมีอนุภาคขนาดเล็กบางอย่างรวมกันเป็นกลุ่มก้อน และมีมวลมากพอที่จะทำให้อนุภาคแอลฟาเกิดการเบี่ยงเบนไปจากแนวเส้นตรง ปัจจุบันทราบแล้วว่า อนุภาคดังกล่าวนั้นคือนิวเคลียส

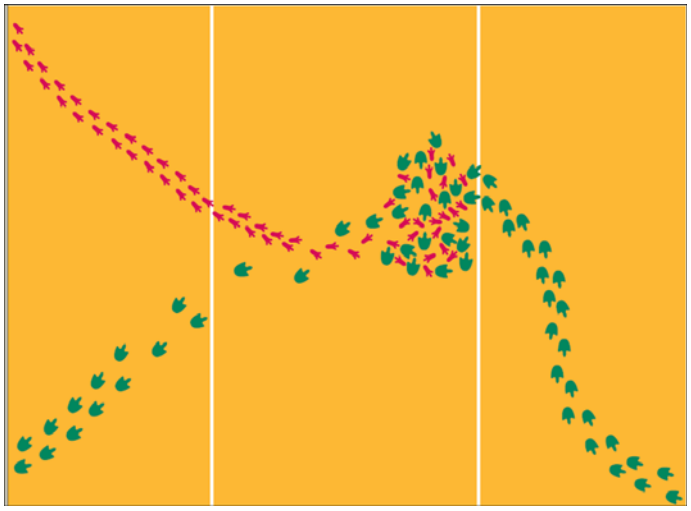


ภาพที่ 2 การทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ด
ที่มา: http://www.xtimeline.com/evt/view.aspx?id=414443

ในทำนองเดียวกันหากครูสามารถพัฒนาทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การลงความเห็น การสร้างคำอธิบาย จะเป็นประโยชน์ต่อนักเรียน เพราะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนมีหลายปรากฏการณ์ที่นักเรียนไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง เช่น เรื่อง วงจรไฟฟ้า นักเรียนไม่สามารถมองเห็นกระแสไฟฟ้าหรืออิเล็กตรอนได้

แต่นักเรียนสามารถลงความเห็นเกี่ยวกับการไหลของกระแสจากการสังเกตความสว่างของหลอดไฟ เช่น เมื่อนักเรียนเพิ่มหลอดไฟเข้าไปในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม นักเรียนจะสังเกตได้ว่าความสว่างของหลอดไฟจะลดลง โดยที่ความสว่างของหลอดไฟทุกดวงเท่ากัน จากการสังเกตนี้นักเรียนสามารถลงความเห็นได้ว่า ปริมาณกระแสไฟฟ้าไหลที่ผ่านหลอดไฟแต่ละดวงมีค่าเท่ากัน รวมทั้งสามารถสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับความต้านทานในวงจรไฟฟ้าเมื่อเพิ่มจำนวนหลอดไฟในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ด้วย

ภาพรอยเท้าสัตว์สองชนิด (ภาพที่ 3) สามารถเป็นกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะการสังเกตและการลงความเห็น โดยให้นักเรียนดูทีละภาพ จากนั้นบอกสิ่งที่สังเกตได้พร้อมและลงความคิดเห็น โดยให้นักเรียนบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรมการฝึกทักษะ



ภาพ (ก) ภาพ (ข) ภาพ (ค)

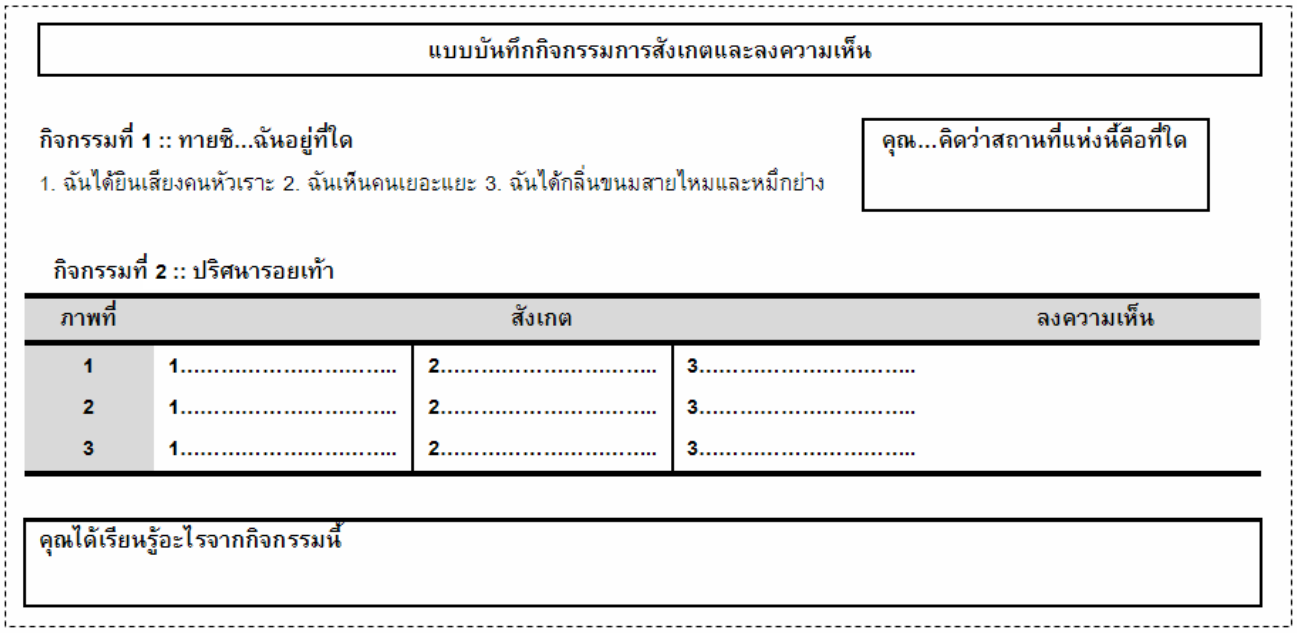
ภาพที่ 3 ภาพรอยเท้าสัตว์สองชนิดสำหรับกิจกรรมปริศนารอยเท้าสำหรับฝึกทักษะการสังเกตและลงความเห็น
ที่มา: http://mysciencelessons.wordpress.com/tag/observation/

วิธีที่ 5 ค่อยเป็นค่อยไป

การทำโครงงานวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งได้หลายระดับ ตั้งแต่เปิดโอกาสให้นักเรียนคิดและลงมือทำน้อย แต่อาศัยการช่วยเหลือจากครูมาก เมื่อนักเรียนเข้าใจการทำโครงงานวิทยาศาสตร์และมีทักษะพื้นฐานเพียงพอ ก็ค่อยๆ เพิ่มระดับความยากโดยนักเรียนคิดและลงมือทำเองทั้งหมด ทั้งนี้ครูสามารถใช้ตาราง 1 เป็นเครื่องมือสำหรับประเมินศักยภาพในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และตัวครูเองก็สามารถใช้ประเมินระดับการจัดการเรียนรู้ว่าให้ความสำคัญกับบทบาทของนักเรียนหรือครูมากกว่ากัน

วิธีที่ 6 การเลือกหัวข้อโครงงานวิทยาศาสตร์

1. โครงงานวิทยาศาสตร์หลายเรื่องที่ประสบความสำเร็จในการประกวดเวทีระดับโลก เกิดจากความชอบ สนุกสนานและมีความสุขที่ได้ทำ เช่น โครงงานการแตกตัวของฝักต้อยติ่ง (นิพนธ์ ศรีนฤมล และคณะ, 2550) เลือกหัวข้อที่ใกล้ตัว เพราะว่าวิทยาศาสตร์คือการศึกษาสิ่งต่างๆ รอบตัว เช่น โครงงานผลตอบแทนและคุณภาพของยางก้อนถ้วยระหว่างการใช้น้ำหมักจุลินทรีย์ชีวภาพกับกรดฟอร์มิก ที่เกิดจากปัญหาในการใช้กรดฟอร์มิกเพื่อทำให้น้ำยางจับตัวสำหรับผลิตยางแข็งภายในครอบครัว และพัฒนาเรื่อยมาจนได้น้ำหมักจุลินทรีย์ชีวภาพที่คุณสมบัติช่วยลดเวลาในขั้นตอนการจับตัวน้ำยางได้เร็วกว่ากรดฟอร์มิกถึง 10 เท่า ลดการใช้สารเคมีราคาแพงและอันตราย และสามารถใช้เป็นปุ๋ยรดต้นยางพาราได้ จนปัจจุบันคนในหมู่บ้านทั้งหมดใช้น้ำหมักจุลินทรีย์ชีวภาพแทนกรดฟอร์มิก



แบบบันทึกกิจกรรมการสังเกตและลงความเห็น

กิจกรรมที่ 1 :: ทายซิ...ฉันอยู่ที่ใด

1. ฉันได้ยินเสียงคนหัวเราะ 2. ฉันเห็นคนเยอะแยะ 3. ฉันได้กลิ่นขนมสายไหมและหมึกย่าง

คุณ...คิดว่าสถานที่แห่งนี้คือที่ใด

กิจกรรมที่ 2 :: ปริศนารอยเท้า

ภาพที่	สังเกต		ลงความเห็น
1	1.....	2.....	3.....
2	1.....	2.....	3.....
3	1.....	2.....	3.....

คุณได้เรียนรู้อะไรจากกิจกรรมนี้

ภาพที่ 4 ตัวอย่างแบบบันทึกกรรมการสังเกตและลงความเห็น

ตาราง 1 ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์หรือสืบเสาะหาความรู้และบทบาทของครูและนักเรียน (National Research Council, 2000)

ลักษณะสำคัญ	มาก <<---------- บทบาทของนักเรียน ----------->> น้อย น้อย <<---------- บทบาทของครู ----------->> มาก			
1. นักเรียนเกิดแรงจูงใจและสนใจในคำถามทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนตั้งคำถามเอง	นักเรียนเลือกคำถามจากคำถามที่มีอยู่แล้วและตั้งเป็นคำถามใหม่	นักเรียนปรับแก้คำถามจากคำถามที่มีอยู่แล้ว	นักเรียนสนใจในคำถามที่มีอยู่แล้ว
2. นักเรียนเก็บรวบรวมหลักฐานและ/หรือลำดับความสำคัญของหลักฐาน	นักเรียนวิเคราะห์ว่าหลักฐานต้องประกอบด้วยอะไรบ้างและเก็บรวบรวมหลักฐาน	นักเรียนเก็บข้อมูลตามคำชี้แนะ	นักเรียนได้รับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล	นักเรียนได้รับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลตามคำชี้แนะ
3. นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนสรุปหลักฐานและสร้างคำอธิบาย	นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานตามคำชี้แนะ	นักเรียนได้รับคำชี้แนะวิธีการต่างๆ ที่เป็นไปได้เพื่อสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน	นักเรียนได้รับวิธีการสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน
4. นักเรียนเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์พร้อมเปรียบเทียบคำอธิบายกับคำอธิบายอื่นๆ ที่อาจเป็นไปได้	นักเรียนหาแหล่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเชื่อมโยงกับคำอธิบายด้วยตัวเอง	นักเรียนได้รับการชี้แนะแหล่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงกับคำอธิบาย	นักเรียนถูกบอกว่าคำอธิบายนี้อาจจะเชื่อมโยงกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใดได้บ้างแล้วให้นักเรียนเลือก	นักเรียนถูกบอกว่าคำอธิบายนี้เชื่อมโยงกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์อะไรบ้าง
5. นักเรียนสามารถสื่อสารและแสดงเหตุผลเพื่อตอบคำถามที่เกี่ยวข้อง	นักเรียนให้เหตุผลประกอบคำอธิบายและตอบคำถามที่เกี่ยวข้อง	นักเรียนได้รับการฝึกเพื่อพัฒนาการสื่อสาร	นักเรียนได้รับการชี้แนะแนวทางกว้างๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการสื่อสาร	นักเรียนถูกบอกขั้นตอนและวิธีในการนำสื่อสาร

2. เลือกหัวข้อที่เหมาะสมกับอายุ ทักษะ และความสามารถของนักเรียน

3. การศึกษาเกี่ยวกับคน สัตว์ และวัสดุอุปกรณ์อันตรายควรหลีกเลี่ยง

4. ในการแข่งขันโครงงานวิทยาศาสตร์ หัวข้อที่ศึกษาจะต้องใหม่ การลอกเลียนแบบงานของคนอื่นอาจทำให้ไม่ได้รับรางวัล

วิธีที่ 7 ข้อควรปฏิบัติในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

1. วิธีการทดลองอาศัยวัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย และราคาไม่แพง แต่มีประสิทธิภาพ เช่น โครงงานการแตกตัวของฝักต้อยติ่ง เพื่อศึกษาความเร็วตั้งต้นของเมล็ดที่กระจายออกจากฝักต้อยติ่ง ในเบื้องต้นนักเรียนได้ออกแบบการทดลองโดยใช้กล้องวีดีโอบันทึกการเคลื่อนที่ แต่กล้องที่สามารถจับภาพที่มีความเร็วสูงนั้นมีราคาแพง นักเรียนจึงได้ปรับเปลี่ยนการทดลองใหม่ โดยการคำนวณหาความเร็วจากการเคลื่อนที่ในวิถีโค้งแทนด้วยอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นเอง 2 ชุด ได้แก่ ชุดแรก คือ ฐานวงกลมรัศมี 4.5 เมตร ซึ่งใช้เชือกขดเป็นวงกลม แต่ละวงกลมมีระยะห่างกัน 10 เซนติเมตร อุปกรณ์นี้ทำให้ทราบระยะการกระจายตัวของเมล็ดต้อยติ่งว่ากระเด็นไปได้ไกลเท่าไร และชุดที่สอง คือ กระดาษแข็งม้วนเป็นวงกลม ด้านในมีสเกลขีด ทากาวไว้ และนำมาครอบฝักต้อยติ่ง เมื่อฝักแตกเมล็ดจะกระเด็นไปติดกับกาวที่ทาไว้ จากนั้นใช้หลักตรีโกณมิติคำนวณหามุมตั้งต้นตามที่ต้องการได้

2. อย่าเปลี่ยนผลการทดลองเพื่อให้สอดคล้องกับสมมติฐาน

3. อย่ารอจนวินาทีสุดท้ายแล้วค่อยลงมือทำ

4. จงใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

5. ศึกษาทฤษฎี โครงงานวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องก่อนลงมือปฏิบัติ พยายามอธิบายผลการทดลองที่ได้จากหลักฐานที่รวบรวมได้ และเชื่อมโยงกับทฤษฎีหรือโครงงานวิทยาศาสตร์อื่น ๆ

ภาพที่ 5 โครงงานผลตอบแทนและคุณภาพของยางก้อนถ้วยระหว่างการใช้น้ำหมักจุลินทรีย์ชีวภาพกับกรดฟอร์มิก ของ ศุภชัย นิลดำ จากโรงเรียนขุนหาญวิทยาสรรค์ ศรีสะเกษ

2. เลือกหัวข้อที่เหมาะสมกับอายุ ทักษะ และความสามารถของนักเรียน

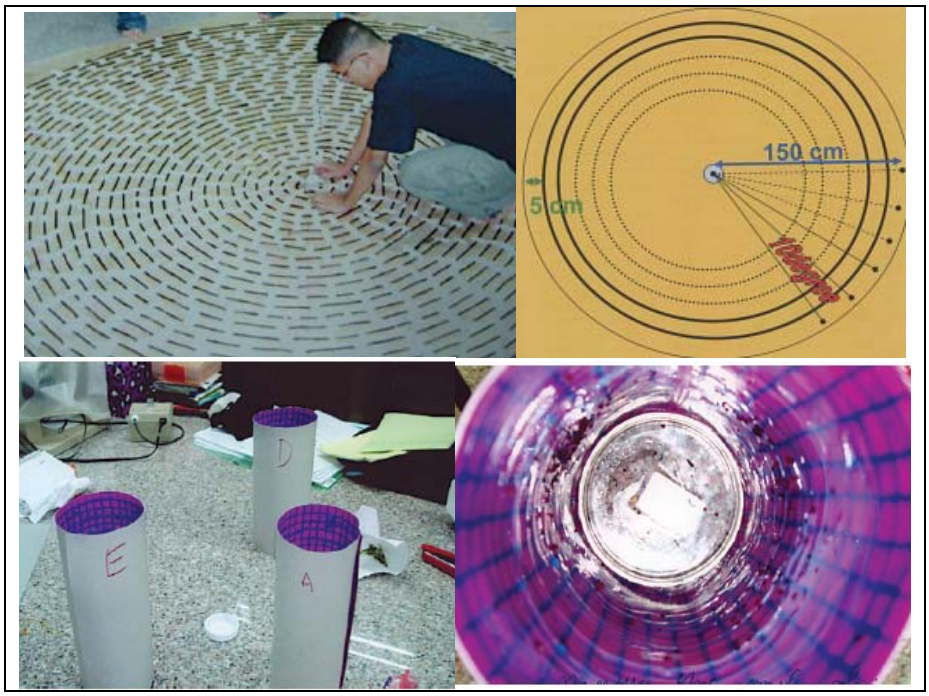
3. การศึกษาเกี่ยวกับคน สัตว์ และวัสดุอุปกรณ์อันตรายควรหลีกเลี่ยง

4. ในการแข่งขันโครงงานวิทยาศาสตร์ หัวข้อที่ศึกษาจะต้องใหม่ การลอกเลียนแบบงานของคนอื่นอาจทำให้ไม่ได้รับรางวัล

วิธีที่ 7 ข้อควรปฏิบัติในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

1. วิธีการทดลองอาศัยวัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย และราคาไม่แพง แต่มีประสิทธิภาพ เช่น โครงงานการแตกตัวของฝักต้อยติ่ง เพื่อศึกษาความเร็วตั้งต้นของเมล็ดที่กระจายออกจากฝักต้อยติ่ง ในเบื้องต้นนักเรียนได้ออกแบบการทดลองโดยใช้กล้องวีดีโอบันทึกการเคลื่อนที่ แต่กล้องที่สามารถจับภาพที่มีความเร็วสูงนั้นมีราคาแพง นักเรียนจึงได้ปรับเปลี่ยนการทดลองใหม่ โดยการคำนวณหาความเร็วจากการเคลื่อนที่ในวิถีโค้งแทนด้วยอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นเอง 2 ชุด ได้แก่ ชุดแรก คือ ฐานวงกลมรัศมี 4.5 เมตร ซึ่งใช้เชือกขดเป็นวงกลม แต่ละวงกลมมีระยะห่างกัน 10 เซนติเมตร อุปกรณ์นี้ทำให้ทราบระยะการกระจายตัวของเมล็ดต้อยติ่งว่ากระเด็นไปได้ไกลเท่าไร และชุดที่สอง คือ กระดาษแข็งม้วนเป็นวงกลม ด้านในมีสเกลขีด ทากาวไว้ และนำมาครอบฝักต้อยติ่ง เมื่อฝักแตกเมล็ดจะกระเด็นไปติดกับกาวที่ทาไว้ จากนั้นใช้หลักตรีโกณมิติคำนวณหามุมตั้งต้นตามที่ต้องการได้

2. อย่าเปลี่ยนผลการทดลองเพื่อให้สอดคล้องกับสมมติฐาน
3. อย่ารอจนวินาทีสุดท้ายแล้วค่อยลงมือทำ
4. จงใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
5. ศึกษาทฤษฎี โครงงานวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องก่อนลงมือปฏิบัติ พยายามอธิบายผลการทดลองที่ได้จากหลักฐานที่รวบรวมได้ และเชื่อมโยงกับทฤษฎีหรือโครงงานวิทยาศาสตร์อื่น ๆ



ภาพที่ 6 อุปกรณ์การทดลองอย่างง่ายที่ออกแบบขึ้นเองของ ทนงศักร ชินอรุณชัย สุขสันต์ อิทธิปัญญานันท์ และครองรัฐ สุวรรณศรี จากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร

สรุป

สิ่งสำคัญที่ครูควรตระหนักเกี่ยวกับการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ คือ รางวัลที่ 1 2 3 หรือแม้แต่การที่ไม่ได้รับรางวัลใดๆ ไม่ได้เป็นเครื่องชี้วัดว่าโครงงานวิทยาศาสตร์นั้นดีหรือไม่ดี หรือนักเรียนเหล่านั้นเป็นชนะหรือผู้แพ้ แต่เหนือสิ่งอื่นใดคือนักเรียนเหล่านี้ได้ใช้และเข้าใจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด หากคุณครูยังไม่รู้ว่าจะเริ่มต้นอย่างไรกับการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ลองแวะเข้าไปเว็บไซต์เหล่านี้อาจจะช่วยจุดประกายแนวคิดดี ๆ เกี่ยวกับการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

1. *Genetech* ประกอบไปด้วยโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ชีวภาพนับร้อยที่สามารถดาวน์โหลดไปใช้ในชั้นเรียน URL: http://www.gene.com

2. *Discovery Channel* เป็นเว็บไซต์ที่ทันสมัยอยู่เสมอ รวบรวมบทความ ข้อเท็จจริง กระดานข่าว และกิจกรรมต่างๆ ที่สามารถนำไปใช้ในชั้นเรียนได้ URL: http://www.gene.com/gene/index.jsp

3. *Earth Page* เป็นเว็บไซต์ที่รวบรวมข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับโลก URL: http://earth-pages.co.uk/

4. *Go ENC* เว็บไซต์นี้รวมรวมข้อมูลเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ซึ่งมีคำแนะนำในการเขียนแผนการสอน การทำโครงงาน แหล่งข้อมูล และสิ่งอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ URL: http://www.goenc.com/

5. *Franklin Institute* เป็นเว็บไซต์ที่มีการจำลองภาคสนาม ซึ่งสามารถตอบโต้ได้ มีการเชื่อมโยงพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์ทั่วโลกเข้าด้วยกัน URL: http://www2.fi.edu/

6. *GLOBE* โครงการ GLOBE เป็นโครงการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและได้รับความร่วมมือด้านการค้นคว้าจากนานาชาติ ซึ่งครูและนักเรียนจะเฝ้าระวังเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นและนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ทำงานวิจัยกับนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลก URL: http://www.globe.gov/

7. *สำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา* รวบรวมและเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นดินไหวทั้งในประเทศไทยและทั่วโลก URL: http://www.seismology.tmd.go.th/

8. *USGS Science for a Changing World* เป็นคลังแห่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีแหล่งเรียนรู้และแนวการจัดการเรียนรู้ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาถึงมหาวิทยาลัย และที่สำคัญสามารถถามคำถามได้โดยตรงกับนักวิทยาศาสตร์ในเว็บไซต์ URL: http://www.usgs.gov/

เอกสารอ้างอิง

จารุวรรณ เสียงไพเราะ ศักดิ์ศรี สุภาษร และกิติยา วงษ์ขัน. (2554, กรกฎาคม). การพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์เป็นฐานเรื่องพอลิเมอร์ธรรมชาติ. **การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยบูรพา** (หน้า 1–15), มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี.

นิพนธ์ ศรีนฤมล ณัฐนรี ศิริวัน กรวิชญ์ นิยมเสถียร และ ณัฐพล สุโภไค. (2551). *บันทึกประสบการณ์โครงงานวิทยาศาสตร์ดีเด่น ระดับโลกรูปแบบการหุบของใบไมยราบ*. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (ฉบับเต็ม สืบค้นได้จาก URL: http://www.thaigifted.org/system/file/pdffile/159.pdf)

นิพนธ์ ศรีนฤมล ทนงศักดิ์ ชินอรุณชัย สุขสันต์ อิทธิปัญญานนท์ และครองรัฐ สุวรรณศรี. (2550). **บันทึกประสบการณ์โครงงานวิทยาศาสตร์ดีเด่นการ แตกของฝักต้อยติ่ง**. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (ฉบับเต็ม สืบค้นได้จาก URL: http://www.thaigifted.org/system/file/pdffile/167.pdf)

รมิดา ชาญประโคน. (2553). การพัฒนาการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมชุมนุมเยาวชนนักประดิษฐ์คิดค้นของนักเรียนมัธยมศึกษาช่วงชั้นที่ 3. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้** 1(1): 1–11.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2546. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2551). โครงงานวิทยาศาสตร์: เรียนรู้หรือเลียนแบบ. **นิตยสาร สสวท.** 36(155): 80–81.

Hand, B., and Keys, C. (1999). Inquiry investigation: A new approach to laboratory reports. **Sci. Teach**. 66(4): 27-29.

Hassard, J. (1999). **Science as Inquiry**. NJ, USA: Good Year Books.

Gallagher, S. A., Sher, B. T., Stepien, W. J., and Workman, D. (1995). Implementing problem-based learning in science classrooms. **Sch. Sci. Math.** 95(3): 136–146.

Goodnough, K., and Cahsion, M. (2003). Fostering inquiry through problem-based learning. **Sci. Teach. (Normal, Ill.)** 70(9): 21–25.

Montes, I., Lai, C., and Sanabria, D. (2003). Like dissolves like: A classroom demonstration and a guided-inquiry experiment for organic chemistry. **J. Chem. Educ.** 80: 447–449.

National Research Council. (2000). **Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning.** Washington, DC: National Academy Press.

Sanger, M.J. (2008). How does inquiry-based instruction affect teaching majors' views about teaching and learning science? **J. Chem. Educ.** 85: 297–302.